

# CONTIGÓ

TODOS AVANZAMOS

## INFORME DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE QUERÉTARO AÑO 2023



## Directorio

### Mauricio Kuri González

Gobernador del Estado de Querétaro

### Marco Antonio Salvador del Prete Tercero

Secretario de Desarrollo Sustentable

### Ricardo Javier Torres Hernández

Subsecretario del Medio Ambiente

### Teófilo Mario Gómez Su

Director de Control Ambiental

Elaborado por:

Servicios Ambientales Integrales de Consultoría y Cambio Climático (SACYCC)

**Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro**

Boulevard Bernardo Quintana 204, colonia Carretas, C.P. 76050

Querétaro, Qro. Febrero 2024.

## Resumen Ejecutivo

Con el compromiso de mantener informada a la población sobre la calidad del aire, el Gobierno del Estado de Querétaro a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, durante el 2023 continuó con la operación del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Estado de Querétaro (SMCAQ) generando información veraz y oportuna mediante la mejora continua de los procesos operativos y fortalecimiento de su infraestructura. Además del cumplimiento de los criterios establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-156-SEMARNAT-2012 y NOM-172-SEMARNAT-2019, se monitorean seis contaminantes criterio: Ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y material particulado PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, en Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) y San Juan del Río (SJR) mediante la operación de seis estaciones de monitoreo que operaron en 2023.

El análisis realizado en el presente informe muestra el comportamiento horario, diario, semanal, mensual y anual de cada contaminante por estación, además del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas en materia de Salud Ambiental y del índice de Calidad del Aire y Riesgos en Salud (ICARS) establecido en la NOM-172-SEMARNAT-2019, así como el comportamiento de variables meteorológicas que inciden en el comportamiento de la calidad del aire.

La información generada por el SMCAQ está disponible los 365 días del año en diferentes medios como la página web [aire.cemcaq.mx](http://aire.cemcaq.mx), en los reportes diarios en "X" (antes Twitter), en la aplicación móvil "Ambiente QRO" y en la página del SINAICA.

En el año 2023 el SMCAQ se mantuvo arriba del 97% de datos válidos, superando lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiental que establecen el 75% y en el Sistema de Gestión de Calidad del SMCAQ que tiene como objetivo el 85 %.

En cuanto al comportamiento de los contaminantes, respecto a las normas de salud ambiental, en la ZMQ, el ozono (O<sub>3</sub>), las partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) y partículas menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>) superaron los LMP de sus respectivas Normas Oficiales Mexicanas. El Ozono superó el LMP tanto en promedio horario como en móvil de 8 horas, las partículas PM<sub>2.5</sub> superaron el LMP en el promedio anual y las partículas PM<sub>10</sub> superaron el LMP en el promedio anual y de 24 horas. En la SJR solo las partículas PM<sub>2.5</sub> superaron el

LMP en su promedio anual. Los demás contaminantes se mantuvieron abajo del LMP establecido en las normas de salud durante el año 2023.

Respecto al índice de Calidad del Aire y Riesgos en Salud (ICARS), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO) tuvieron buena calidad del aire en todos los días del año tanto en ZMQ como en SJR. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) registro alguno días con calidad del aire aceptable durante el año, en la ZMQ fueron 56 días y en SJR 19 días, los demás días tuvieron buena calidad del aire. El ozono (O<sub>3</sub>), en la ZMQ registro 95 días con buena calidad del aire, 227 días con calidad del aire aceptable, 42 días con mala calidad del aire y 1 con muy mala calidad del aire, en SJR fueron 253 días con buena calidad del aire y 110 días con calidad del aire aceptable. Las partículas PM<sub>2.5</sub> en ZMQ registraron 147 días con buena calidad del aire, 175 días con calidad del aire aceptable, 40 días con mala calidad del aire y 2 días con muy mala calidad del aire y 1 con extremadamente mala calidad del aire; en SJR fueron 214 días con buena calidad del aire, 105 con calidad del aire aceptable y 42 días con mala calidad del aire. Las partículas PM<sub>10</sub> en la estación CAP registraron un total de 114 días con buena calidad del aire, 94 días en calidad del aire aceptable, 131 días con mala calidad del aire, 22 días con muy mala calidad del aire y 3 día con extremadamente mala calidad del aire.

La temperatura promedio fue de 20.3°C, con una máxima de 36.3°C y mínima de 2.9°C. La humedad relativa de 53 % y 432 mm de precipitación acumulada distribuida en 82 días.

El análisis de cada contaminante y su comportamiento durante el 2023, se presenta de forma detallada en los apartados del presente informe.

## Contenido

–	
Resumen Ejecutivo .....	5
I. Antecedentes .....	14
II. Contaminación del aire .....	16
III. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro (SMCAQ) .....	22
III.1 Estructura operativa del SMCAQ.....	23
III.2 Descripción del SMCAQ.....	24
III.3 Sistema de Gestión de Calidad (SGC). .....	26
III.4 Publicación de la información de calidad de aire del SMCAQ.....	27
IV. Marco normativo sobre monitoreo de la calidad del aire. ....	31
V. Sistema de Gestión de Calidad SGC .....	34
VI. Comportamiento de los contaminantes. ....	36
VII. Cumplimiento de Normas de Salud Ambiental.....	45
VII.1. Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	45
VII.2 Monóxido de carbono (CO).....	47
VII.3 Ozono (O <sub>3</sub> ).....	49
VII.4 Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ). ....	51
VII.5 Partículas menores a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> ). ....	53
VII.6 Partículas menores a 10 micras (PM <sub>10</sub> ). ....	55
VIII. Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud.....	57
VIII.1 Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	58
VIII.2 Monóxido de carbono (CO).....	60
VIII.3 Ozono (O <sub>3</sub> ).....	62
VIII.4 Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ). ....	64

VIII.5 Partículas suspendidas menores a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> ). ....	66
VIII.6 Partículas suspendidas menores a 10 micras (PM <sub>10</sub> ). ....	69
VIII.7 Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud (ICARS) por estación. ....	71
IX. Meteorología.....	75
IX.1 Temperatura .....	75
IX.2 Humedad relativa.....	76
IX.3 Precipitación pluvial .....	78
IX.4 Radiación solar .....	79
IX.5 Índice UV .....	80
IX.6 Viento.....	82
X. Conclusiones .....	85
Referencias.....	87

## Gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de datos total por año en el SMCAQ. La línea punteada indica el objetivo.....	34
Gráfica 2. Porcentaje total de datos por mes en el SMCAQ. Año 2023. ....	34
Gráfica 3. Porcentaje total de datos por estación del SMCAQ. Año 2023. ....	35
Gráfica 4. Comportamiento temporal de NO <sub>2</sub> en 2023. ....	36
Gráfica 5. Promedio anual de NO <sub>2</sub> en ppm. ....	37
Gráfica 6. Comportamiento temporal de CO en 2023. ....	38
Gráfica 7. Promedio anual de CO en ppm.....	38
Gráfica 8. Comportamiento temporal de O <sub>3</sub> en 2023. ....	39
Gráfica 9. Promedio anual de O <sub>3</sub> en ppm.....	40
Gráfica 10. Comportamiento temporal de SO <sub>2</sub> en 2023. ....	41
Gráfica 11. Promedio anual de SO <sub>2</sub> en ppm.....	41
Gráfica 12. Comportamiento temporal de PM <sub>2.5</sub> en 2023. ....	42
Gráfica 13. Promedio anual de PM <sub>2.5</sub> en µg/m <sup>3</sup> . ....	43
Gráfica 14. Comportamiento temporal de PM <sub>10</sub> en 2023. ....	44
Gráfica 15. Promedio anual de PM <sub>10</sub> en µg/m <sup>3</sup> .....	44
Gráfica 16. Compleción de datos de NO <sub>2</sub> en el SMCAQ, 2023. ....	46



Gráfica 17. Promedio anual de NO <sub>2</sub> por estación, 2023.....	46
Gráfica 18. Promedio horario máximo de NO <sub>2</sub> por estación, 2023.....	47
Gráfica 19. Compleción de datos de CO en el SMCAQ, 2023.....	48
Gráfica 20. Promedio horario máximo de CO por estación, 2023.....	48
Gráfica 21. Promedio móvil de 8 horas máximo de CO por estación, 2023.....	49
Gráfica 22. Compleción de datos de O <sub>3</sub> en el SMCAQ, 2023.....	50
Gráfica 23. Promedio horario O <sub>3</sub> por estación, 2023.....	50
Gráfica 24. Promedio móvil de 8 horas O <sub>3</sub> por estación, 2023.....	51
Gráfica 25. Compleción de datos de SO <sub>2</sub> en el SMCAQ, 2023.....	52
Gráfica 26. Promedio trianual del percentil 99 de los máximos horarios de SO <sub>2</sub> por estación, 2023.....	52
Gráfica 27. Máximo promedio trianual de 24 horas de SO <sub>2</sub> por estación, 2023.....	53
Gráfica 28. Compleción de datos de PM <sub>2.5</sub> en el SMCAQ, 2023.....	54
Gráfica 29. Percentil 99 de los promedios de 24 horas de PM <sub>2.5</sub> por estación, 2023.....	54
Gráfica 30. Promedio anual de PM <sub>2.5</sub> por estación, 2023.....	54
Gráfica 31. Compleción de datos de PM <sub>10</sub> , estación CAP, 2023.....	55
Gráfica 32. Percentil 99 de promedios de 24 horas de PM <sub>10</sub> , estación CAP, 2023.....	56
Gráfica 33. Promedio anual de PM <sub>2.5</sub> , estación CAP, 2023.....	56
Gráfica 34. Porcentaje de horas con calidad de aire de NO <sub>2</sub> por estación, 2023.....	60
Gráfica 35. Porcentaje de horas por calidad de aire de CO por estación SMCAQ, 2023.....	61
Gráfica 36. Porcentaje de horas por calidad de aire de O <sub>3</sub> (horario) por estación SMCAQ, 2023.....	63
Gráfica 37. Porcentaje de horas por calidad de aire de O <sub>3</sub> (móvil de 8 horas) por estación del SMCAQ, 2023.....	64
Gráfica 38. Porcentaje de horas por calidad de aire de SO <sub>2</sub> por estación del SMCAQ, 2023.....	66
Gráfica 39. Porcentaje de horas por calidad de aire de PM <sub>2.5</sub> por estación del SMCAQ, 2023.....	68
Gráfica 40. Porcentaje de horas por calidad de aire debida a PM <sub>10</sub> , estación CAP, 2023... 70	70
Gráfica 41. Promedio, máximo y mínimo diario de temperatura. ZMQ, 2023.....	76
Gráfica 42. Promedio por hora de temperatura. ZMQ, 2023.....	76
Gráfica 43. Promedio, máximo y mínimo diario de humedad relativa. ZMQ, 2023.....	77
Gráfica 44. Promedio por hora de humedad relativa. ZMQ, 2023.....	78
Gráfica 45. Acumulado mensual de precipitación pluvial. ZMQ, año 2023.....	78
Gráfica 46. Acumulado diario de precipitación pluvial, 2023.....	79
Gráfica 47. Promedio y máximo diario de radiación solar. ZMQ, 2023.....	80

Gráfica 48. Máximo diario del índice UV. ZMQ, 2023.....	81
Gráfica 49. Perfil horario del índice UV. ZMQ, 2023.....	81

### Imágenes

Imagen 1. Contaminantes criterio medidos en el SMCAQ.....	16
Imagen 2. Infografía del dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	17
Imagen 3. Infografía del monóxido de carbono (CO).....	18
Imagen 4. Infografía del ozono (O <sub>3</sub> ).....	19
Imagen 5. Infografía del dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).....	20
Imagen 6. Infografía del material particulado (PM).....	21
Imagen 7. Estructura del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro.....	23
Imagen 8. Estaciones de monitoreo SMCAQ.....	26
Imagen 9. Reporte de la calidad del arie en mapa con ubicación de estaciones.....	28
Imagen 10. Reporte de la calidad de aire en tabla con concentraciones.....	28
Imagen 11. Aspecto y logo de la aplicación móvil "AmbienteQro".....	29
Imagen 12. Página del CeMCAQ en "X" y reporte de la calidad de aire.....	29
Imagen 13. Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA).....	30
Imagen 14. Calendario de NO <sub>2</sub> en la ZMQ, 2023.....	58
Imagen 15. Calendario de NO <sub>2</sub> en SJR, 2023.....	59
Imagen 16. Calendario de CO en la ZMQ, 2023.....	60
Imagen 17. Calendario de CO en SJR, 2023.....	61
Imagen 18. Calendario de O <sub>3</sub> en la ZMQ, 2023.....	62
Imagen 19. Calendario de O <sub>3</sub> en SJR, 2023.....	62
Imagen 20. Calendario de SO <sub>2</sub> en la ZMQ, 2023.....	65
Imagen 21. Calendario de SO <sub>2</sub> en SJR, 2023.....	65
Imagen 22. Calendario de PM <sub>2.5</sub> en la ZMQ, 2023.....	67
Imagen 23. Calendario de PM <sub>2.5</sub> en SJR, 2023.....	67
Imagen 24. Calendario de PM <sub>10</sub> en la ZMQ, 2023.....	69
Imagen 25. Calendario general ICARS. Estación CAP, 2023.....	71
Imagen 26. Calendario general ICARS. Estación COR, 2023.....	72
Imagen 27. Calendario general ICARS. Estación EPG, 2023.....	72
Imagen 28. Calendario general ICARS. Estación FEO, 2023.....	73
Imagen 29. Calendario general ICARS. Estación JOV, 2023.....	73
Imagen 30. Calendario general ICARS. Estación SJU, 2023.....	74



## Mapas

Mapa 1. Ciudades con mayor densidad de población en el estado de Querétaro. ....	14
Mapa 2. Estaciones ubicadas en la Zona Metropolitana de Querétaro. ....	24
Mapa 3. Estación ubicada en San Juan del Río. ....	24
Mapa 4. Rosas de viento por estación. ZMQ, 2023. ....	83

## Tablas

Tabla 1. Habitantes por zona metropolitana del estado de Querétaro. ....	15
Tabla 2. Emisiones de contaminantes criterio por zona metropolitana del estado de Querétaro. ....	15
Tabla 3. Parámetros medidos en las estaciones del SMCAQ. ....	24
Tabla 4. Categorías del Índice AIRE Y SALUD. ....	31
Tabla 5. Límites Máximos Permisibles de Normas de Salud Ambiental. ....	33
Tabla 6. Porcentaje de datos totales por contaminante, 2023. ....	35
Tabla 7. NOM-023-SSA1-2021. ....	45
Tabla 8. Cumplimiento de la NOM-023-SSA1-2021. ....	47
Tabla 9. NOM-021-SSA1-2021 referente a CO. ....	47
Tabla 10. NOM-021-SSA1-2021. ....	49
Tabla 11. NOM-020-SSA1-2021 referente a O <sub>3</sub> . ....	49
Tabla 12. NOM-020-SSA1-2021. ....	51
Tabla 13. NOM-022-SSA1-2019 referente a SO <sub>2</sub> . ....	51
Tabla 14. NOM-022-SSA1-2019. ....	53
Tabla 15. NOM-025-SSA1-2021 referente a PM <sub>2.5</sub> . ....	53
Tabla 16. NOM-025-SSA1-2021. ....	55
Tabla 17. NOM-025-SSA1-2021 referente a PM <sub>10</sub> <sup>14</sup> . ....	55
Tabla 18. NOM-025-SSA1-2021. ....	56
Tabla 19. Índice aire y salud para contaminantes criterio. ....	57
Tabla 20. Mensajes asociados a las categorías de calidad del aire y riesgos a la salud. ....	58
Tabla 21. Días y condición de calidad del aire por NO <sub>2</sub> . SMCAQ, 2023. ....	59
Tabla 22. Días y condición de calidad del aire por CO. SMCAQ, 2023. ....	61
Tabla 23. Días y condición de calidad de aire para O <sub>3</sub> . SMCAQ, 2023. ....	63

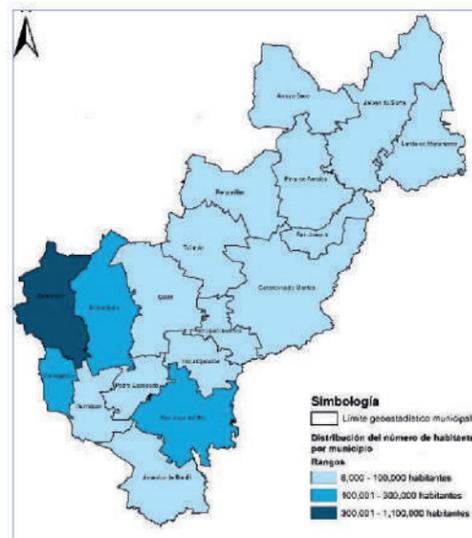
Tabla 24. Días y condición de calidad de aire para SO <sub>2</sub> . SMCAQ, 2023. ....	65
Tabla 25. Días y condición de calidad de aire para PM <sub>2.5</sub> . SMCAQ, 2023. ....	67
Tabla 26. Días y condición de calidad de aire para PM <sub>10</sub> . SMCAQ, 2023. ....	69
Tabla 27. Resumen mensual de temperatura. ZMQ, 2023. ....	75
Tabla 28. Resumen mensual de humedad relativa. ZMQ, 2023. ....	77
Tabla 29. Resumen mensual de radiación solar. ZMQ, 2023. ....	79

## I. Antecedentes

El monitoreo de la calidad de aire en México está regido por la NOM-156-SEMARNAT-2012<sup>1</sup> establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad de aire. En esta norma se describe de una manera detallada las características que debe de tener un sitio para que se establezca un sistema de monitoreo de la calidad del aire. Las características enlistadas son:

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

En el estado de Querétaro existen dos asentamientos que concuerdan con lo establecido en la norma referida que son la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) y la ciudad de San Juan del Río. Mapa 1.



Mapa 1. Ciudades con mayor densidad de población en el estado de Querétaro. Elaboración propia.

<sup>1</sup> Diario Oficial de la Federación, 16 de julio de 2012.

La Zona Metropolitana de Querétaro está ubicada en la parte suroeste del estado de Querétaro, conformada por 4 municipios: Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan, con más del 64 % de la población total estatal (más de un millón y medio de habitantes)<sup>2</sup>. Mientras que San Juan del Río, cuenta con una población de casi 300 mil habitantes. Tabla 1.

Tabla 1. Habitantes por zona metropolitana del estado de Querétaro.

Zona metropolitana de Querétaro		San Juan del Río	
Municipio	Habitantes	Municipio	Habitantes
Querétaro	1 049 777	San Juan del Río	297 804
Corregidora	212 567		
El Marqués	231 668		
Huimilpan	36 808		
<b>Total</b>	<b>1 530 820</b>	<b>Total</b>	<b>297 804</b>

Fuente: INEGI, 2020<sup>2</sup>.

En cuanto a la actividad industrial y la emisión de contaminantes criterio tanto la ZMQ y San Juan del Río, tienen actividad industrial.

Por otro lado, tanto en la ZMQ y San Juan del Río se emiten más de veinte mil toneladas anuales de contaminantes criterio.

Tabla 2. Emisiones de contaminantes criterio por zona metropolitana del estado de Querétaro.

Municipio	Emisiones (t/a)							
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	NH <sub>3</sub>	CN
Corregidora	299.56	222.07	16.66	11,533.99	3,189.28	5,404.23	481.41	53.72
Huimilpan	431.08	329.64	32.87	4,914.22	1,216.54	2,674.35	2,357.44	32.98
El Marqués	1,761.14	1,495.06	130.19	14,492.95	4,697.35	9,095.21	897.03	158.61
Querétaro	2,003.66	1,363.68	849.85	63,926.08	21,677.36	29,658.65	1,462.88	413.21
San Juan del Río	1,041.16	611.17	192.47	16,529.62	4,945.54	13,500.62	1,238.39	71.50

Fuente: SEDESU, Inventario de emisiones de contaminantes criterio del Estado de Querétaro, 2021.

Por lo anterior, el Estado de Querétaro, cuenta con monitoreo de calidad del aire en las zonas que de acuerdo con lo establecido en la NOM-156-SEMARNAT-2012 debe contar con monitoreo, a través de la operación del Sistema de Monitoreo de la Calidad de Aire del Estado de Querétaro (SMCAQ).

<sup>2</sup> INEGI, 2020. Censo de Población y Vivienda.

## II. Contaminación del aire

La contaminación del aire, también conocida como contaminación atmosférica, es la emisión de agentes físicos, químicos o biológicos que alteran la composición natural del aire.

Esto es un problema de salud que ha aumentado con el tiempo, incluso llegando al grado que la OMS calcula que el 99 % de la población mundial respira un aire que supera los límites recomendados por esta organización, sobre todo en los países con ingresos más bajos. Una mala calidad de aire está relacionada con tasas más elevadas de cáncer, enfermedades del corazón, accidentes cerebrovasculares y enfermedades respiratorias como el asma; aumentando en muchos casos el riesgo de muerte prematura.

Con el fin de medir la calidad del aire que respira la población y prevenir exposiciones a altos niveles de contaminación, se determinaron los **contaminantes criterio**, como aquellos que se les han establecido un límite máximo permisible de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población. Los contaminantes criterio que son medidos por el SMCAQ se muestran en la Imagen 1.

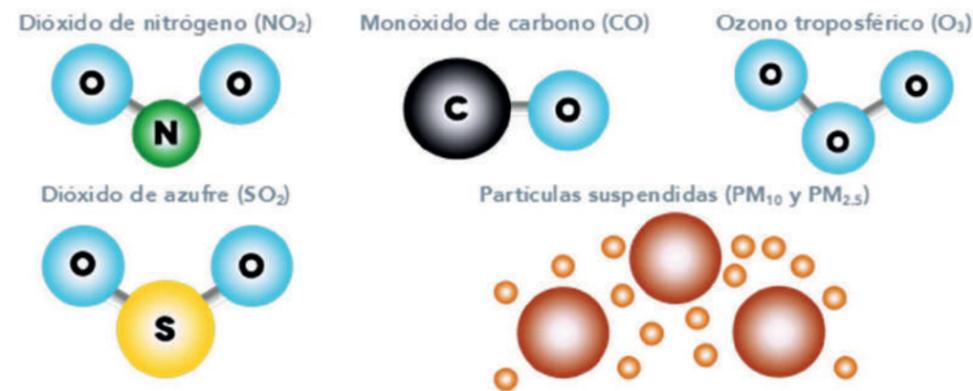


Imagen 1. Contaminantes criterios medidos en el SMCAQ.  
 Fuente: Elaboración propia.

Sus fuentes de emisión, efectos y principales afectaciones a la salud son descritas a continuación.

- **Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ).**

Es un contaminante principalmente secundario, ya que proviene de la oxidación del NO. Junto con éste forman el grupo llamado “NOx” y provienen en su mayor proporción de la combustión, por lo que el incremento de concentración se presenta poco tiempo después de las horas con mayor tráfico vehicular. Forma parte del smog fotoquímico, se oxida para formar lluvia ácida, y en presencia de compuestos orgánicos volátiles y luz solar forma el ozono troposférico, otro de los contaminantes criterio. También forma nitratos, que son una porción importante de las  $\text{PM}_{2.5}$ . Este contaminante, en exposición prolongada a concentraciones superiores a 0.106 ppm puede provocar inflamación de vías respiratorias<sup>3</sup>. Imagen 2.



Imagen 2. Infografía del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ).  
 Fuente: Elaboración propia.

- **Monóxido de carbono (CO).**

Es el gas emitido más abundante, después del  $\text{CO}_2$  y agua. Se oxida a dióxido de carbono, por lo que también es un contaminante que contribuye al cambio climático. Proviene de la combustión incompleta de fuentes de calor y principalmente de fuentes móviles, por lo que el incremento de concentración se presenta en horas con mayor tráfico vehicular y en invierno con el aumento del uso de calefacción. En contacto con el torrente sanguíneo forma carboxihemoglobina, que provoca apnea (sueño) en exposición prolongada a concentraciones elevadas<sup>3</sup>. Imagen 3.

<sup>3</sup> World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines.

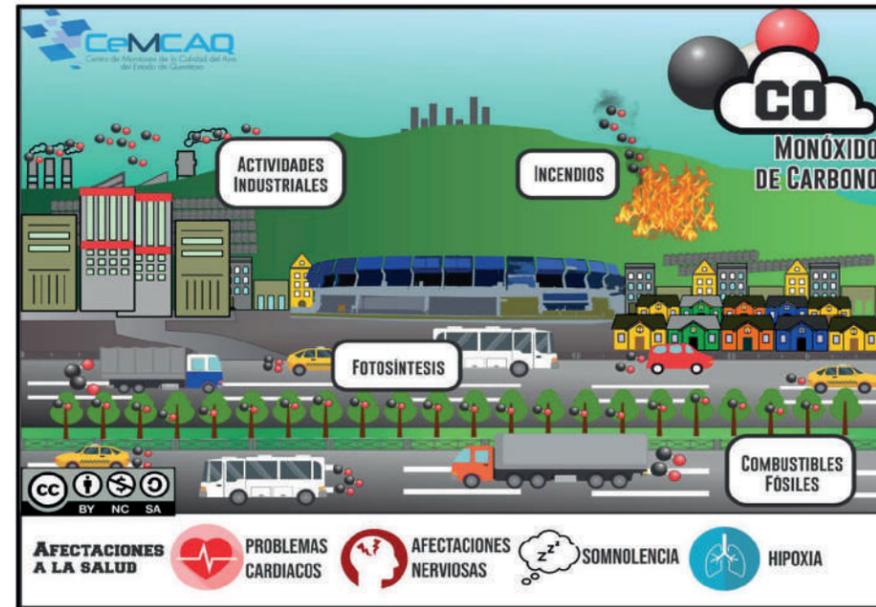


Imagen 3. Infografía del monóxido de carbono (CO).  
Fuente: Elaboración propia.

- **Ozono troposférico (O<sub>3</sub>).**

La tropósfera es la capa más baja de atmósfera terrestre, por lo que los seres vivos estamos en ésta. El ozono que se encuentra en esta capa es considerado un contaminante criterio, a diferencia del que se encuentra en la estratósfera, que protege a la Tierra contra los rayos UV provenientes del sol. Es un contaminante secundario, que como se mencionó, proviene de la interacción fotoquímica de NO<sub>x</sub> con compuestos orgánicos volátiles y luz solar. Por lo que el incremento de concentración se presenta en horas de mayor intensidad solar, cuando la radiación solar es más alta. Al respirar este gas en concentraciones elevadas (arriba de 0.060 ppm en períodos de 8 horas), puede reducir la capacidad respiratoria y función pulmonar, especialmente en grupos sensibles. Asimismo, puede afectar a la vegetación, produciendo manchas y puntos blancos en las hojas<sup>3</sup>. Imagen 4.

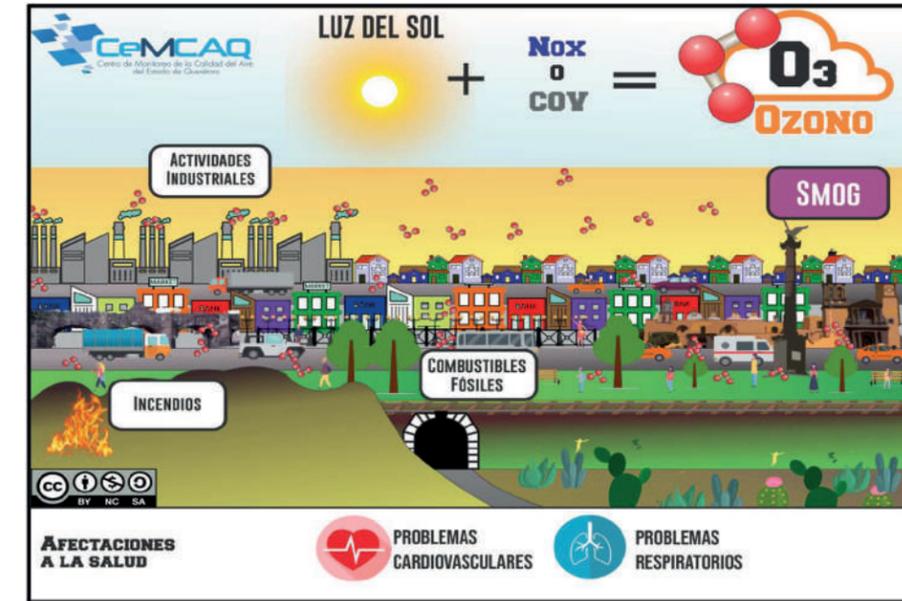


Imagen 4. Infografía del ozono (O<sub>3</sub>).  
Fuente: Elaboración propia.

- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).**

El dióxido de azufre es otro contaminante con múltiples formas de afectar el ambiente: además de sus efectos dañinos a la salud al respirarlo, al oxidarse en presencia de agua forma lluvia ácida, también forma parte del smog fotoquímico y en su forma de sulfatos, forma parte significativa de las PM<sub>2.5</sub>. Sus principales fuentes son la quema de combustibles fósiles y la industria. En exposición prolongada a concentraciones elevadas, puede afectar el sistema respiratorio y causa irritación ocular, asma y bronquitis crónica y aumenta el riesgo de daño al sistema respiratorio. Imagen 5.

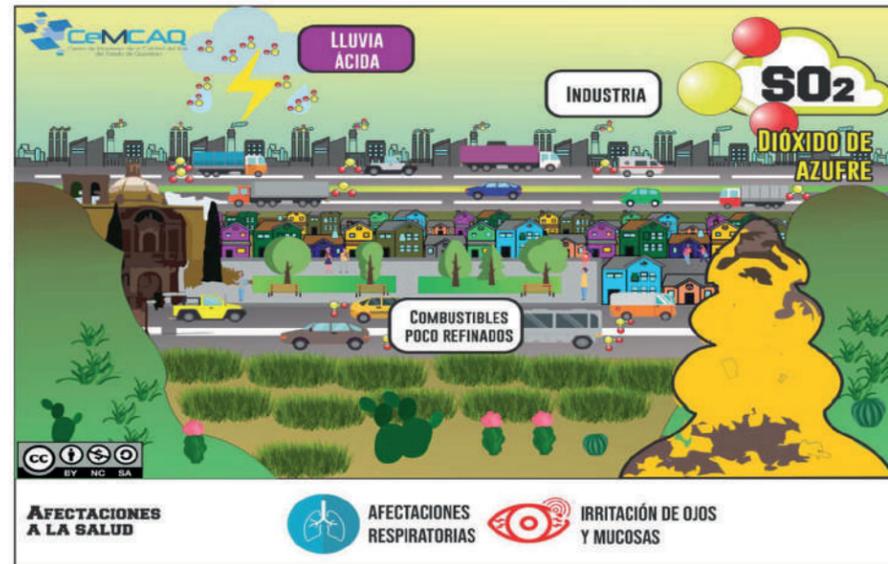


Imagen 5. Infografía del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).  
Fuente: Elaboración propia.

- **Material particulado (PM).**

El material particulado (PM por sus siglas en inglés) es un contaminante del aire, incluye una mezcla compleja de una gran variedad de pequeñas partículas líquidas y sólidas suspendidas en el aire. Tiene un origen tanto primario como secundario, ya que puede incluir nitratos, sulfatos, metales, carbón, compuestos orgánicos y compuestos biológicos<sup>3</sup>. En México, el material particulado se divide en dos por normatividad: material particulado menor a 10 micras (**PM<sub>10</sub>**) y material particulado menor a 2.5 micras (**PM<sub>2.5</sub>**).

Esta diferencia de tamaños hace que tengan diversidad en cuanto a sus efectos en la salud, sobre todo en el aparato respiratorio. Las **PM<sub>10</sub>** llamadas “fracción inhalable o torácica” pueden penetrar en el aparato respiratorio y acumularse. Las **PM<sub>2.5</sub>** llamadas “fracción alveolar” son retenidas en las vías respiratorias superiores, causando efectos respiratorios, circulatorios y mutagénicos graves<sup>3</sup>. Imagen 6.

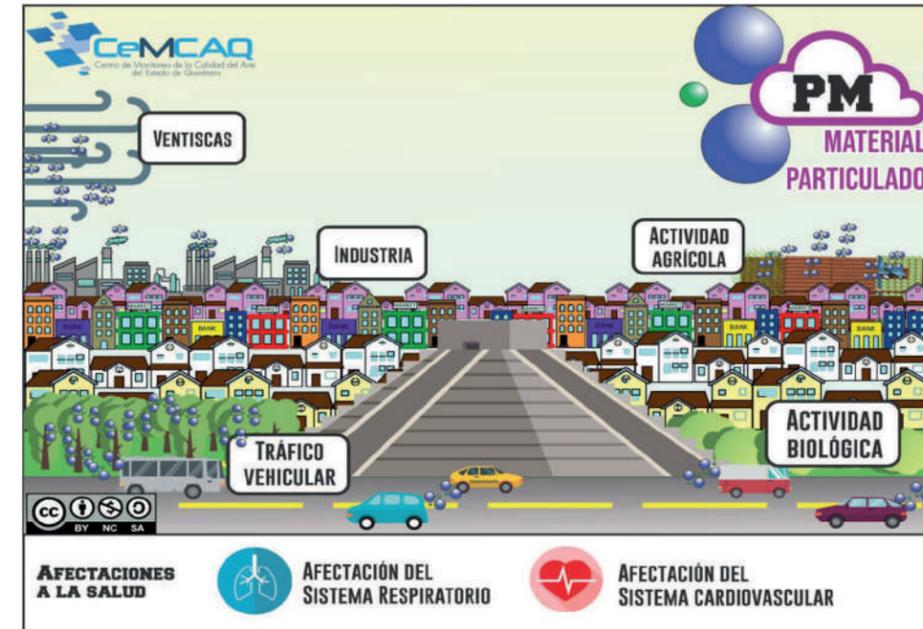


Imagen 6. Infografía del material particulado (PM).  
Fuente: Elaboración propia.

### III. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro (SMCAQ)

El Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro (SMCAQ) establecido por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo del Estado, tiene como objetivo principal el monitoreo de la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Querétaro y San Juan del Río, generando información veraz y oportuna sobre la calidad del aire para así conocer los niveles de exposición de la población e informar oportunamente sobre la contaminación del aire y sus posibles riesgos a la salud. Además de generar insumos de calidad del aire útiles en la formulación de políticas ambientales y para la planeación estratégica del desarrollo del Estado.

El SMCAQ ha tenido una importante actualización y fortalecimiento a partir del año 2020. Lo que ha traído la mejora de las estaciones de monitoreo, al adquirir tres nuevas estaciones y el mantenimiento continuo a cada una de las estaciones que operan en el estado de Querétaro.

Sin embargo, uno de los cambios más significativos fue la introducción de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC), basado en la norma ISO 9001:2015, trayendo una mejor organización de los recursos y tiempo, procesos trazables, claros, documentados y comprobables; la revisión constante y la mejora continua, lograron aumentar la calidad y cantidad de la información emitida por el SMCAQ.

Además, de la capacitación continua del personal, tanto operativo como de centro de control, en importantes congresos y cursos nacionales e internacionales, así como el intercambio de experiencias en visitas a otros sistemas de monitoreo del país.

El SMCAQ está integrado al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) desde el año 2021, por lo que los datos e indicadores generados están disponibles en este sistema nacional en tiempo real, además de los sistemas de difusión de información con los que cuenta: página web del CeMCAQ, X (antes Twitter) y la aplicación móvil “Ambiente QRO”, los cuáles serán detallados más adelante.

#### III.1 Estructura operativa del SMCAQ

El Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro es administrado por la Secretaría de Desarrollo Sustentable y cuenta con la siguiente estructura.



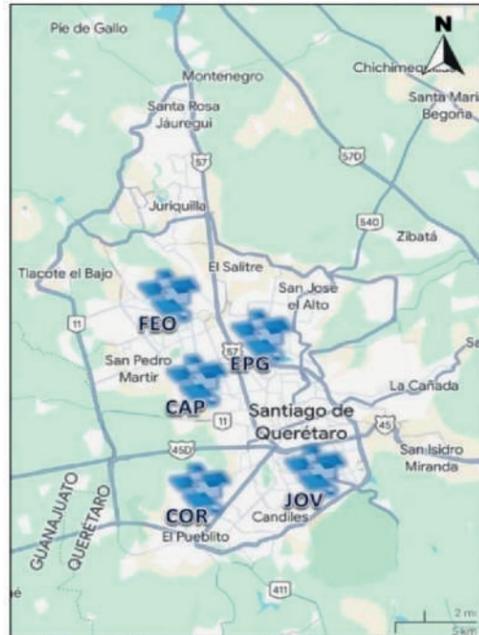
Imagen 7. Estructura del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro.

El área de operación es la encargada de garantizar el correcto funcionamiento de las estaciones de monitoreo, a través del mantenimiento y calibración de equipos conforme a lo establecido en la NOM-156-SEMARNAT-2012, con lo que se garantiza la confiabilidad de la información generada.

El área de Centro de Control es la encargada de respaldar, analizar y publicar la información generada en las estaciones de monitoreo, así como generar los indicadores que evalúan la calidad del aire conforme a lo establecido en la NOM-172-SEMARNAT-2019, publicar en tiempo real el Índice de aire y Salud y mantener informada a la población.

### III.2 Descripción del SMCAQ

El SMCAQ cuenta con seis estaciones de monitoreo automáticas fijas que operan las 24 horas los 365 días del año, cinco ubicadas en la ZMQ y una en SJR. Mapas 2 y 3.



Mapa 2. Estaciones ubicadas en la Zona Metropolitana de Querétaro.  
Fuente: Elaboración propia.



Mapa 3. Estación ubicada en San Juan del Río.  
Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros medidos en cada una de las estaciones se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros medidos en las estaciones del SMCAQ.

Estación	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
CAP	✓	✓	✓	✓	✓	
COR	✓	✓	✓	✓		✓
EPG	✓	✓	✓	✓		✓
FEO	✓	✓	✓	✓		
JOV	✓	✓	✓	✓		
SJU	✓	✓	✓	✓		✓

■ No se mide

A continuación, se muestran imágenes de cada estación.

Estación Carrillo Puerto (CAP)



Centro Cultural "Felipe Carrillo Puerto": Alfonso Reyes 319. Col. Plutarco Elías Calles. CP 76134. Santiago de Querétaro, Qro.

Estación Corregidora (COR)



Centro de Atención Municipal de Corregidora: Ex Hacienda El Cerrito 100, Col. El Pueblito, CP 76900. Corregidora, Qro.

Estación Epigmenio González (EPG)



Oficinas de la Delegación Epigmenio González: Tláloc 102, Col. Desarrollo San Pablo,

Estación Félix Osores (FEO)



CECyTEQ plantel 5: Kiliwas s/n, Col. Cerrito Colorado,

CP 76000, Santiago de Querétaro, Qro.

CP 76116. Santiago de Querétaro, Qro.

Estación Josefa Vergara (JOV)



Oficinas de la Delegación Josefa Vergara:  
Calle 21 1000, Col. Lomas de Casablanca,  
CP 76080, Santiago de Querétaro, Qro.

Estación San Juan del Río (SJU)



UAQ Campus San Juan del Río:  
Av. Río Moctezuma 249, Col. San Cayetano,  
CP 76807, San Juan del Río, Qro.

Imagen 8. Estaciones de monitoreo SMCAQ.

### III.3 Sistema de Gestión de Calidad (SGC).

En septiembre de 2020 se comenzó con la implementación del SGC en el SMCAQ, con la finalidad de establecer condiciones estandarizadas y controladas de los procesos y procedimientos con los que opera el SMCAQ, tanto la operación de estaciones como la validación y publicación de la información.

El Sistema de Gestión de Calidad (SGC) es un conjunto de elementos interrelacionados y que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr las metas relacionadas de calidad y mejora continua. El SMCAQ cuenta con un SGC basado en la norma ISO 9001:2015. Algunos de los beneficios obtenidos con la implementación de este sistema son:

- Generar información oportuna de la Calidad del Aire en el Estado.
- Mantener en operación óptima a los equipos y en su caso, generar de manera oportuna acciones de mejora en caso de ser requeridas.
- Uso eficiente de los recursos disponibles para su funcionamiento.

- Mejorar continuamente los procesos que involucran el funcionamiento eficiente y eficaz del SMCAQ.
- Generar estadísticas de cumplimiento en cuanto a calidad y cantidad de información transmitida conforme a los objetivos establecidos.
- Estandarización de la validación de la información generada por el SMCAQ.

Actualmente los objetivos en la calidad de los datos están arriba de lo especificado en las normas oficiales mexicanas NOM-156-SEMARNAT-2012 y NOM-172-SEMARNAT-2019 del 75%, a partir de 2022 se tiene establecido tener el 85% de datos.

### III.4 Publicación de la información de calidad de aire del SMCAQ.

El SMCAQ cuenta con varios medios de difusión para informar acerca de la calidad de aire en base a la NOM-172-SEMARNAT-2019, todos actualizados hora con hora durante los 365 días del año, con el fin de que la población tenga acceso a la información de calidad de aire en cualquier lugar y plataforma de su preferencia.

Es importante mencionar que la difusión se realiza en sitios oficiales que para tal efecto se identifican como CeMCAQ (Centro de Monitoreo de la Calidad del Aire de Querétaro) sitio donde se concentra toda la información generada en las estaciones de monitoreo, ubicado en las instalaciones de la SEDESU.

Los medios de difusión son los siguientes:

- [Página del web](#)

<http://aire.cemcaq.mx/> es el sitio oficial del SMCAQ para el reporte de la calidad de aire horario. En esta página se publica información sobre el estado de la calidad de aire de manera horaria, de cada una de las estaciones de monitoreo, su objetivo principal es proporcionar información oportuna a la población para que pueda tomar acciones de protección a la salud.

La información en tiempo real sobre calidad del aire se presente de dos formas:

1. Mapa con ubicación de estaciones y el color que indica el estado de la calidad del aire. Imagen 9.
2. Tabla con los valores de concentración y color sobre el estado de la calidad del aire. Imagen 10.

Además, se tienen los enlaces donde se pueden obtener informes mensuales y anuales sobre el comportamiento de la calidad del aire, así como el Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas y el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río (ProAire), además de información sobre contaminantes criterio.

• Aplicación móvil “Ambiente QRO”

Esta aplicación está disponible para todos los dispositivos Android. Es una plataforma digital donde se puede consultar la calidad de aire de una manera rápida en cualquier lugar, además de contar con funcionalidades para poder ver el estado del tiempo actual y poder realizar trámites ante la Secretaría de Desarrollo Sustentable.

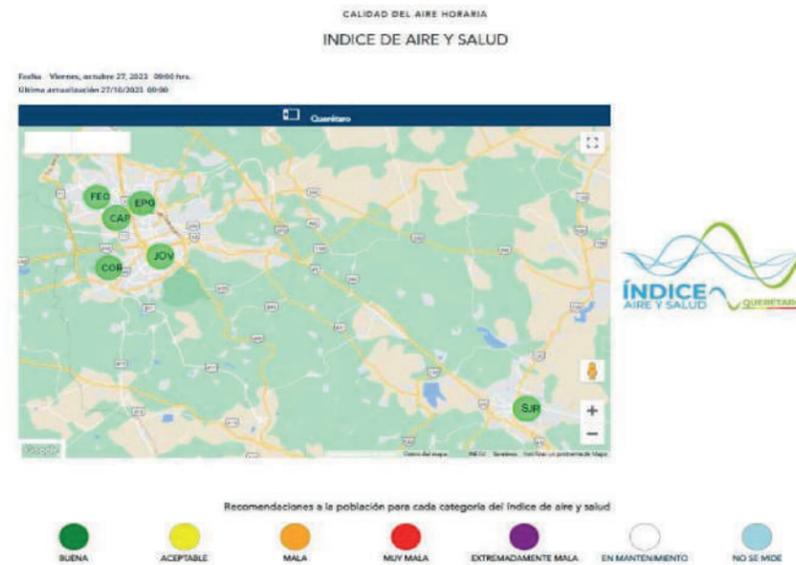


Imagen 9. Reporte de la calidad del arie en mapa con ubicación de estaciones. Fuente: [www.aire.cemcaq.mx](http://www.aire.cemcaq.mx)

Miércoles, octubre 25, 2023 19:00h

Esta información se actualiza cada hora (Última actualización de: 25/10/2023 19:00h)

Haga clic sobre los celdas de la tabla para ver recomendaciones

Estación / Contaminante	Cerrito Fuerte (CAF)	Corregidora (COR)	Epigmenio González (EPG)	Félix Osores (FEO)	Josefa Vergara (JOV)	San Juan del Río (SJR)
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
CO (ppm)	1.57	1.49	0.51	1.71	1.01	0.95
O <sub>3</sub> (ppm)	0.42	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02
O <sub>3</sub> (ppm) Ozone promedio móvil 8 horas	0.07	0.04	0.00	0.03	0.01	0.00
SO <sub>2</sub> (ppm) Dióxido de Azufre	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
PM <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> ) Material Particulado	14	26	26	26	26	26
PM <sub>10</sub> (ug/m <sup>3</sup> ) Material Particulado	51	51	51	51	51	51

Recomendaciones a la población para cada categoría del índice de aire y salud:

- BUENA (Verde)
- ACEPTABLE (Amarillo)
- MALA (Naranja)
- MUY MALA (Rojo)
- EXTREMADAMENTE MALA (Púrpura)
- EN MANTENIMIENTO (Blanco)
- NO SE MIDE (Azul)

Imagen 10. Reporte de la calidad de aire en tabla con concentraciones. Fuente: [www.aire.cemcaq.mx](http://www.aire.cemcaq.mx)



Imagen 11. Aspecto y logo de la aplicación móvil “AmbienteQro”. Fuente: app móvil Ambiente QRO

• Reportes en “X” (antes “Twitter”)

Asimismo, se reporta la calidad de manera resumida en su perfil de la red social “X” (@CeMCAQ), donde publica la calidad del aire en cada estación y las recomendaciones generales a la población para cuidar su salud tanto en la ZMQ como en SJR.



Imagen 12. Página del CeMCAQ en “X” y reporte de la calidad de aire. Fuente: @CeMCAQ

- [Página web del SINAICA](#)

El Sistema Nacional de Información de la Calidad de Aire operado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), donde se recaba y reporta la información de la calidad de aire de todos los sistemas de monitoreo de calidad del aire a nivel nacional. Mostrando datos horarios, en este sitio se puede consultar y descargar la información de calidad de aire y meteorológica de cada una de las estaciones.



Imagen 13. Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA).  
Fuente: <https://sinaica.inecc.gob.mx/>

#### IV. Marco normativo sobre monitoreo de la calidad del aire.

La operación de estaciones de monitoreo y el análisis y validación de la información que se genera se realizan conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012 Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire; el análisis y publicación de la información se realiza de acuerdo a la NOM-172-SEMARNAT-2019 Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, y a los lineamientos establecidos por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Además, se cuenta con Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud ambiental, para cada contaminante criterio en la cual se establece los Límites Máximos permisibles para protección a la salud.

- [NOM-172-SEMARNAT-2019. Lineamientos para la obtención y comunicación del índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud \(ICARS\)](#)<sup>4</sup>.

El ICARS, conocido como “Índice de Aire y Salud”, es un indicador basado en parámetros de concentración para cinco contaminantes criterio: dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y material particulado (PM); este índice se basa en un código de colores que representa el riesgo de salud a la población. Los rangos de concentración de cada color varían dependiendo del contaminante, mismos que están definidos en norma referida.

Tabla 4. Categorías del Índice AIRE Y SALUD.

Calidad del aire	Nivel de riesgo a asociado	Descripción del riesgo
Buena	Bajo	La calidad del aire es buena y se considera que el riesgo en salud es mínimo o nulo.
Aceptable	Moderado	La calidad del aire es aceptable, sin embargo, representa un riesgo a la salud moderado para un grupo de personas, especialmente aquellos que son sensibles al (O <sub>3</sub> ) o material particulado (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> ) y pueden experimentar irritación de ojos y síntomas respiratorios como tos, irritación de vías respiratorias, expectoración o flemas, dificultad para respirar o sibilancias.

<sup>4</sup> Diario Oficial de la Federación (DOF), 20/11/2019

Mala	Alto	La calidad del aire es mala para personas sensibles que pueden experimentar un incremento en el riesgo de síntomas respiratorios y/o disminución en la función pulmonar, pero la población en general es poco probable que se vea afectada.
Muy mala	Muy Alto	La población general puede presentar daños a la salud, sin embargo, las personas sensibles pueden experimentar un agravamiento de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica o evento cardiovascular e incremento en la probabilidad de muerte prematura en personas con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cardíaca.
Extremadamente mala	Extremadamente Alto	Es más probable que cualquier persona se vea afectada por efectos graves a la salud

Referencia: NOM-172-SEMARNAT-2019.

- **NOM-156-SEMARNAT-2012. Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire<sup>5</sup>.**

Específica las condiciones mínimas que deben ser observadas para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Esta norma muestra los parámetros de establecimiento de un Sistema de Monitoreo de la Calidad del aire, su estructuración, cumplimiento funcional de cada una de las partes de la estructura, el establecimiento, operación y mantenimiento de estaciones de monitoreo, gestión y aseguramiento de calidad y el manejo de los datos de la calidad de aire, con el fin de que el sistema tenga un correcto funcionamiento, el cual asegure que los datos obtenidos son de calidad.

- **Normas de salud ambiental**

Como se mencionó anteriormente las normas de salud ambiental establecen los límites máximos permisibles (LMP) de concentración de los contaminantes. En la siguiente tabla se muestra la NOM correspondiente a cada uno, así como los LMP y tiempos de exposición. Cabe resaltar que cada una tiene criterios de compleción de datos, que deben de cumplirse, además de los LMP.

<sup>5</sup> Diario Oficial de la Federación (DOF), 16/07/2012

Tabla 5. Límites Máximos Permisibles de Normas de Salud Ambiental.

Contaminante	NOM vigente en 2023	Límites y tiempos de exposición
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-023-SSA1-2021 <sup>6</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.106 ppm Promedio horario.</li> <li>• 0.021 ppm Promedio anual.</li> </ul>
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-2021 <sup>7</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9.0 ppm Promedio móvil de 8h.</li> <li>• 26.0 ppm Promedio horario.</li> </ul>
Ozono (O <sub>3</sub> )	NOM-020-SSA1-2021 <sup>8</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.090 ppm Promedio horario</li> <li>• 0.065 promedio móvil de 8h</li> </ul>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-022-SSA1-2019 <sup>9</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.04 ppm Promedio de 24 h máximo de 3 años.</li> <li>• 0.075 ppm Promedio del percentil. 99 de los máximos horarios diarios de 3 años.</li> </ul>
Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM <sub>2.5</sub> )	NOM-025-SSA1-2021 <sup>10</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 41 µg/m<sup>3</sup> Promedio de 24h.</li> <li>• 10 µg/m<sup>3</sup> Promedio anual.</li> </ul>
Partículas menores a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> )		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70 µg/m<sup>3</sup> Promedio de 24 h.</li> <li>• 36 µg/m<sup>3</sup> Promedio anual.</li> </ul>

Fuente: Diario Oficial de la Federación.

<sup>6</sup> DOF, 27/10/2021

<sup>7</sup> DOF, 29/10/2021

<sup>8</sup> DOF, 28/10/2021

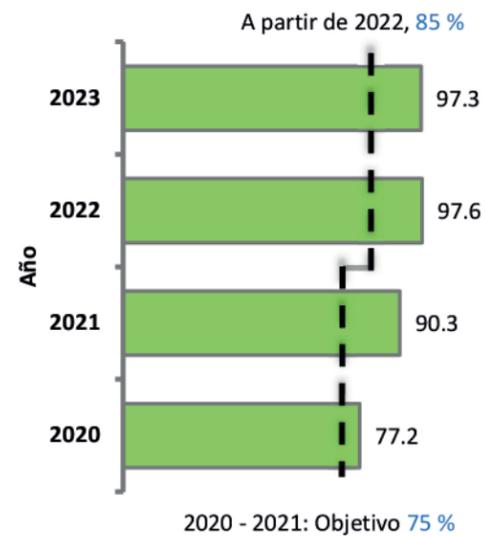
<sup>9</sup> DOF, 28/08/2019

<sup>10</sup> DOF, 27/10/2021

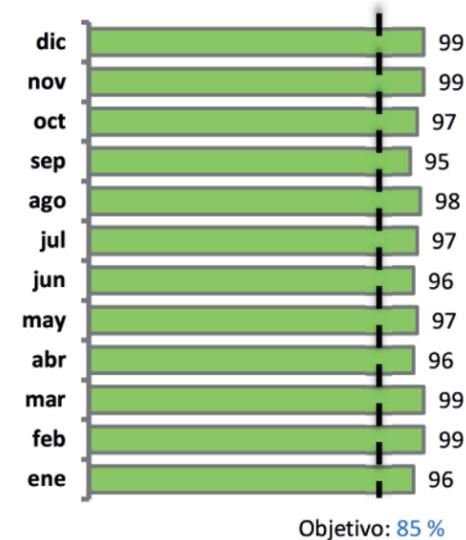
## V. Sistema de Gestión de Calidad SGC

Durante del 2023, se continuó con el seguimiento del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) establecido en el SMCAQ, manteniendo estándares de cumplimiento por encima de lo que especifican las normas oficiales mexicanas NOM-156-SEMARNAT-2012 y NOM-172-SEMARNAT-2019, logrando su objetivo de generar información confiable y oportuna para la población.

En el 2023, la cantidad de datos se mantuvo por arriba de los objetivos de calidad y de las Normas Oficiales Mexicanas (Gráficas 1 y 2), observando que el porcentaje de datos válidos fue superior en 2023 respecto a años anteriores, manteniendo el promedio mensual encima del 95.



Gráfica 1. Porcentaje de datos total por año en el SMCAQ. La línea punteada indica el objetivo.



Gráfica 2. Porcentaje total de datos por mes en el SMCAQ, 2023.

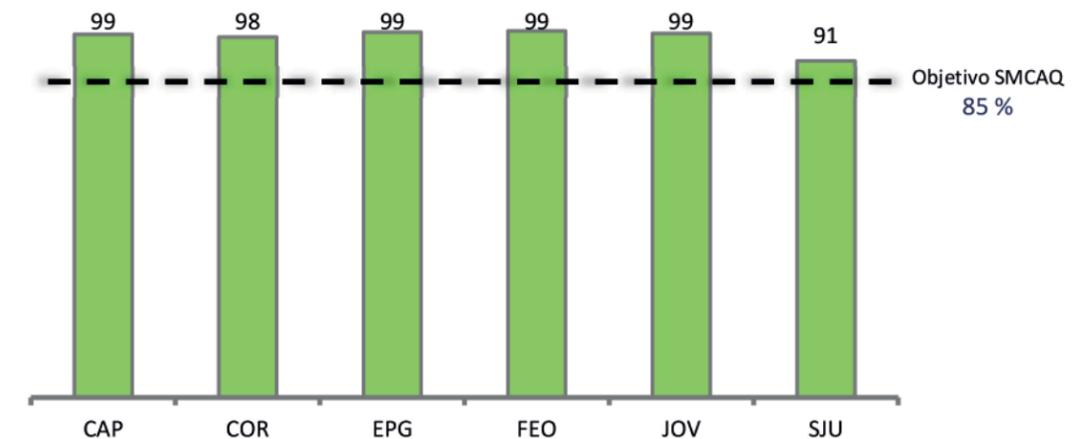
En cuanto al porcentaje de datos por analizador (Tabla 6). Todas las estaciones cumplieron con un alto porcentaje general de datos válidos, por encima del 85 % de datos totales en cada una de las estaciones, y al menos un 75 % de datos en cada uno de los analizadores, lo que indica un cumplimiento de los estándares de calidad del SGC del SMCAQ.

Tabla 6. Porcentaje de datos totales por contaminante, 2023.

Estación	Contaminante					
	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>
CAP	98.7	98.2	98.7	98.8		98.0
COR	98.9	96.9	98.9	98.9	94.8	
EPG	99.7	97.8	99.7	99.1	98.6	
FEO	99.4	99.4	99.5	99.3		
JOV	98.7	98.7	98.8	98.4		
SJU	74.8	93.2	98.4	95.3	94.3	

No se mide

En la Gráfica 3, se muestra el porcentaje total de datos por cada estación, donde se observa que todas cumplieron con el mínimo de 85 % de datos válidos en el año 2023, confirmando el buen desempeño del SGC, superando los objetivos en calidad y cantidad de datos válidos.

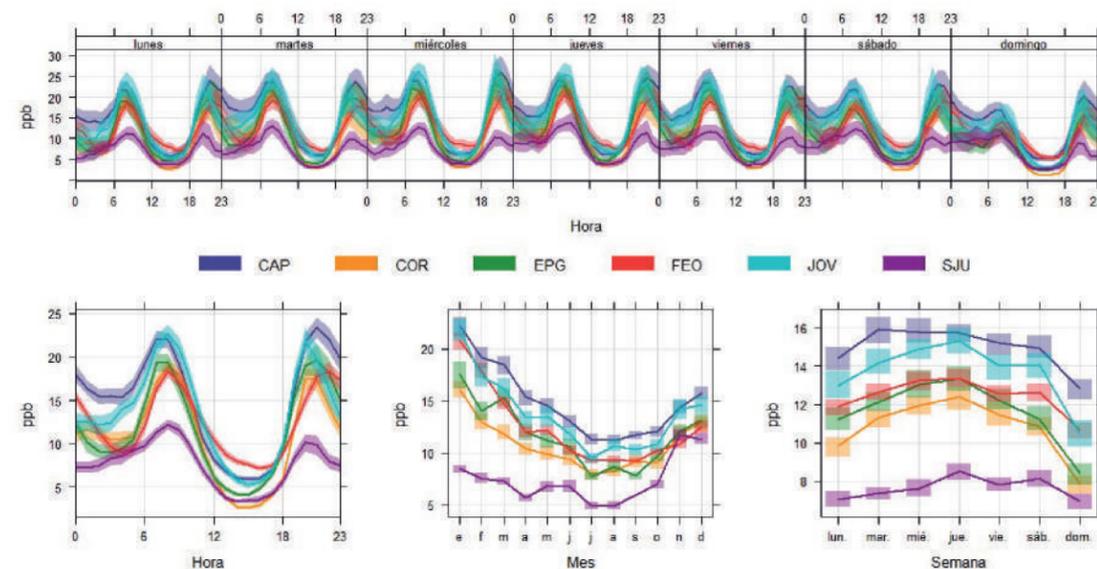


Gráfica 3. Porcentaje total de datos por estación del SMCAQ, 2023.

## VI. Comportamiento de los contaminantes.

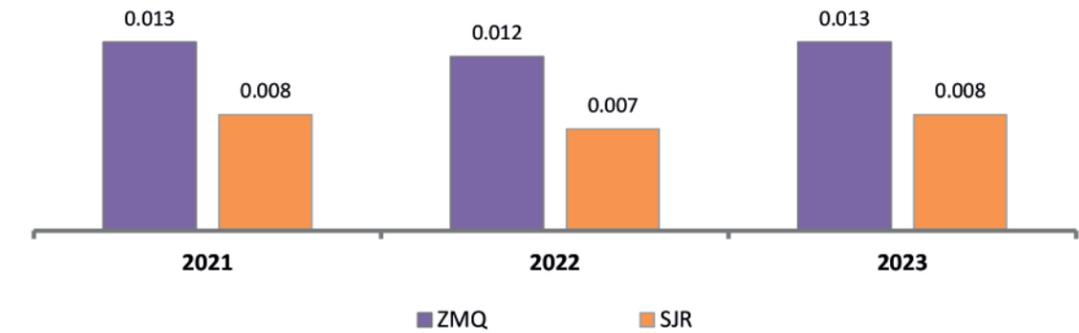
- **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

El dióxido de nitrógeno es un contaminante que no registra concentraciones altas en el SMCAQ. Esto se puede ver en el comportamiento por hora, que aún y cuando ocurren dos picos de concentración, estos no superan los valores establecidos en la normatividad vigente. Las horas de mayor concentración para este contaminante son entre las 7:00 y 9:00 horas y otro entre 19:00 y 21:00 horas. Por otro lado, se observa que durante la semana las mayores concentraciones son entre los martes y jueves, disminuyendo significativamente los fines de semana principalmente el domingo. En el caso de SJR desde los viernes se observa este descenso. En cuanto al comportamiento por temporada, las mayores concentraciones están en la temporada invernal, las menores concentraciones ocurrieron en la temporada de junio a septiembre. La estación con mayores concentraciones en la ZMQ fue la estación CAP mientras que FEO registró el menor promedio. SJU fue la estación con niveles más bajos de este contaminante del SMCAQ. Gráfica 4.



Gráfica 4. Comportamiento temporal de NO<sub>2</sub> en 2023.

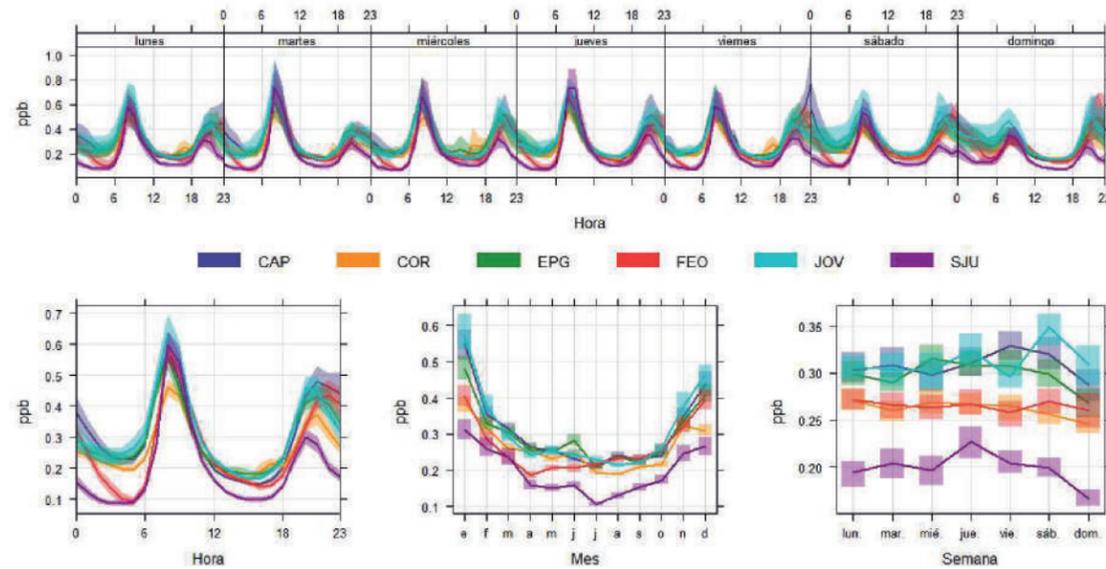
En cuanto al histórico del comportamiento de NO<sub>2</sub>, se observa que tanto en la ZMQ como en SJR la concentración se ha mantenido, registrando solo un incremento del 0.001 ppm de 2022 a 2023.



Gráfica 5. Promedio anual de NO<sub>2</sub> en ppm.

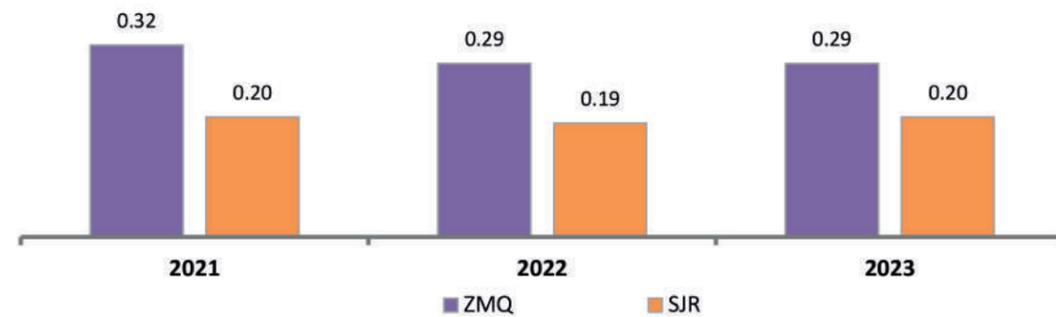
- **Monóxido de carbono (CO)**

El CO es un contaminante que no presenta concentraciones encima de los valores establecidos por la normatividad vigente en el SMCAQ. Sin embargo, se presentan incrementos entre las 8:00 y 9:00 horas y entre las 22:00 y 23:00 horas. En cuanto al análisis semanal, los días comprendidos entre lunes y jueves son los que registraron una mayor concentración, disminuyendo significativamente en fin de semana, especialmente los domingos. Observando que todas las estaciones de la ZMQ presentan concentraciones similares durante el año y SJU registró menores concentraciones.



Gráfica 6. Comportamiento temporal de CO en 2023.

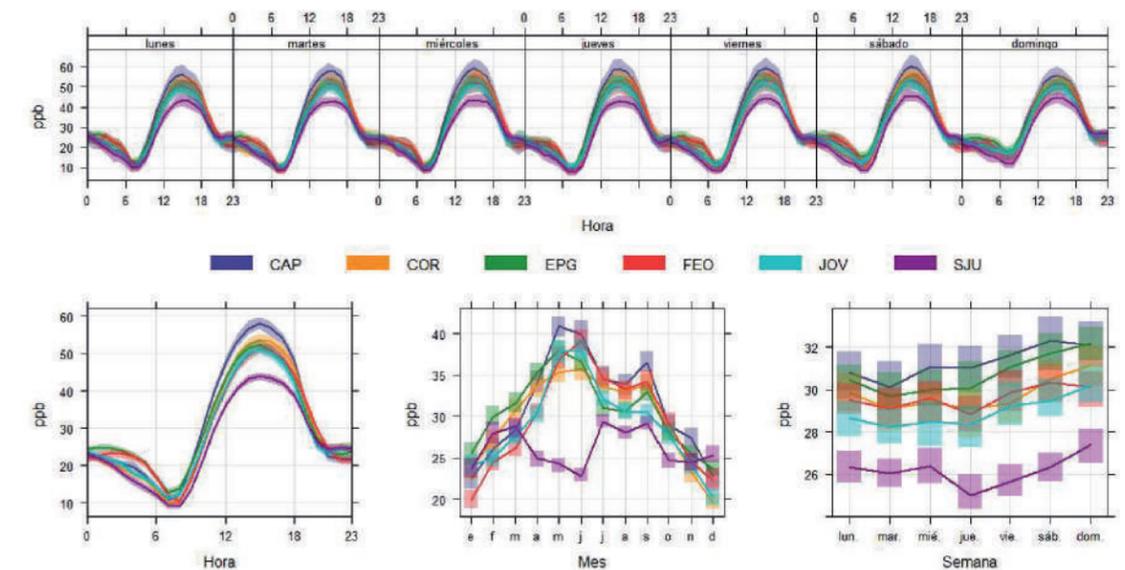
En cuanto a la evolución del comportamiento, se ha observado una disminución en la ZMQ desde el año 2021 mientras que SJR se ha mantenido prácticamente constante. Gráfica 7.



Gráfica 7. Promedio anual de CO en ppm.

• Ozono (O<sub>3</sub>)

El ozono es un contaminante secundario, producido a través de la interacción del oxígeno atmosférico con óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles y con la luz solar como energía que activa la reacción química. Es por ello que las concentraciones más elevadas se presentan cuando hay luz solar incidente en mayor cantidad. Esto es visible con el comportamiento horario, observando que la mayor concentración es entre las 13:00 y 17:00 horas alcanzando su nivel más alto a las 15:00 horas en todas las estaciones, mientras que la menor concentración es entre las 7:00 y 8:00 horas. Por otro lado, las mayores concentraciones en ZMQ ocurrieron en los meses de mayo y junio y para SJR julio y septiembre. Los días de la semana con mayor concentración fueron sábados y domingos tanto en ZMQ y en SJR. Asimismo, se observa que en ZMQ todas las estaciones tuvieron promedios estadísticamente similares, destacando la estación CAP como el mayor promedio. En cuanto a SJR tuvo un promedio significativamente menor que la ZMQ. Gráfica 8.



Gráfica 8. Comportamiento temporal de O<sub>3</sub> en 2023.

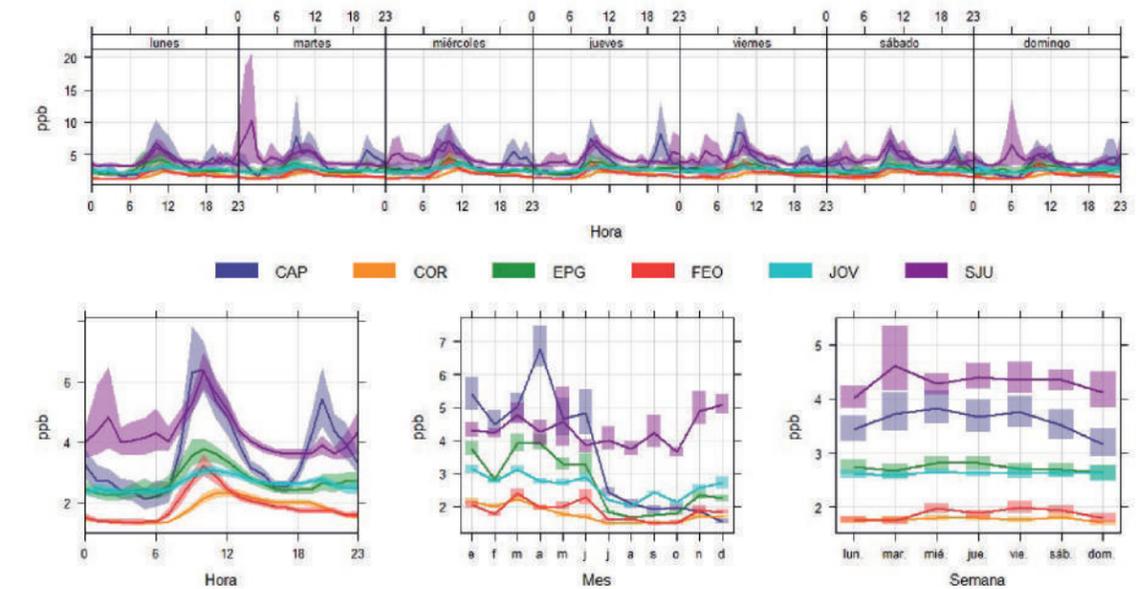
En cuanto al comportamiento anual se observa que las concentraciones de ozono han aumentado desde el año 2021, especialmente en el año 2023, tanto en la ZMQ como en SJR.



Gráfica 9. Promedio anual de O<sub>3</sub> en ppm.

• Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

Para el SO<sub>2</sub>, se observó, durante el 2023 que las estaciones de CAP y SJR registraron una concentración mayor significativamente diferente a las demás estaciones, por otro lado, las estaciones COR y FEO tuvieron las menores concentraciones. En cuanto al comportamiento horario, todas las estaciones registran la mayor concentración entre las 9:00 y 11:00 horas. En el caso de la estación CAP registró otro incremento a las 20:00 horas y SJU incrementó entre las 23:00 y 2:00 horas. Los días de la semana con mayor concentración son los martes mientras que la menor concentración los viernes y domingos, variando entre estaciones, aunque realmente no fueron estadísticamente distintos entre sí en ninguna estación. Asimismo, las mayores concentraciones de ZMQ fueron entre marzo y mayo; SJR se mantuvo constante durante todo el año. Gráfica 10.



Gráfica 10. Comportamiento temporal de SO<sub>2</sub> en 2023.

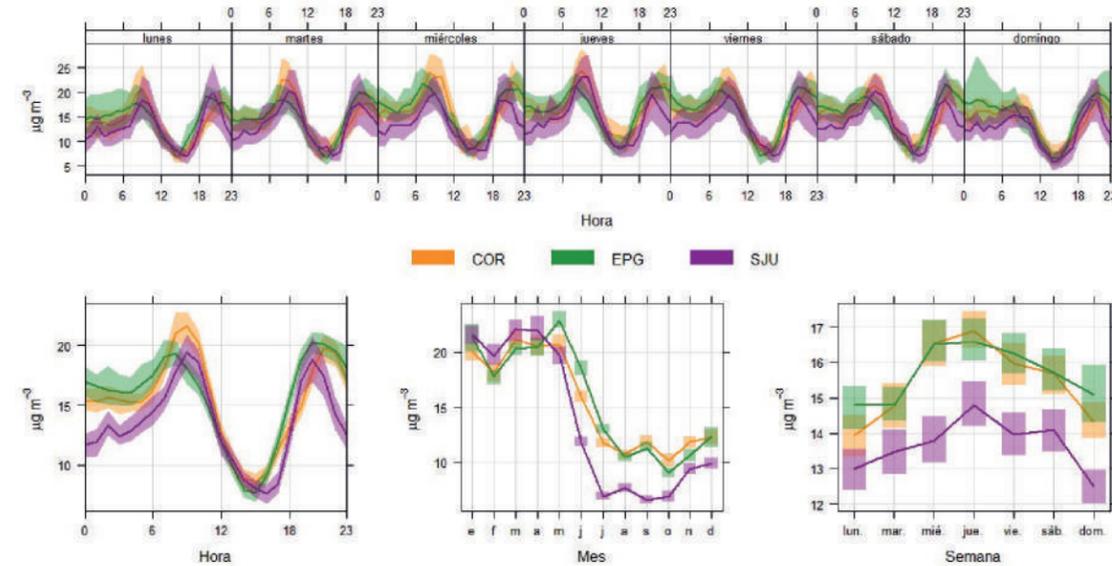
Se observa además que el SO<sub>2</sub> es más alto en promedio en SJR que en la ZMQ. Su comportamiento anual muestra que los niveles se mantuvieron prácticamente constantes desde el año 2021, con un ligero aumento del 2022 al 2023. Gráfica 11.



Gráfica 11. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en ppm.

• **Partículas suspendidas menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>)**

En 2023 las partículas PM<sub>2.5</sub> se monitorearon en tres estaciones, COR, EPG y SJU. El comportamiento horario, muestra que las concentraciones más altas se registran entre las 7:00 y 9:00 horas y entre las 19:00 y 22:00 horas. El comportamiento semanal muestra una mayor concentración los martes y miércoles en la ZMQ y los jueves en SJR, y los domingos y lunes una menor concentración. Los meses de mayor concentración fueron de enero a mayo y los de menor concentración de julio a octubre. Tanto ZMQ como SJR mostraron el mismo comportamiento, siendo las concentraciones de SJR ligeramente inferiores que las de ZMQ. Gráfica 12.



Gráfica 12. Comportamiento temporal de PM<sub>2.5</sub> en 2023.

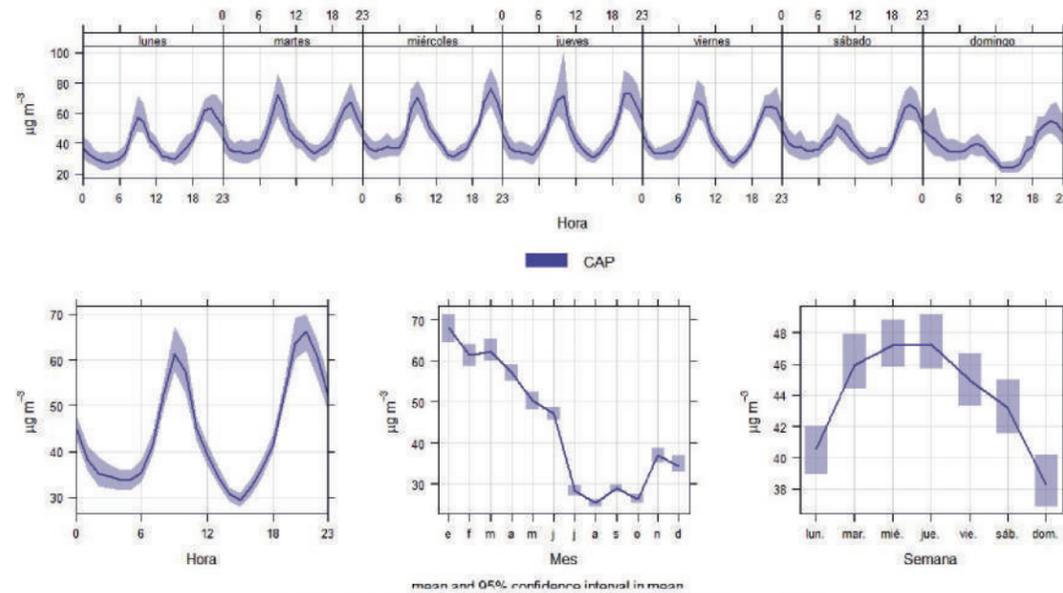
En cuanto al promedio anual, se observa para la ZMQ un ligero incremento en los últimos tres años, mientras que SJR bajó ligeramente en 2023 respecto a 2022.



Gráfica 13. Promedio anual de PM<sub>2.5</sub> en µg/m<sup>3</sup>.

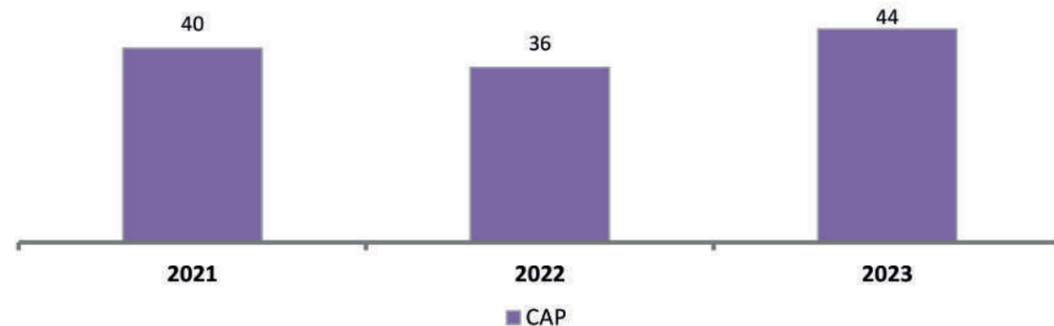
• **Partículas suspendidas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>)**

Las PM<sub>10</sub> son monitoreadas en la estación CAP, en su comportamiento horario se observa que las concentraciones más elevadas se registran entre las 9:00 y 10:00 y entre las 19:00 y 22:00 horas. Los días de la semana con mayor concentración fueron entre los martes y jueves con un promedio de más de 46 µg/m<sup>3</sup>. Los fines de semana fueron los días con menor concentración. Los meses de enero a abril registraron las mayores concentraciones, los de menor concentración de julio a octubre, aumentando ligeramente en noviembre y diciembre. Gráfica 14.



Gráfica 14. Comportamiento temporal de PM<sub>10</sub> en 2023.

En el caso de las PM<sub>10</sub>, el comportamiento anual registrado se observa un incremento en 2023. Gráfica 15.



Gráfica 15. Promedio anual de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup>

## VII. Cumplimiento de Normas de Salud Ambiental

En México se tienen establecidas Norma Oficiales en materia de Salud Ambiental para los contaminantes dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y partículas suspendidas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en las cuales se establecen los Límites Máximos Permisibles (LMP) de concentración para prevención de los efectos en salud de la población.

A continuación, se mostrará la evaluación por contaminante, con respecto a su norma respectiva.

### VII.1. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

Para el NO<sub>2</sub>, la norma que establece sus LMP es la NOM-023-SSA1-2021, en la tabla 7 se muestra el resumen de lo especificado en la norma referida.

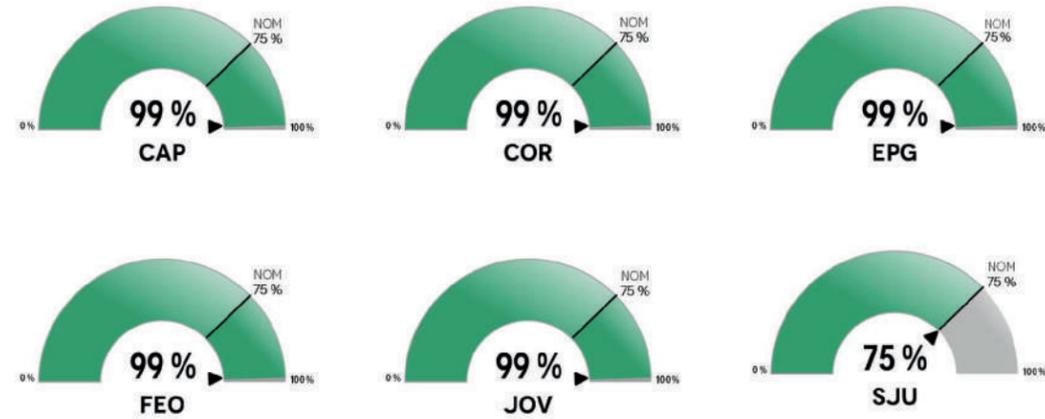
Tabla 7. NOM-023-SSA1-2021<sup>11</sup>

Promedio anual	Promedio de 1 hora
0.021 ppm	0.106 ppm
Criterio de completación	
75 % de los datos horarios del año.	

Como se observa, son tres los criterios que son requeridos en el análisis de datos.

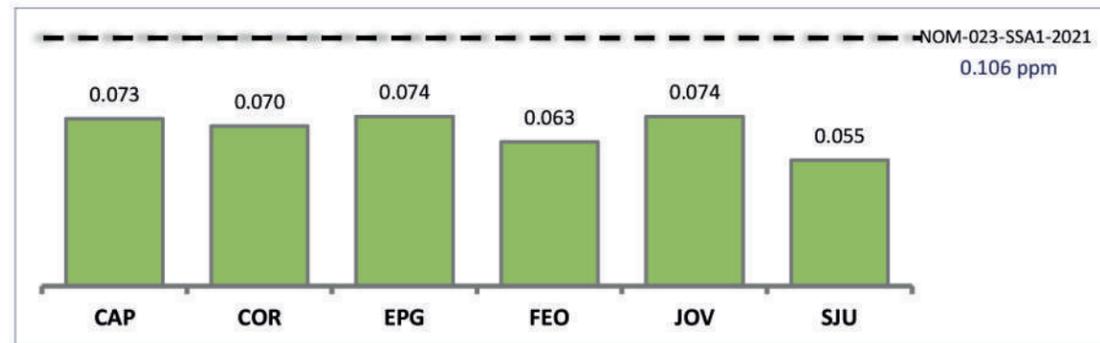
El primero es sobre la completación de datos por cada estación, en la Gráfica 16 se observa que todas las estaciones cumplieron con el porcentaje mínimo de datos en 2023.

<sup>11</sup> DOF, 27/10/2021. NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).



Gráfica 16. Completación de datos de NO<sub>2</sub> en el SMCAQ, 2023.

Los dos criterios siguientes que especifica la norma es la evaluación del promedio anual y promedio horario máximo, en las Gráfica 17 y 18 se muestra el comportamiento de las estaciones del SMCAQ respecto a estos criterios.



Gráfica 17. Promedio anual de NO<sub>2</sub> por estación, 2023.



Gráfica 18. Promedio horario máximo de NO<sub>2</sub> por estación, 2023.

Como se observa, todas las estaciones cumplieron con los límites máximos permisibles de NO<sub>2</sub> en al año 2023. El cumplimiento en cada zona se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Cumplimiento de la NOM-023-SSA1-2021.

Zona	Promedio anual	¿Cumple?	Promedio horario	¿Cumple?
ZMQ	0.015	✓	0.074	✓
SJR	0.008	✓	0.055	✓

## VII.2 Monóxido de carbono (CO).

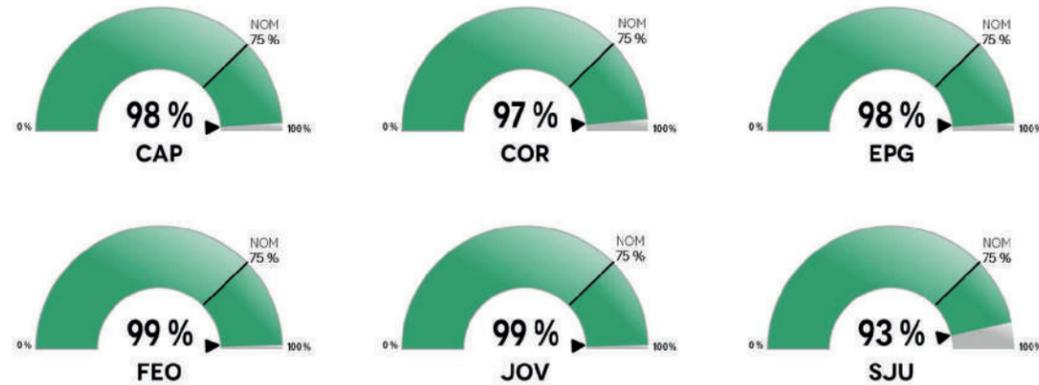
Las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana para este contaminante son mostradas en la Tabla 9.

Tabla 9. NOM-021-SSA1-2021 referente a CO<sup>12</sup>.

Promedio horario	Promedio móvil de 8 horas
26.0 ppm	9.0 ppm
<b>Criterio de completación</b>	
75 % de los datos horarios del año.	

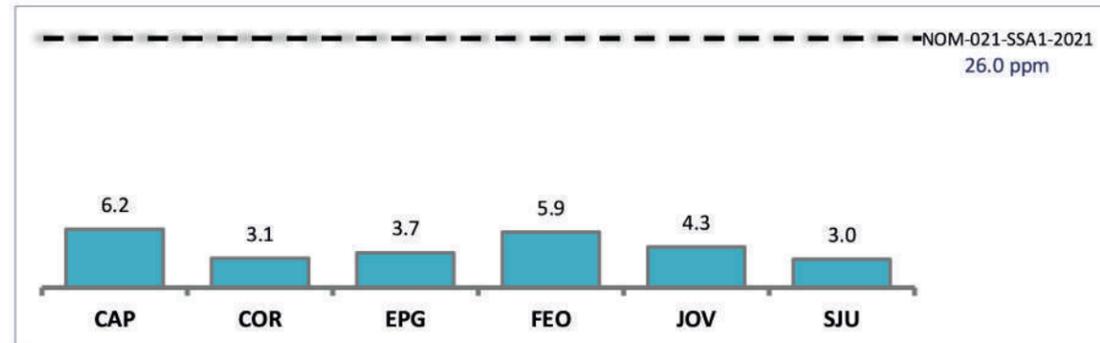
<sup>12</sup> DOF, 29/10/2021. NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO).

En cuanto a la completación de datos por cada estación del SMCAQ. Todas las estaciones cumplieron con el porcentaje mínimo del 75% de datos en 2023. Gráfica 19.

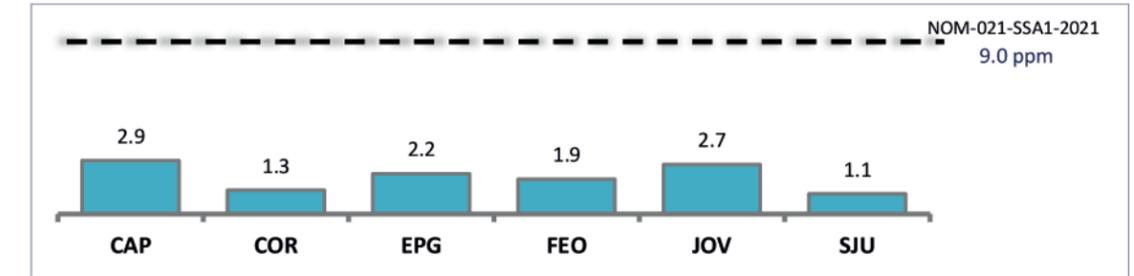


Gráfica 19. Completación de datos de CO en el SMCAQ, 2023.

Respecto a los niveles de los máximos promedios horarios y móviles de 8 horas en el 2023 se muestran en las Gráficas 20 y 21.



Gráfica 20. Promedio horario máximo de CO por estación, 2023.



Gráfica 21. Promedio móvil de 8 horas máximo de CO por estación, 2023.

Una vez evaluados todos los puntos de la norma de CO se observa que todas las estaciones del SMCAQ cumplieron con lo requerido. El resumen de la evaluación normativa por zona se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. NOM-021-SSA1-2021.

Zona	Promedio horario (ppm)	¿Cumple?	Promedio móvil de 8 horas (ppm)	¿Cumple?
ZMQ	5.3	✓	2.7	✓
SJR	3.0	✓	1.0	✓

### VII.3 Ozono (O<sub>3</sub>).

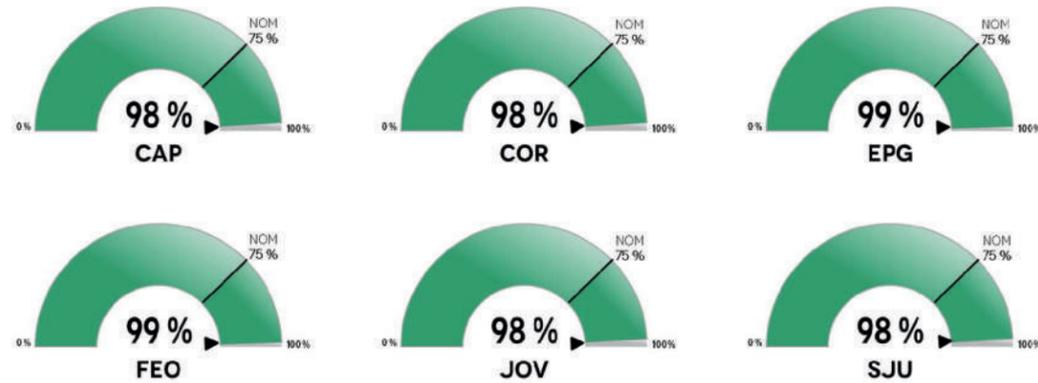
La NOM-020-SSA1-2021 establece los límites máximos permisibles de Ozono. Tabla 11.

Tabla 11. NOM-020-SSA1-2021 referente a O<sub>3</sub><sup>13</sup>.

Promedio horario	Promedio móvil de 8 horas
0.090 ppm	0.065 ppm
<b>Criterio de completación</b>	
75 % de los máximos diarios del año.	

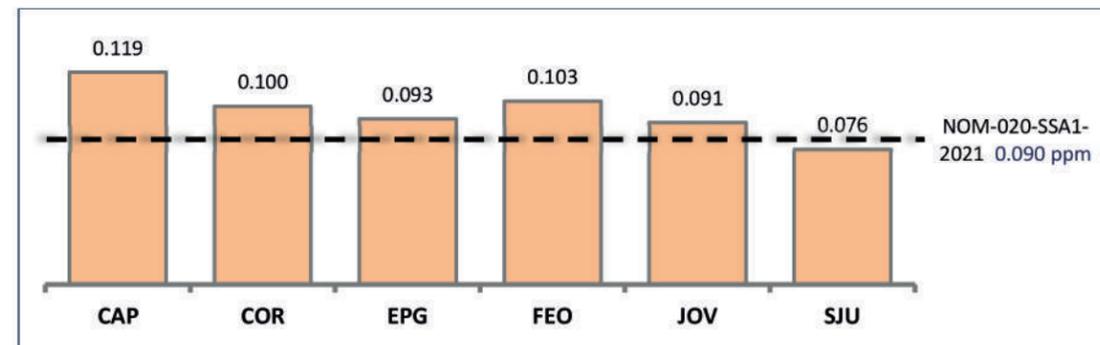
<sup>13</sup> DOF 28/10/2021 NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O<sub>3</sub>).

Respecto a la compleción de datos, en la Gráfica 22 se muestran los resultados obtenidos de porcentaje de datos válidos en cada estación.

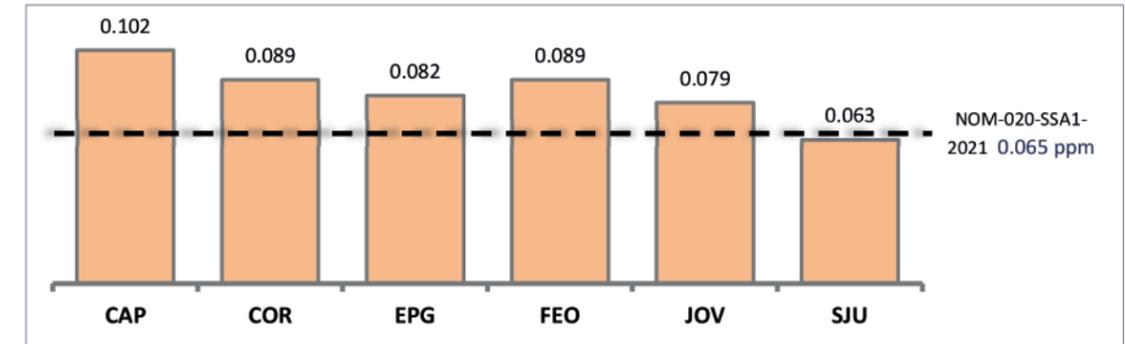


Gráfica 22. Compleción de datos de O<sub>3</sub> en el SMCAQ, 2023.

En cuanto al Límite Máximo Permissible (LMP) de promedio horario y móvil de 8 horas los resultados se muestran en las Gráficas 23 y 24, observando que en todas las estaciones de la ZMQ se tuvieron concentraciones arriba de los valores establecidos en la NOM-020-SSA1-2021. La estación SJU estuvo dentro los valores normados.



Gráfica 23. Promedio horario O<sub>3</sub> por estación, 2023.



Gráfica 24. Promedio móvil de 8 horas O<sub>3</sub> por estación, 2023.

Para el 2023, en la ZMQ no se cumplieron los LMP establecidos en la NOM-020-SSA1-2021 en ninguna estación, la estación CAP registro los valores más elevados. En SJR, los valores registrados en 2023 estuvieron dentro de los valores establecidos por la norma oficial referida. Tabla 12.

Tabla 12. NOM-020-SSA1-2021.

Zona	Promedio horario (ppm)	¿Cumple?	Promedio móvil de 8 horas (ppm)	¿Cumple?
ZMQ	0.119	✗	0.102	✗
SJR	0.076	✓	0.063	✓

#### VII.4 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

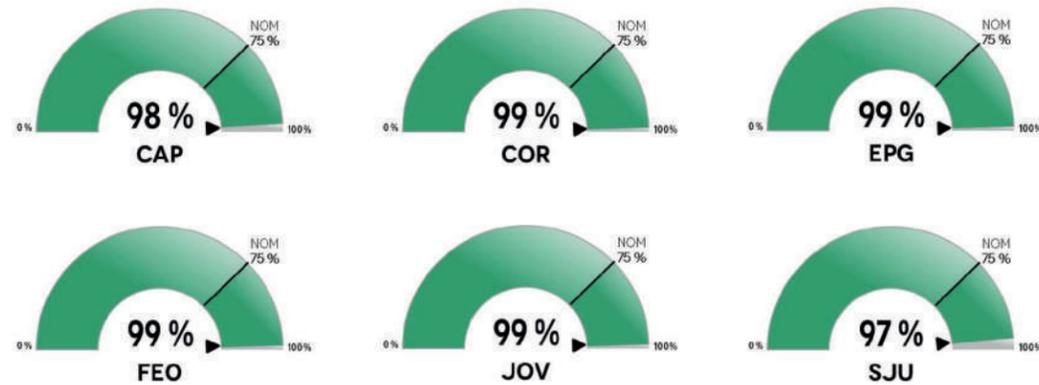
La Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019 establece los Límites Máximos Permisibles de SO<sub>2</sub>. Tabla 13.

Tabla 13. NOM-022-SSA1-2019 referente a SO<sub>2</sub><sup>14</sup>.

Promedio de 3 años del percentil 99 de máximos horarios diarios	Máximo promedio de 24 horas de 3 años
0.075 ppm	0.04 ppm
Criterio de compleción	
3 trimestres de cada año con 75 % de días completos.	

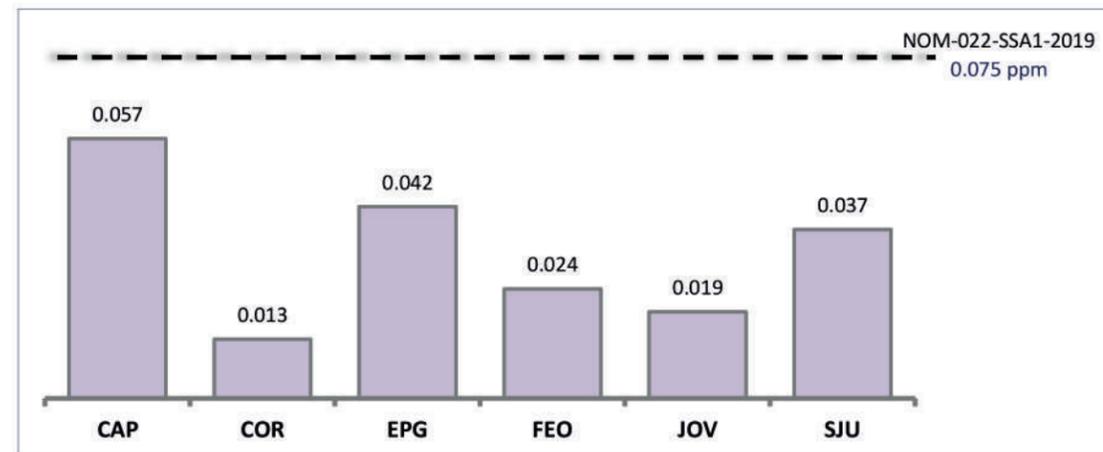
<sup>14</sup> DOF 20/08/2019 NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

En la Gráfica 25 se muestran los resultados obtenidos de la completión de datos, observando que todas las estaciones cumplieron con este criterio, obtenido en más del 97% de datos válidos.

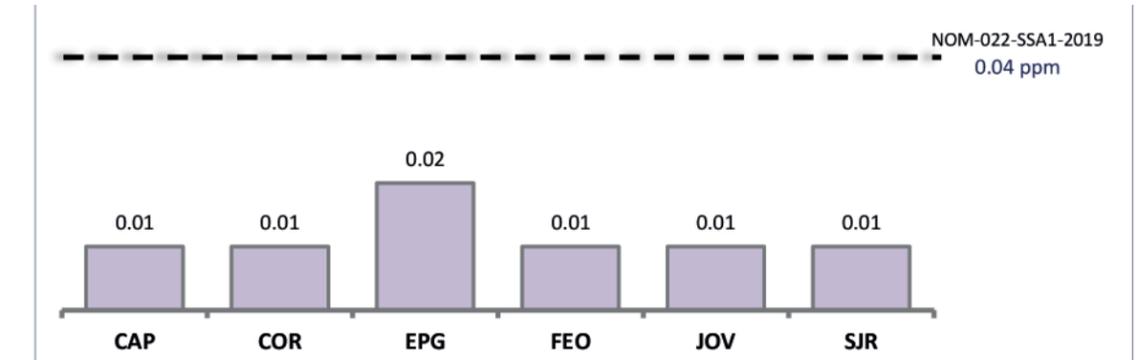


Gráfica 25. Completión de datos de SO<sub>2</sub> en el SMCAQ, 2023.

Respecto a los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-022-SSA1-2019, los valores obtenidos en todas las estaciones tanto de ZMQ como de SJR estuvieron debajo de los valores normados. Gráficas 26 y 27.



Gráfica 26. Promedio trianual del percentil 99 de los máximos horarios de SO<sub>2</sub> por estación, 2023.



Gráfica 27. Máximo promedio trianual de 24 horas de SO<sub>2</sub> por estación, 2023.

En la Tabla 14 se muestra el cumplimiento de la NOM-022-SSA1-2019, donde se observa que se cumple con los LMP tanto en la ZMQ como en SJR.

Tabla 14. NOM-022-SSA1-2019.

Zona	Promedio horario (ppm)	¿Cumple?	Promedio de 24 horas (ppm)	¿Cumple?
ZMQ	0.057	✓	0.02	✓
SJR	0.037	✓	0.01	✓

### VII.5 Partículas menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>).

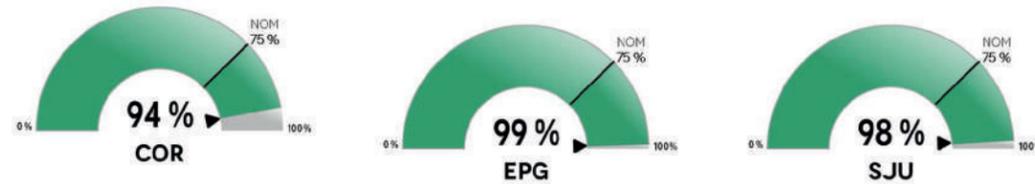
La Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021 establece los Límites Máximos Permisibles para PM<sub>2.5</sub>. Tabla 15.

Tabla 15. NOM-025-SSA1-2021 referente a PM<sub>2.5</sub><sup>15</sup>.

Percentil 99 del promedio de 24 horas	Promedio anual
41 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
Criterio de completión	
3 trimestres con 75 % de días completos	

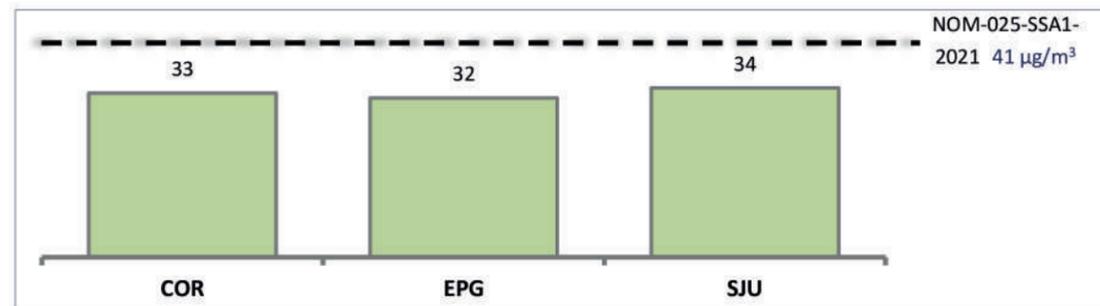
<sup>15</sup> DOF 27/10/2021 NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

Respecto al criterio de completación de datos, como se puede observar en la Gráfica 28, las estaciones que monitorean las PM<sub>2.5</sub> cumplieron y superaron el porcentaje de datos establecido en la Norma referida.

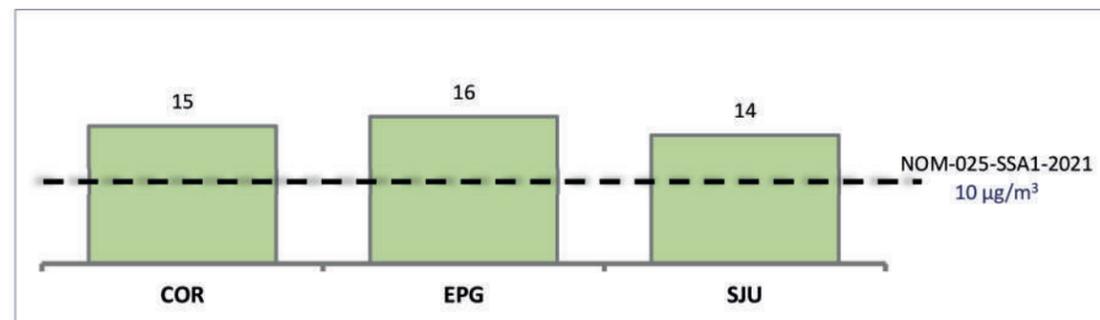


Gráfica 28. Completación de datos de PM<sub>2.5</sub> en el SMCAQ, 2023.

En cuanto al análisis del percentil 99 del promedio de 24 horas, en todas las estaciones donde se mide este contaminante estuvieron por debajo del LMP establecido en la Norma oficial mexicana referida, Gráfica 29. Sin embargo, el promedio anual fue superior a los LMP de la NOM en las tres estaciones que se mide este contaminante. Gráfica 30.



Gráfica 29. Percentil 99 de los promedios de 24 horas de PM<sub>2.5</sub> por estación, 2023.



Gráfica 30. Promedio anual de PM<sub>2.5</sub> por estación, 2023.

En la Tabla 6, se muestra el resumen de cumplimiento de la NOM para la ZMQ y SJR, observando el incumplimiento en el indicador del promedio anual.

Tabla 16. NOM-025-SSA1-2021.

Zona	Percentil 99 del promedio de 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	¿Cumple?	Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	¿Cumple?
ZMQ	33	✓	16	✗
SJR	34	✓	14	✗

### VII.6 Partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>).

Las partículas PM<sub>10</sub> son monitoreadas en la estación CAP, en la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021 se establecen los LMP para este contaminante. Tabla 17.

Tabla 17. NOM-025-SSA1-2021 referente a PM<sub>10</sub><sup>14</sup>.

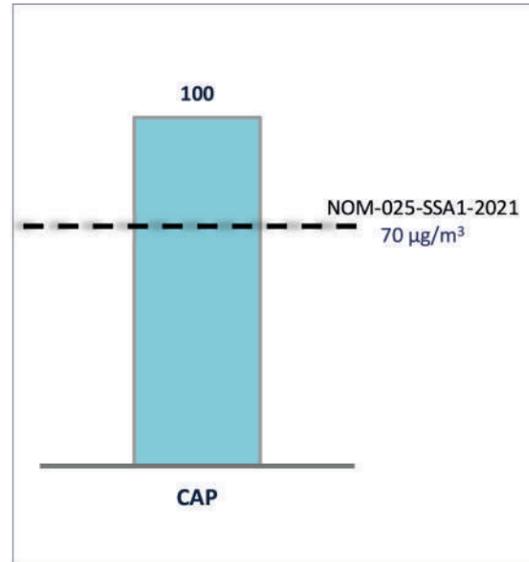
Percentil 99 del promedio de 24 horas	Promedio anual
70 µg/m <sup>3</sup>	36 µg/m <sup>3</sup>
Criterio de completación	
3 trimestres con 75 % de días completos.	

En cuanto al criterio de completación de datos como se observa en la Gráfica 31, se cumple y se superó el porcentaje de datos válidos.

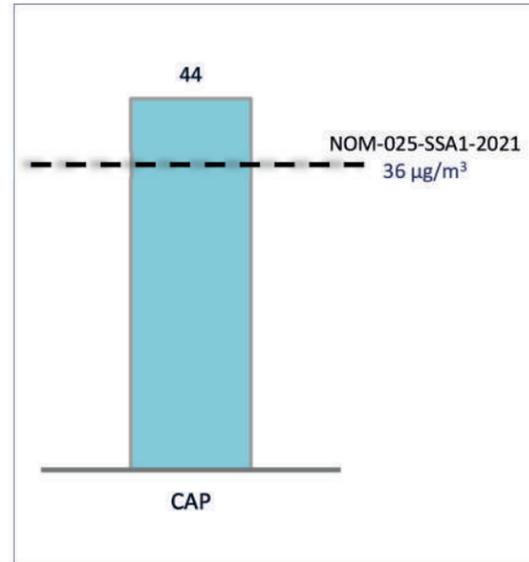


Gráfica 31. Completación de datos de PM<sub>10</sub>, estación CAP, 2023.

Respecto a los LMP establecidos en la Norma referida para PM<sub>10</sub>, no se cumplieron el percentil 99 del promedio de 24 horas, ni el promedio anual. Gráficas 32 y 33.



Gráfica 32. Percentil 99 de promedios de 24 horas de PM<sub>10</sub>, estación CAP, 2023.



Gráfica 33. Promedio anual de PM<sub>2.5</sub>, estación CAP, 2023.

De acuerdo con lo anterior, en la ZMQ se superaron los LMP establecidos por la NOM referida en 2023. Tabla 18.

Tabla 18. NOM-025-SSA1-2021.

Zona	Percentil 99 del promedio de 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	¿Cumple?	Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	¿Cumple?
ZMQ	100	x	44	x

### VIII. Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud

La Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019 lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud, establece criterios para reportar la calidad del aire mediante rangos de valores para cada contaminante, que permiten definir el estado en el que se encuentra la calidad del aire como: buena, aceptable, mala, muy mala y extremadamente mala. Tabla 19.

Tabla 19. Índice aire y salud para contaminantes criterio.

Calidad de aire	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>		SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
	PH (ppm)	PM8 (ppm)	PH (ppm)	PM8 (ppm)	PM24 (ppm)	PP12 (µg/m <sup>3</sup> )	PP12 (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Buena</b>	< 0.107	< 8.75	< 0.051	< 0.051	< 0.008	< 50	< 25
<b>Aceptable</b>	>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	>50 a 75	>25 a 45
<b>Mala</b>	>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	>75 a 155	>45 a 79
<b>Muy mala</b>	>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	>155 a 235	>79 a 147
<b>Extremadamente mala</b>	>0.250	>15.50	>0.175	>0.114	>0.220	>235	>147

PH= promedio horario, PM8= promedio móvil de 8 horas, PM24= promedio móvil de 24 horas, PP12= promedio móvil ponderado de 12 horas, ppm= partes por millón

Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019<sup>16</sup>.

Asimismo, la norma referida, para cada nivel de ICARS establece recomendaciones según el grupo de población, para que puedan reducir su exposición a dicho contaminante y así proteger su salud. Tabla 20.

<sup>16</sup> DOF 20/11/2019 NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud.

Tabla 20. Mensajes asociados a las categorías de calidad del aire y riesgos a la salud.

Calidad de aire	Recomendaciones	
	Grupos sensibles	Población en general
<b>Buena</b>	Disfruta de las actividades al aire libre.	
<b>Aceptable</b>	Considera reducir las actividades físicas vigorosas al aire libre.	Disfruta de las actividades al aire libre.
<b>Mala</b>	Evita las actividades físicas (tanto moderadas como vigorosas) al aire libre.	Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre.
<b>Muy mala</b>	No realices actividades al aire libre. Acude al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos.	Evita las actividades físicas moderadas y vigorosas al aire libre.
<b>Extremadamente mala</b>	Permanece en espacios interiores. Acude al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardíacos.	

Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019<sup>15</sup>.

A continuación, se presenta el análisis por cada contaminante criterio sobre ICARS.

### VII.1 Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

En 2023 los niveles de NO<sub>2</sub> se mantuvieron con buena calidad de aire tanto en la ZMQ como en SJR durante todo el año. Los calendarios se muestran en las Imágenes 14 y 15.

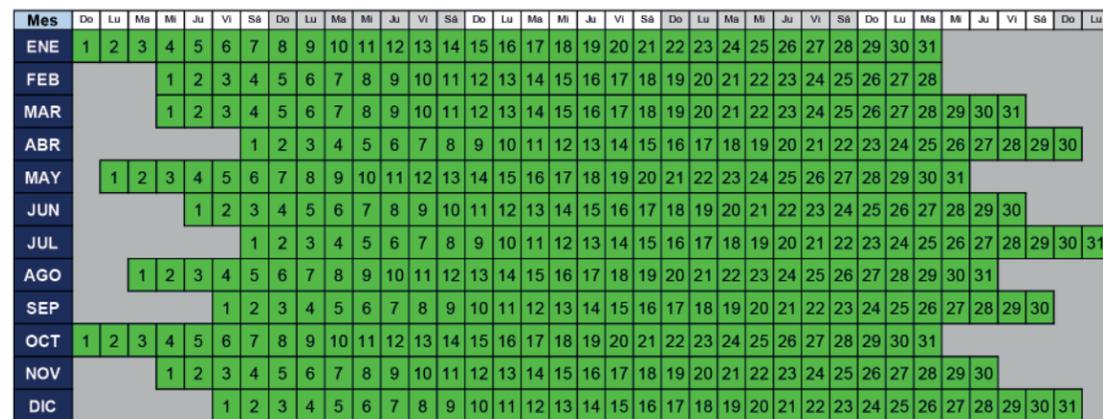


Imagen 14. Calendario de NO<sub>2</sub> en la ZMQ, 2023.

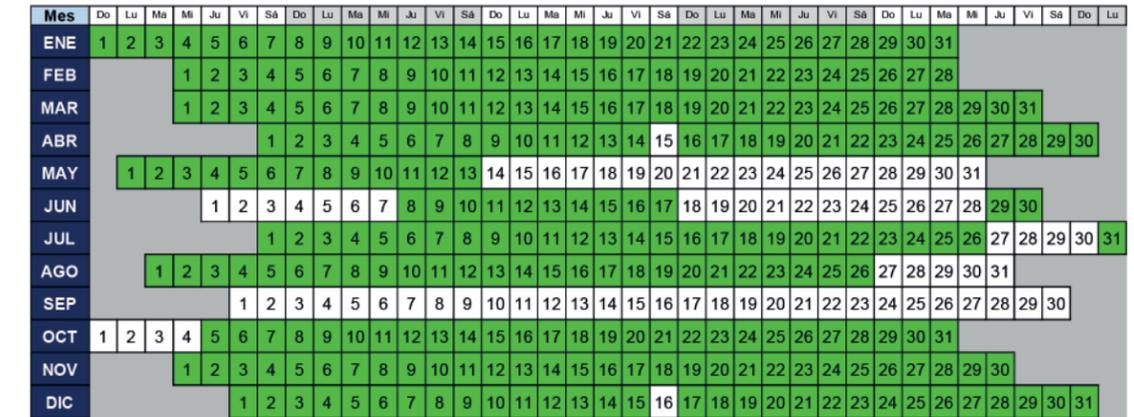


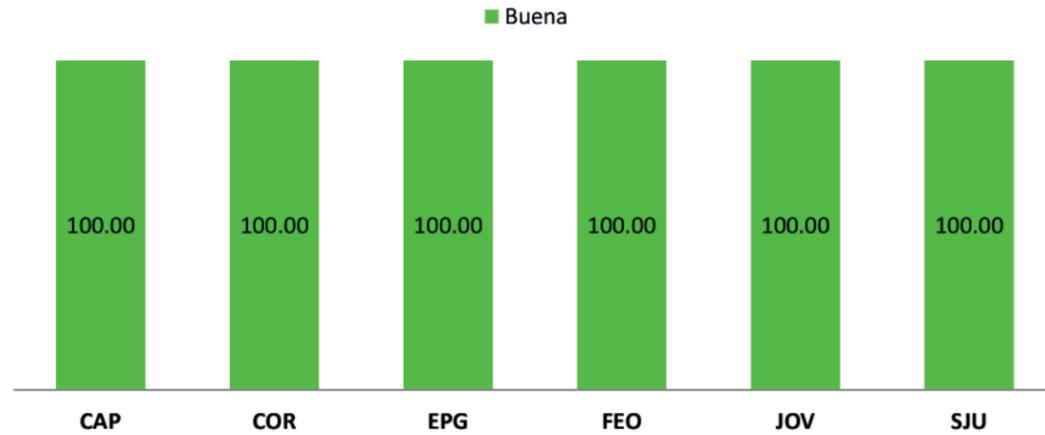
Imagen 15. Calendario de NO<sub>2</sub> en SJR, 2023.

En la Tabla 21 se muestra que en ZMQ todo el año se tuvo buena calidad del aire y en SJR también, aunque para este contaminante se tuvieron varios días con el analizador en mantenimiento por lo que no se registraron datos.

Tabla 21. Días y condición de calidad del aire por NO<sub>2</sub>. SMCAQ, 2023.

Calidad de aire	ZMQ	SJR
Buena	365	284
Sin dato	-	81
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>365</b>

En la Gráfica 34 se muestra el porcentaje de horas y la condición de calidad del aire que se registró en 2023, observando que en todas las estaciones se tuvo buena calidad del aire por NO<sub>2</sub>.



Gráfica 34. Porcentaje de horas con calidad de aire de NO<sub>2</sub> por estación, 2023.

Con ello se concluye que el NO<sub>2</sub> se mantuvo en buena calidad durante todo el año.

### VIII.2 Monóxido de carbono (CO)

El CO es un contaminante que se mantiene en concentraciones bajas durante todo el tiempo, incluso en eventos de acumulación de contaminación. Esto se aprecia, en primer punto en los calendarios por ciudad (Gráficos 37 y 38), donde se permaneció en buena calidad todo el año.

Mes	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu							
ENE	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						
FEB				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						
MAR				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			
ABR							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	
MAY				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			
JUN					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			
JUL							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
AGO				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			
SEP							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	
OCT	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						
NOV				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				
DIC							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

Imagen 16. Calendario de CO en la ZMQ, 2023.

Mes	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sá	Do	Lu							
ENE	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						
FEB				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						
MAR				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			
ABR							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	
MAY				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			
JUN					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			
JUL							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
AGO				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			
SEP							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	
OCT	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						
NOV				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				
DIC							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

Imagen 17. Calendario de CO en SJR, 2023.

En la Tabla 22 se muestra que en ZMQ todo el año se tuvo buena calidad del aire y en SJR también, aunque para este contaminante se tuvieron días con el analizador en mantenimiento por lo que no se registraron datos.

Tabla 22. Días y condición de calidad del aire por CO. SMCAQ, 2023.

Calidad de aire	ZMQ	SJR
Buena	365	346
Sin dato	-	19
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>365</b>

La Gráfica 35 muestra el porcentaje de horas y la condición de calidad del aire que se registró en 2023, en todas las estaciones se tuvo buena calidad del aire por CO.



Gráfica 35. Porcentaje de horas por calidad de aire de CO por estación del SMCAQ, 2023.

Con ello se concluye que el CO se mantuvo en niveles buenos para la población durante todo el año 2023.

### VIII.3 Ozono (O<sub>3</sub>)

En las Imágenes 18 y 19 se muestra el calendario anual 2023 con el comportamiento diario de Ozono, observando que para la ZMQ el mayor porcentaje fue de días con calidad del aire aceptable, seguido de días con mala calidad del aire y pocos días con buena calidad de aire, incluso hubo un día en el mes de agosto donde se registró muy mala calidad del aire. Para SJR se tuvieron más días con buena calidad del aire y un porcentaje más pequeño con calidad del aire aceptable y ningún día con mala calidad del aire.



Imagen 18. Calendario de O<sub>3</sub> en la ZMQ, 2023.



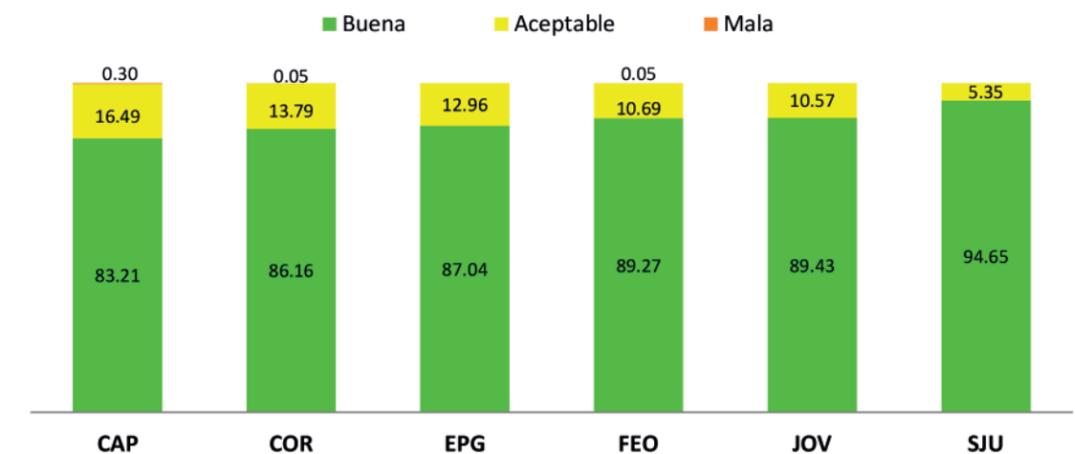
Imagen 19. Calendario de O<sub>3</sub> en SJR, 2023.

En la Tabla 23 se muestra el número de días y su condición de calidad del aire para ZMQ y SJR. Observando que en ZMQ la mayor cantidad de días al año se reportaron con calidad de aire aceptable, reportando días con mala y muy mala calidad del aire.

Tabla 23. Días y condición de calidad de aire para O<sub>3</sub>. SMCAQ, 2023.

Calidad de aire	ZMQ	SJR
Buena	95	253
Aceptable	227	110
Mala	42	-
Muy mala	1	-
Sin dato	-	2
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>365</b>

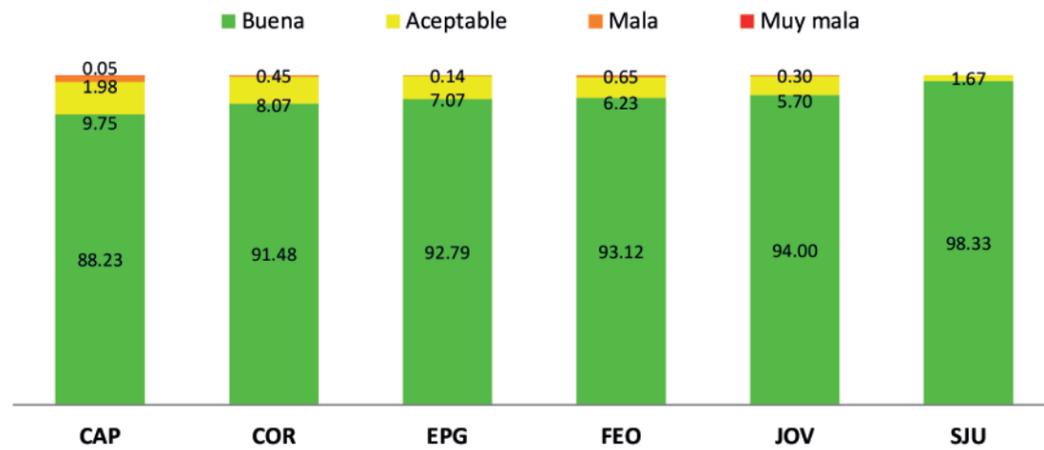
En la Gráficas 36 se muestrean los porcentajes de horas y su condición de calidad de aire para ozono en promedio horario, observando que en ZMQ se mantuvo entre el 83 y 89 % de días con buena calidad del aire, el 11% de horas con calidad del aire aceptable y 17% de horas con mala calidad del aire En la SJR el 95% de horas se tuvo buena calidad del aire y solo el 5% en aceptable.



Gráfica 36. Porcentaje de horas por calidad de aire de O<sub>3</sub> (horario) por estación del SMCAQ, 2023.

En cuanto al promedio móvil de 8 horas (Gráfica 37), se aprecia que más del 88 % de las horas estuvieron con buena calidad del aire, entre el 6 y 10 % de horas en calidad del aire

aceptable y entre en 0.1 y 2.0 % con mala calidad del aire. En SJR más del 98% de horas se tuvo buena calidad del aire, solo el 1.7 % de horas en calidad del aire aceptable.



Gráfica 37. Porcentaje de horas por calidad de aire de O<sub>3</sub> (móvil de 8 horas) por estación del SMCAQ, 2023.

Por lo anterior, el ozono es un contaminante que requiere atención principalmente en ZMQ dado que se registraron día con mala calidad del aire.

#### VIII.4 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

El calendario anual 2023 con el comportamiento diario de SO<sub>2</sub> se muestra en las Imágenes 20 y 21, observando que para la ZMQ el mayor porcentaje fue de días con calidad del aire buena y algunos días con calidad del aire aceptable. Para SJR se tuvieron más días con buena calidad del aire y un porcentaje más pequeño con calidad del aire aceptable.

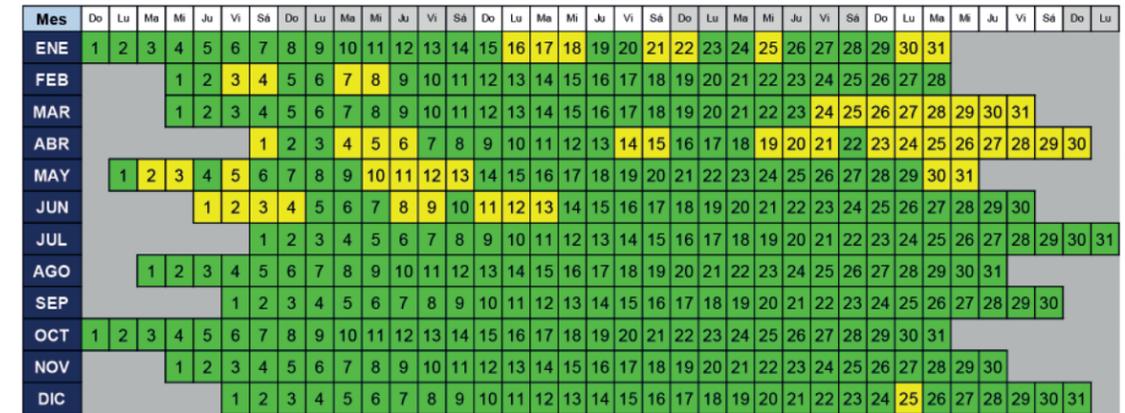


Imagen 20. Calendario de SO<sub>2</sub> en la ZMQ, 2023.

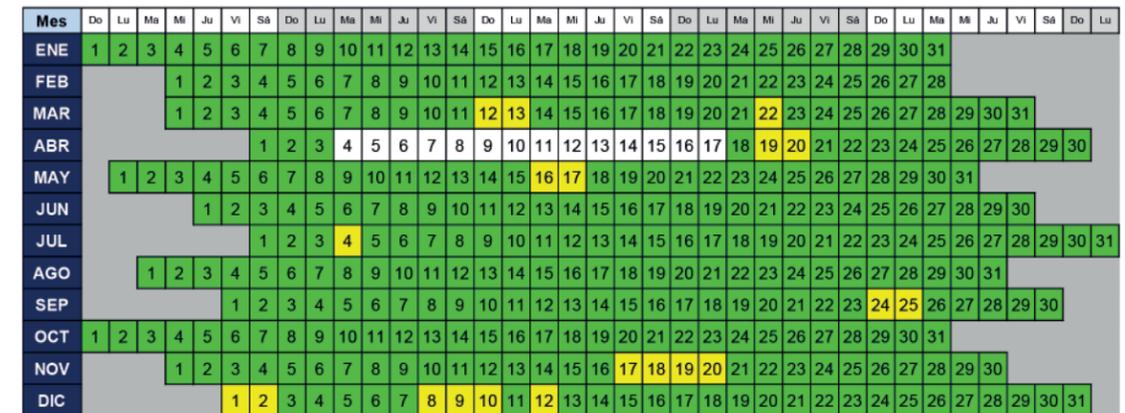


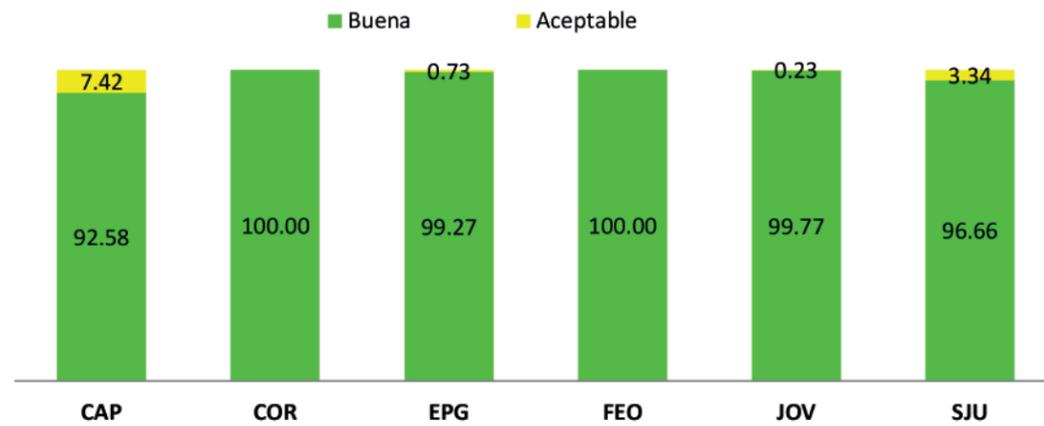
Imagen 21. Calendario de SO<sub>2</sub> en SJR, 2023.

El número de días y su condición de calidad del aire para ZMQ y SJR respecto a SO<sub>2</sub> se muestra en la Tabla 24, donde se observa que en ambas zonas la mayor cantidad de días al año fueron con calidad de aire buena, reportando a su vez, días con calidad del aire aceptable.

Tabla 24. Días y condición de calidad de aire para SO<sub>2</sub>. SMCAQ, 2023.

Calidad de aire	ZMQ	SJR
Buena	309	332
Aceptable	56	19
Sin dato	-	14
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>365</b>

En cuanto al porcentaje de horas por estación y la condición de calidad del aire por SO<sub>2</sub> se muestra en la Gráfica 38, en donde se puede observar que más del 90% de horas se tuvo calidad del aire buena en todas las estaciones, la estación CAP fue la que tuvo el mayor porcentaje de horas con calidad del aire aceptable (7%), seguida de SJR con 3.34%.



Gráfica 38. Porcentaje de horas por calidad de aire de SO<sub>2</sub> por estación del SMCAQ, 2023.

Por lo que 2023 en general el SO<sub>2</sub> tuvo una buena calidad del aire.

### VIII.5 Partículas suspendidas menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>).

La evaluación de las partículas PM<sub>2.5</sub> en cuanto a índice ICARS, se muestra en las Imágenes 22 y 23 en las que se aprecia el comportamiento diario, observando que para la ZMQ los primeros seis meses solo 14 días se tuvo buena calidad del aire, 130 días con calidad del aire aceptable, 37 días con mala calidad del aire y un día con extremadamente mala calidad del aire y los últimos seis meses solo se registraron 3 días con mala calidad del aire y 2 días con muy mala calidad del aire, sin embargo hubo más días con calidad del aire buena. En cuanto a SJR, fueron los primeros cinco meses del año en los que se tuvo 42 días con mala calidad del aire y los últimos siete meses tuvo en general buena calidad del aire.

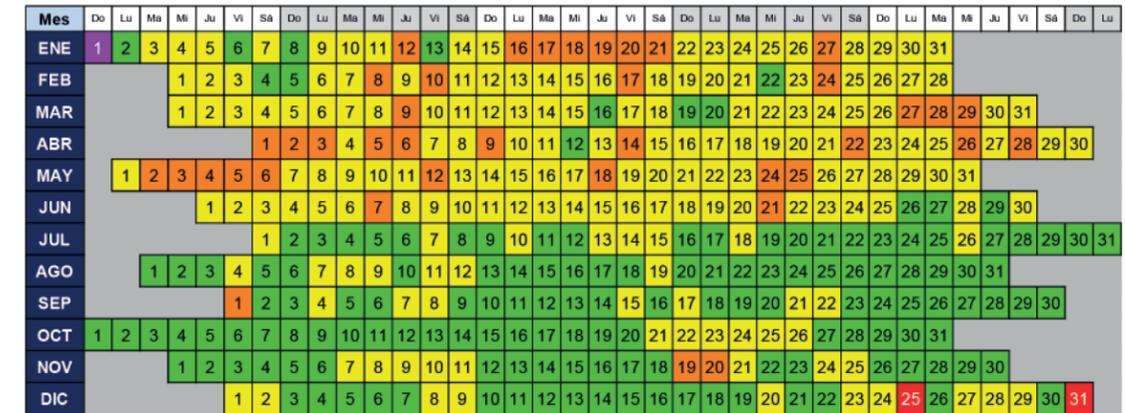


Imagen 22. Calendario de PM<sub>2.5</sub> en la ZMQ, 2023.

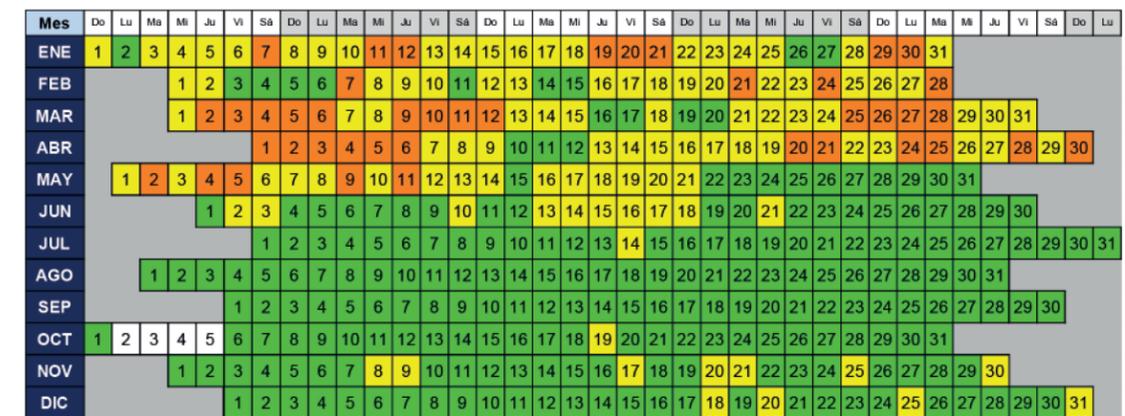


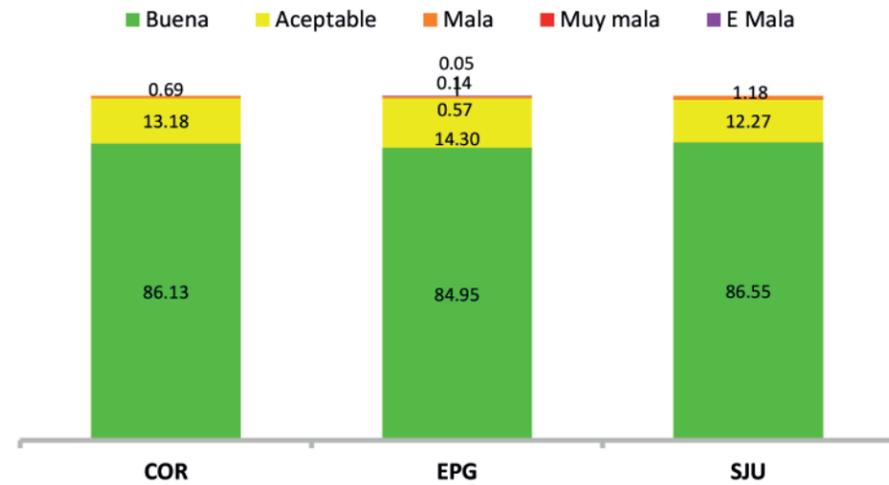
Imagen 23. Calendario de PM<sub>2.5</sub> en SJR, 2023.

En la tabla 25, se muestran el número de días y su condición de calidad del aire para ZMQ y SJR respecto a PM<sub>2.5</sub>, ambas zonas presentaron días con mala calidad del aire y la ZMQ tuvo 2 días con muy mala calidad del aire y uno con extremadamente mala.

Tabla 25. Días y condición de calidad de aire para PM<sub>2.5</sub>. SMCAQ, 2023.

Calidad de aire	ZMQ	SJR
Buena	147	214
Aceptable	175	105
Mala	40	42
Muy mala	2	-
E. mala	1	-
Sin dato	-	4
<b>Total</b>	<b>365</b>	<b>365</b>

En cuanto al porcentaje de horas, como se observa en la Gráfica 39, la estación de EPG alcanzó calidad del aire extremadamente mala el día 1 de enero durante las primeras horas siendo la única estación que alcanzó la condición de mala y muy mala calidad del aire.



	COR	EPG	SJU
Buena	86.13	84.95	86.55
Aceptable	13.18	14.30	12.27
Mala	0.69	0.57	1.18
Muy mala	-	0.14	-
E Mala	-	0.05	-

Gráfica 39. Porcentaje de horas por calidad de aire de PM<sub>2.5</sub> por estación del SMCAQ, 2023.

Las partículas menores a 2.5 micras registraron solo el 40 % de los días del año con buena calidad del aire en ZMQ y SJR el 60% de días con buena calidad del aire.

### VIII.6 Partículas suspendidas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>).

En cuanto a las partículas PM<sub>10</sub> durante el año 2023, los primeros seis meses únicamente 10 días se tuvo calidad del aire buena durante todo el día y 40 días de calidad del aire aceptable y los demás con mala calidad del aire o superior. Imagen 24.



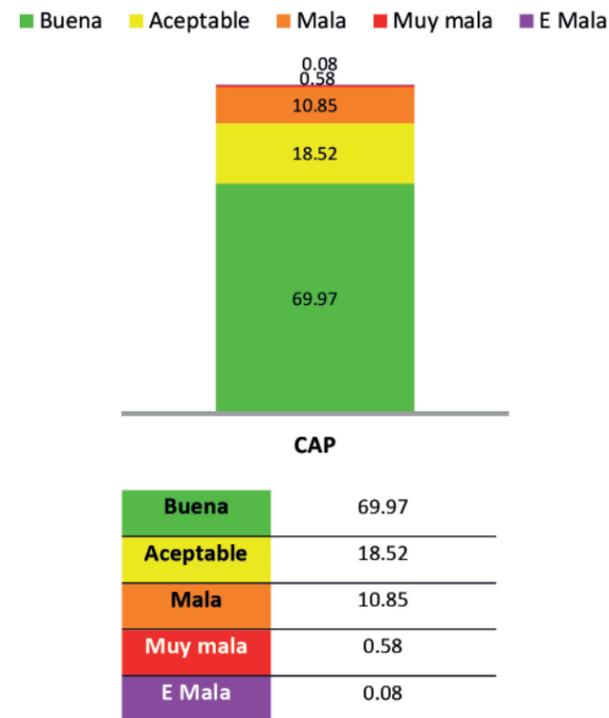
Imagen 24. Calendario de PM<sub>10</sub> en la ZMQ, 2023.

En cuanto el resumen anual sobre días y condición de la calidad del aire, como se observa en la tabla 26, durante el 2023 solo el 31% de los días se tuvo buena calidad del aire, 26% de días aceptable, 36% de los días se tuvo mala calidad del aire, 6% muy mala y 1% extremadamente mala.

Tabla 26. Días y condición de calidad de aire para PM<sub>10</sub>. SMCAQ, 2023.

Calidad de aire	CAP
Buena	114
Aceptable	94
Mala	131
Muy mala	22
E. mala	3
Sin dato	1
<b>Total</b>	<b>365</b>

Respecto al porcentaje de horas y la condición de calidad del aire de PM<sub>10</sub>, como se observa en la Gráfica 40 el 69.97% de horas se tuvo buena calidad del aire durante el 2023, 18.52% de hora en calidad del aire aceptable, 10.85% de horas con mala calidad del aire, 0.58% de horas con muy mala calidad del aire y el 0.08% de horas con calidad del aire extremadamente mala.



Gráfica 40. Porcentaje de horas por calidad de aire debida a PM<sub>10</sub>, estación CAP, 2023.

Por lo anterior, las partículas PM<sub>10</sub> son las que presentaron la mayor cantidad de días y horas con mala calidad del aire o superior durante 2023.

### VIII.7 Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud (ICARS) por estación.

A continuación, se presentan los calendarios por estación y la condición por día de la calidad del aire, considerando el comportamiento de todos los contaminantes medidos en cada una. Es importante comentar que la condición del día la determina la condición más alta presentada aún y cuando solo se haya presentado una hora en el día. Por ejemplo, una hora de calidad del aire muy mala en cualquier contaminante, es suficiente si en ese día solo una hora presento esta condición de muy mala, para que todo el día se determine en esa condición, aún y cuando las demás horas hayan sido con buena calidad de aire.



Imagen 25. Calendario general ICARS. Estación CAP, 2023.



Imagen 26. Calendario general ICARS. Estación COR, 2023.



Imagen 28. Calendario general ICARS. Estación FEO, 2023.



Imagen 27. Calendario general ICARS. Estación EPG, 2023.



Imagen 29. Calendario general ICARS. Estación JOV, 2023.



Imagen 30. Calendario general ICARS. Estación SJU, 2023.

## IX. Meteorología

En este apartado se presenta el análisis de los parámetros meteorológicos medidos en las estaciones de ZMQ en 2023: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento, radiación solar e índice UV y precipitación pluvial.

### IX.1 Temperatura

En la Tabla 27, se muestra el análisis de la temperatura, observando que los meses de marzo a septiembre fueron la época más calurosa del año con temperaturas promedio superiores a 21 °C, destacando el mes de junio con una temperatura media de casi 26°C y una máxima de 36.3°C. Por otro lado, el mes más frío fue diciembre con una temperatura media de 14.7°C. La temperatura mínima del año registrada fue 2.9°C en el mes de enero.

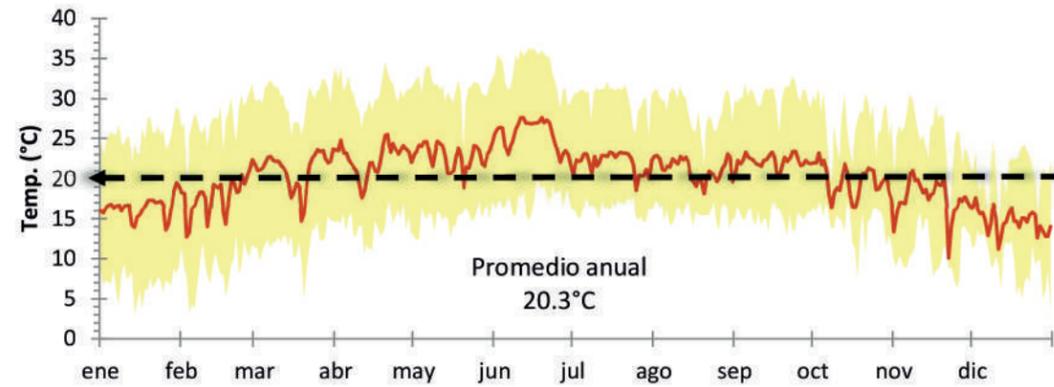
Tabla 27. Resumen mensual de temperatura. ZMQ, 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Máximo absoluto	28.9	31.8	32.5	34.5	34.1	36.3	32.1	31.5	32.7	31.3	30.4	24.6	36.3
Media máxima	25.3	27.1	29.9	30.8	31.2	33.7	30.1	28.6	30.3	26.8	25.0	20.8	28.3
Media	16.4	17.9	21.2	22.5	22.9	25.5	22.1	21.2	22.2	19.7	17.6	14.7	20.3
Media mínima	6.9	8.7	11.9	14.2	15.1	17.4	16.3	15.7	15.2	14.5	10.8	9.4	13.0
Mínimo absoluto	2.9	3.2	4.9	10.6	12.3	14.8	14.5	13.5	12.8	7.5	6.3	3.7	2.9

Escala (°C)

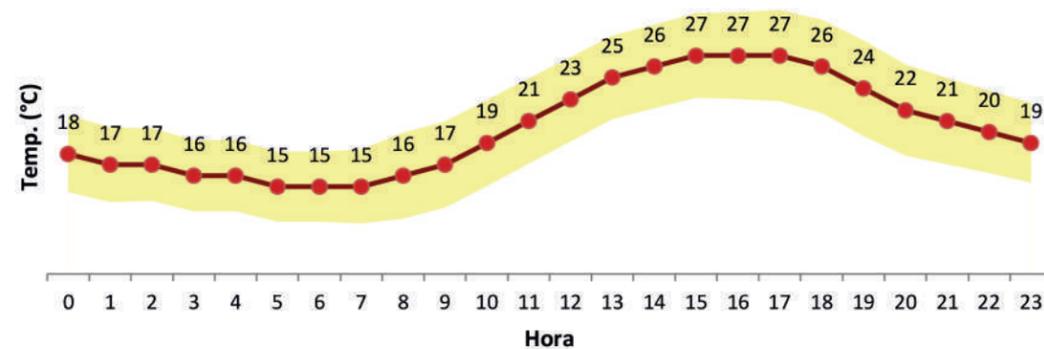
<0.0	0.0-6.0	6.1-10.0	10.1-14.0	14.1-18.0	18.1-21.0	21.1-24.0	24.1-28.0	28.1-32.0	32.1-36.0	36.1-40.0	>40.0
------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------

En cuanto a la temperatura media diaria, en la Gráfica 47, se observa el comportamiento de todo 2023, siendo el promedio anual de 20.3°C, que comparado con 2022 se observa un aumento de 0.6°C.



Gráfica 41. Promedio, máximo y mínimo diario de temperatura. ZMQ, 2023.

El perfil de temperatura por hora muestra que las temperaturas mínimas promedio se presentaron entre las 5:00 y las 7:00 horas con 15°C, las máximas promedio entre las 15:00 y las 17:00 horas con 27°C. Gráfica 42.



Gráfica 42. Promedio por hora de temperatura. ZMQ, 2023.

### IX.2 Humedad relativa

Como se puede observar en la Tabla 28, la humedad relativa aumentó y se mantuvo en el segundo semestre del año, el primer semestre fue muy seco, con promedios debajo de 50%, aumentando drásticamente a partir de julio, donde se mantuvo encima de 60%, alcanzando el máximo en diciembre con 70%, mes que se mantuvo con precipitaciones, nubosidad y neblina.

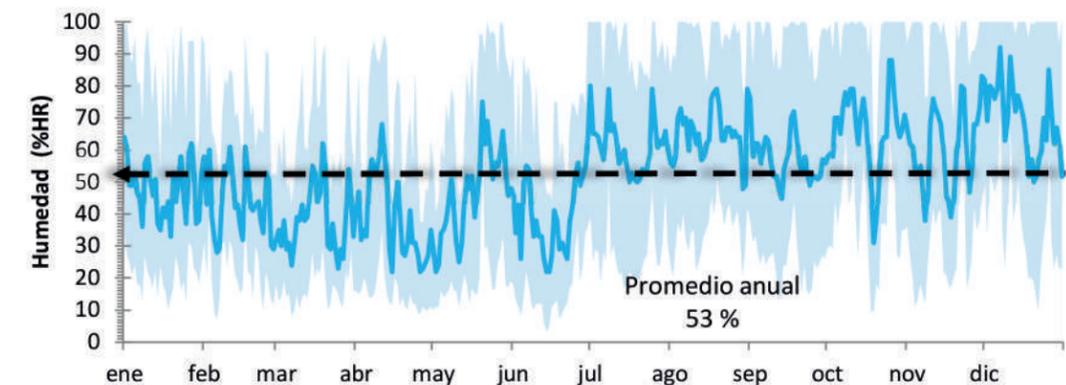
Tabla 28. Resumen mensual de humedad relativa. ZMQ, 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Máximo absoluto	100	95	96	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media máxima	83	72	64	67	76	69	92	95	95	95	94	99	84
Media	48	44	38	39	46	39	61	65	57	66	60	70	53
Media mínima	21	21	17	15	19	15	28	35	25	38	29	36	25
Mínimo absoluto	10	7	8	9	10	3	17	20	13	9	11	10	3

Escala (%HR)

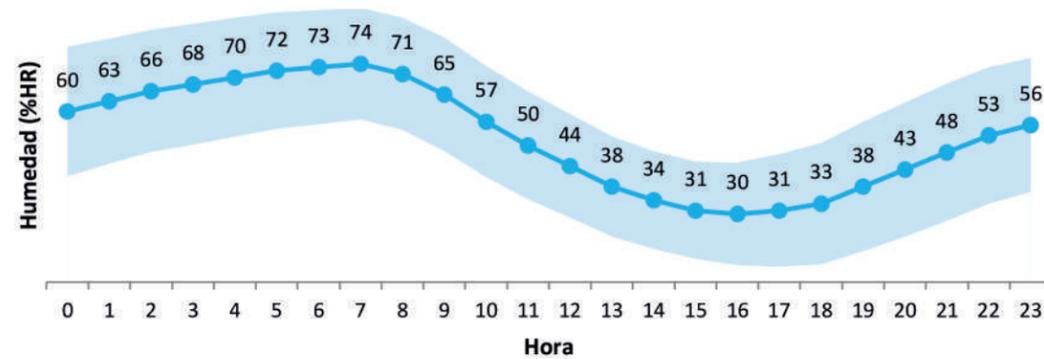
0 - 10   11 - 20   21 - 30   31 - 40   41 - 50   51 - 60   61 - 70   71 - 80   81 - 90   91 - 100

Respecto al promedio, máximo y mínimo diario, en la Gráfica 60 se observa que la humedad estuvo por debajo del promedio anual durante todo el primer semestre salvo puntuales excepciones. Iniciando julio, cambio la tendencia radicalmente, estando ahora por encima del promedio anual prácticamente durante todo el tiempo a excepción de puntuales excepciones. El promedio anual de humedad relativa fue de 53%.



Gráfica 43. Promedio, máximo y mínimo diario de humedad relativa. ZMQ, 2023.

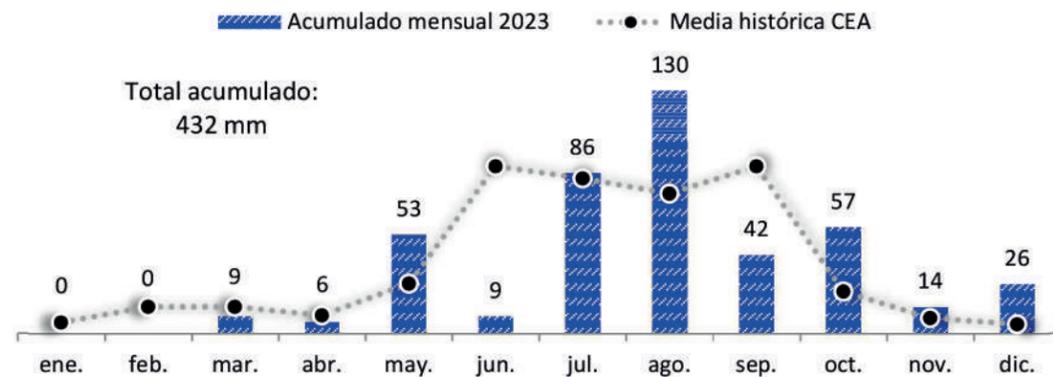
Finalmente, la humedad relativa en cada hora del año se muestra en la Gráfica 16, se observa que entre las 4:00 y 8:00 horas se presentó el mayor promedio estando por encima del 70% y entre las 14:00 y 18:00 horas fueron los menores promedios estando por debajo del 35% en promedio. Gráfica 61.



Gráfica 44. Promedio por hora de humedad relativa. ZMQ, 2023.

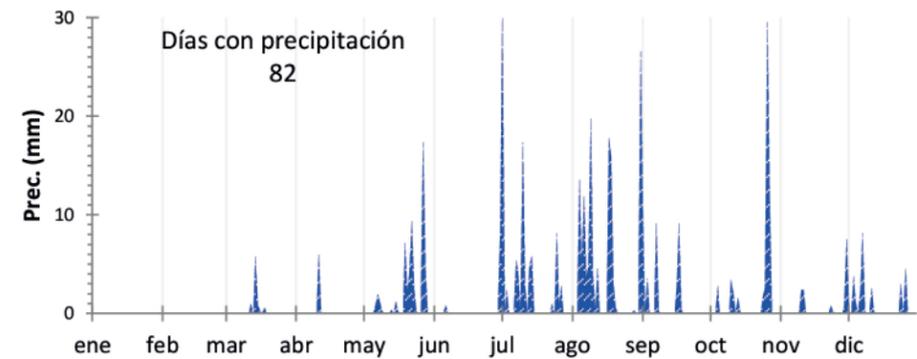
### IX.3 Precipitación pluvial

Respecto a la precipitación pluvial acumulada mensual como se observa en la Gráfica 45, el acumulado anual fue de 432 mm, sin embargo, los meses de mayo, agosto, octubre, noviembre y diciembre estuvo encima de la media histórica, aunque los otros meses estuvieron por debajo la media.



Gráfica 45. Acumulado mensual de precipitación pluvial. ZMQ, año 2023.

Respecto a los días de lluvia, se contabilizaron 82 días en los que se presentó precipitación, siendo enero y febrero los meses con menos días, mientras que mayo y agosto fueron los de mayor cantidad con 15 días registrados. La mayor precipitación acumulada en un día fue registrada el 1 de julio con 30 mm. Gráfica 46.



Gráfica 46. Acumulado diario de precipitación pluvial, 2023.

### IX.4 Radiación solar

El resumen mensual presentado en la Tabla 29, no incluye los mínimos debido a que la radiación solar mínima alcanzada todos los días es cero cuando no hay luz solar, por lo que se consideró no incluirla. En cuanto a la información obtenida, se observa que entre marzo y septiembre fueron los meses que mayor cantidad de radiación registraron, al estar por encima de 240 W/m<sup>2</sup> en promedio, alcanzando el máximo en junio con un promedio mensual de 265 W/m<sup>2</sup>. El máximo registrado fue en agosto con 985 W/m<sup>2</sup>. El mínimo fueron los meses de noviembre y diciembre.

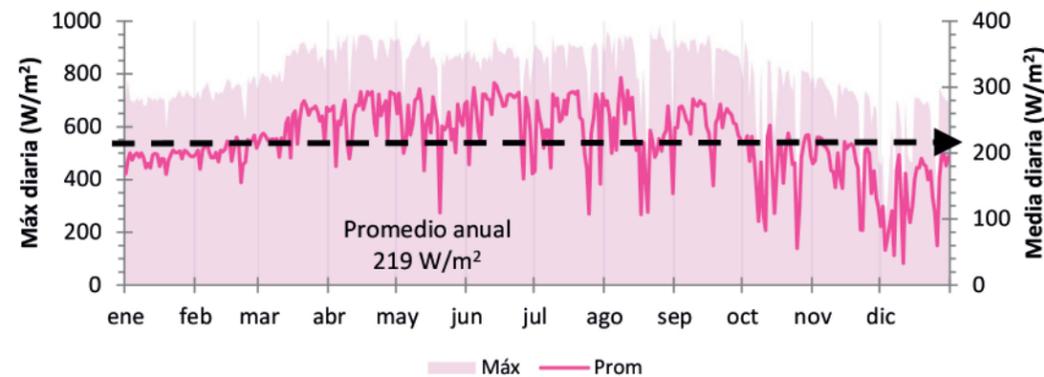
Tabla 29. Resumen mensual de radiación solar. ZMQ, 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Máximo absoluto	775	794	923	951	955	938	941	985	950	926	794	749	985
Media máxima	706	739	846	906	859	857	870	863	893	720	697	562	793
Media	193	203	240	261	245	265	247	227	249	182	181	137	219

		Escala (W/m <sup>2</sup> )						
Media	<18	180 -	201 -	221 -	241 -	261 -	>280	
	0	200	220	240	260	280		
Máximos	<70	700 -	801 -	841 -	881 -	920 -	>960	
	0	800	840	880	920	960		

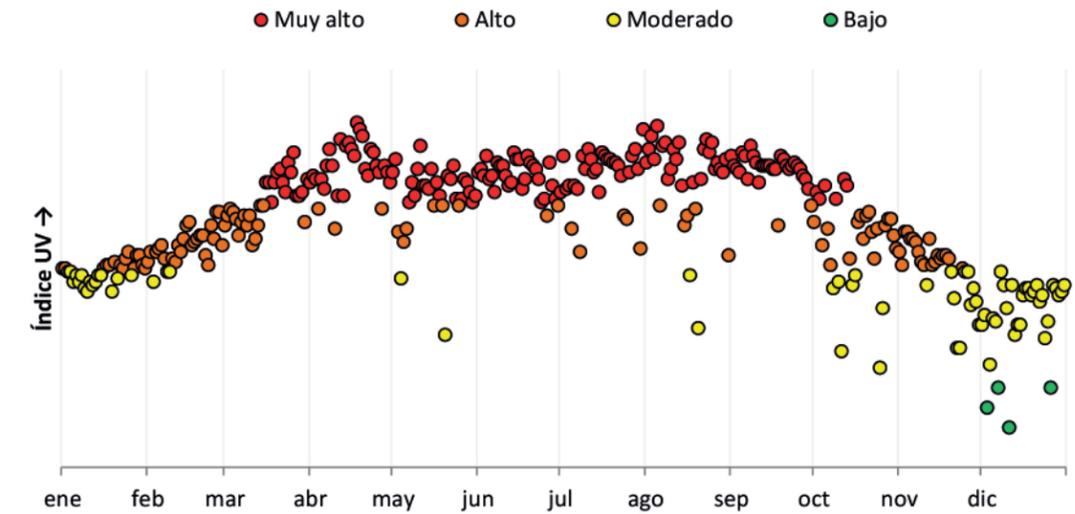
En cuanto al promedio máximo diario de radiación solar, como puede observarse en la Gráfica 47, a partir de la segunda quincena de marzo se reportaron datos arriba del promedio anual, aunque algunos días bajo por la nubosidad. En el mes de octubre disminuyó la radiación solar por debajo del promedio anual, manteniéndose por debajo del resto del año 2023.



Gráfica 47. Promedio y máximo diario de radiación solar. ZMQ, 2023.

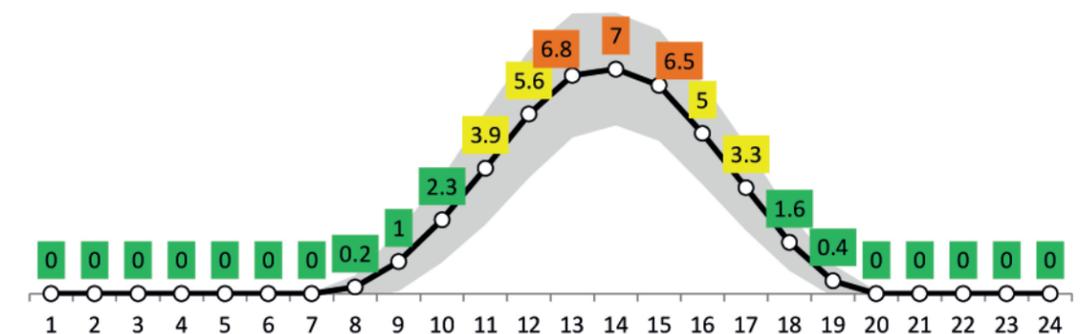
### IX.5 Índice UV

El cálculo del índice UV durante el año 2023 en la ZMQ se observa en la Gráfica 48, en donde se aprecia el máximo valor alcanzado por día, donde predomina el índice UV muy alto, especialmente entre los meses de marzo hasta principios de octubre. Durante enero y febrero fue mayoritario un valor alto de índice UV mientras que los meses finales (noviembre y diciembre) contaron con valores muy bajos.



Gráfica 48. Máximo diario del índice UV. ZMQ, 2023.

Respecto al perfil horario anual del índice UV, se aprecia en la Gráfica 49 que entre las 13:00 y 15:00 horas en promedio se alcanzó un índice alto incluso manteniéndose en muy alto en varios días especialmente entre las 13:00 y 14:00 horas. Los períodos de 11:00 a 12:00 horas y de 16:00 a 17:00 horas, estuvieron en moderado, con días de valores altos.



Gráfica 49. Perfil horario del índice UV. ZMQ, 2023.

## IX.6 Viento

El comportamiento del viento durante 2023, se muestra a través de rosas de viento por estación, en el Mapa 4, analizando las rosas de cada estación en orden norte – sur, se puede observar las siguientes tendencias:

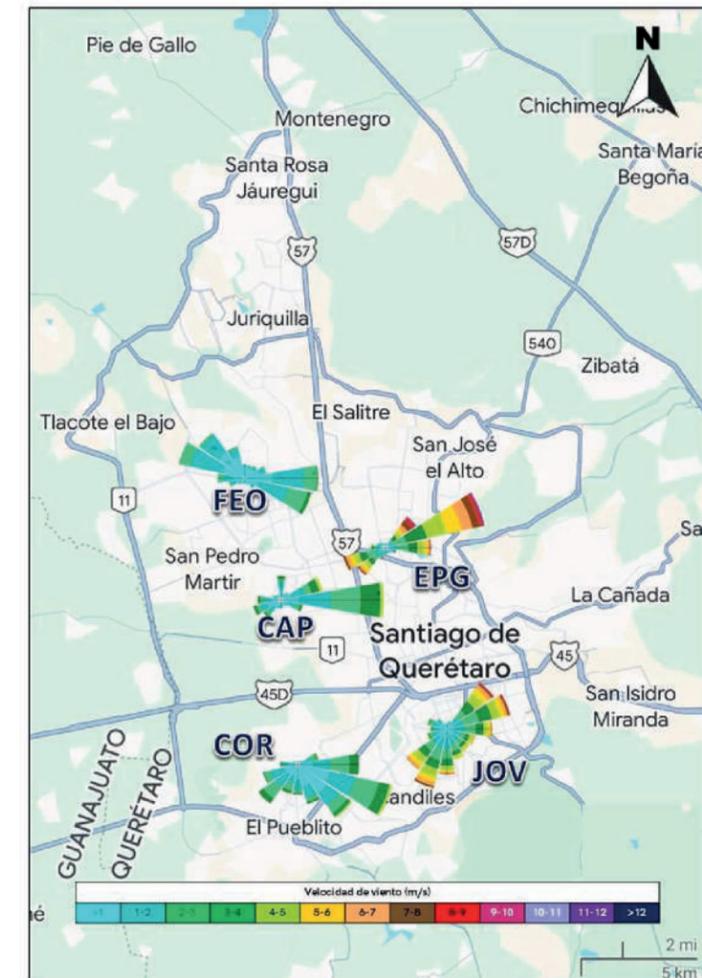
En el caso de la estación FEO, los vientos provinieron mayormente de dos direcciones: 1) noroeste, con direcciones aproximadamente de un 35% del tiempo (más marcado en invierno y primavera) y 2) este – sureste, con 35% del tiempo aproximado (mayormente en verano y otoño). En cuanto a la velocidad, se mantuvieron mayormente entre los 1 y 2 m/s, con máximos de 5 m/s.

La estación EPG, por otro lado, fue la estación que alcanzó mayores velocidades promedio con máximas de hasta 12 m/s. Se mantuvo en velocidades de 3 a 5 m/s. Su dirección dominante provino desde el este – noreste, donde cerca del 60% de los vientos apuntaron desde esa dirección, con una minoría importante de alrededor del 25% de vientos desde el suroeste (más marcado en primavera e invierno).

La estación CAP, presentó una marcada dominancia de vientos del este, con cerca de un 60% del viento desde esta dirección con minorías de viento del suroeste (más marcado en invierno y primavera) y del norte (más marcado en otoño e invierno). Las velocidades promedio máximas fueron de 6 m/s estando la mayor parte del tiempo con vientos de entre 1 a 4 m/s.

En la estación JOV se presentan dos direcciones: 1) este – noreste con cerca del 35% del tiempo (más marcado en verano y otoño) y 2) sur – suroeste con aproximadamente el 30% (más dominante en primavera). Las velocidades máximas fueron de 10 m/s con el promedio estando entre 2 y 5 m/s.

En cuanto a la estación COR, se mostró dominancia de viento desde el este – sureste con aproximadamente 55% del viento desde esta dirección (más marcada la tendencia en las estaciones de verano y otoño) con una minoría importante de vientos del suroeste (aproximadamente 25%, principalmente en primavera). Las velocidades promedio fueron de entre 1 y 3 m/s con máximas de 6 m/s.



Mapa 4. Rosas de viento por estación. ZMQ, 2023.

## X. Conclusiones

El comportamiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro (SMCAQ) durante 2023, nos muestra que los porcentajes de datos válidos estuvieron encima del 95 % en total, por encima del 85 % del objetivo estipulado en el Sistema de Calidad y muy por encima de lo requerido en la normatividad vigente del 75%; manteniendo el porcentaje de datos válidos en cada estación encima del 90 %, reportando hora con hora durante los 365 del año para mantener a la población informada sobre el comportamiento de la calidad de aire.

En cuanto al cumplimiento normativo en materia de salud ambiental, en 2023, los contaminantes que rebasaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en sus respectivas Normas Oficiales Mexicanas fueron el ozono (O<sub>3</sub>), partículas menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>) y partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>). El ozono supero el LMP en ZMQ, en promedio horario y en móvil de 8 horas en todas las estaciones; las PM<sub>2.5</sub> superaron el LMP solo en el promedio anual en las tres estaciones que se monitorea (COR, EPG y SJU); las PM<sub>10</sub>, medidas en la estación CAP superaron el LMP en el promedio anual y el promedio de 24 horas.

En cuanto al Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud (ICARS), establecido en la NOM-172-SEMARNAT-2019, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO) se mantuvieron en una buena calidad del aire en todas las estaciones durante todo el año. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) algunos días registró calidad del aire aceptable (56 en ZMQ y 19 en SJR), con 7 % de las horas del año en la ZMQ y 3 % en SJR. El ozono en la ZMQ registró 42 días de mala calidad de aire y uno más con muy mala calidad del aire (2 % de horas totales del año) y entre 10 y 16 % de días con calidad del aire aceptable (227 días en total) en la ZMQ y 5 % en la ciudad de SJR (110 días). Las partículas PM<sub>2.5</sub> en ZMQ registro 3 días en calidad del aire mala o mayor (0.7 % de horas del año) y 43 días de calidad del aire mala en SJR (1.2 %), con 175 días de calidad del aire aceptable (14 % de horas) en la ZMQ y 105 en SJR (12 % de las horas). Finalmente, las partículas PM<sub>10</sub> en la estación CAP registró un total de 156 días en mala calidad del aire o inferior (12 % de las horas del año) y 94 días de calidad del aire aceptable (19 % de horas).

La temperatura promedio fue de 20.3°C, siendo junio el mes más caluroso y diciembre el más frío. La máxima temperatura registrada fue 36.3°C en junio mientras la mínima fue de 2.9°C en enero.

La humedad relativa media fue 53%, diciembre fue el mes más húmedo y marzo el más seco, en total 82 días se tuvo precipitación, observando un ligero descenso respecto al año anterior pasando de 441 mm a 432.

Respecto a la radiación solar el promedio anual fue de 219 W/m<sup>2</sup>, junio fue el mes con una mayor radicación solar promedio y diciembre tuvo el menor valor. El máximo horario fue registrado en agosto.

En el índice UV los máximos alcanzados fueron de índice muy alto entre marzo y septiembre con algunos días de moderado y alto. Observando que entre las 12:00 y 15:00 horas se tuvo el mayor índice promedio.

En cuanto a la dirección de viento en ZMQ durante 2023, se observa un viento dominante desde el este, la estación EPG registro las mayores velocidades promedio de viento y FEO la de menores.



## Referencias

- Comisión Ambiental de la Megalópolis. (2020). Índice Aire y Salud: Características y Aplicación. Documento informativo. En Gobierno de México (N.o V3). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Dedios, J. M. N. (2017). Niveles de radiación ultravioleta, fenotipos e infraestructura de protección solar en instituciones educativas de Piura, Perú. Revista Colombiana de Enfermería, 15, 40-49.
- Diario Oficial de la Federación 16/07/2012. Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.
- Diario Oficial de la Federación 20/08/2019. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- Diario Oficial de la Federación 20/11/2019. Norma Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud.
- Diario Oficial de la Federación 27/10/2021. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- Diario Oficial de la Federación 27/10/2021. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- Diario Oficial de la Federación 28/10/2021. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O<sub>3</sub>). Valores normados para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- Diario Oficial de la Federación 29/10/2021. Norma Oficial Mexicana 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.

- INEGI, 2020. Censo de Población y Vivienda 2020.
- Organización Mundial de la Salud, Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, & Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. (2003). INDICE UV SOLAR MUNDIAL: Guía práctica (1.a ed.)
- Salas-Rodríguez, D. (2023). Índice Complejo de Gestión de la Calidad del Aire y Sostenibilidad. Investigación Administrativa, 52-1, 1-16.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2023. Inventario de Emisiones Criterio del estado de Querétaro, 2021.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2023. Querétaro Competitivo. Anuario Económico 2022.
- World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines (1.a ed.) [Digital]. WHO European Centre for Environment and Health.



SECRETARÍA DE  
DESARROLLO  
SUSTENTABLE



QUERÉTARO

GOBIERNO DEL ESTADO

Avanza Querétaro

# CONTIGÓ

TODOS AVANZAMOS

## INFORME DE ESTADO Y TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE QUERÉTARO AÑO 2023



"Este programa es público, ajeno a cualquier partido político.  
Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa".