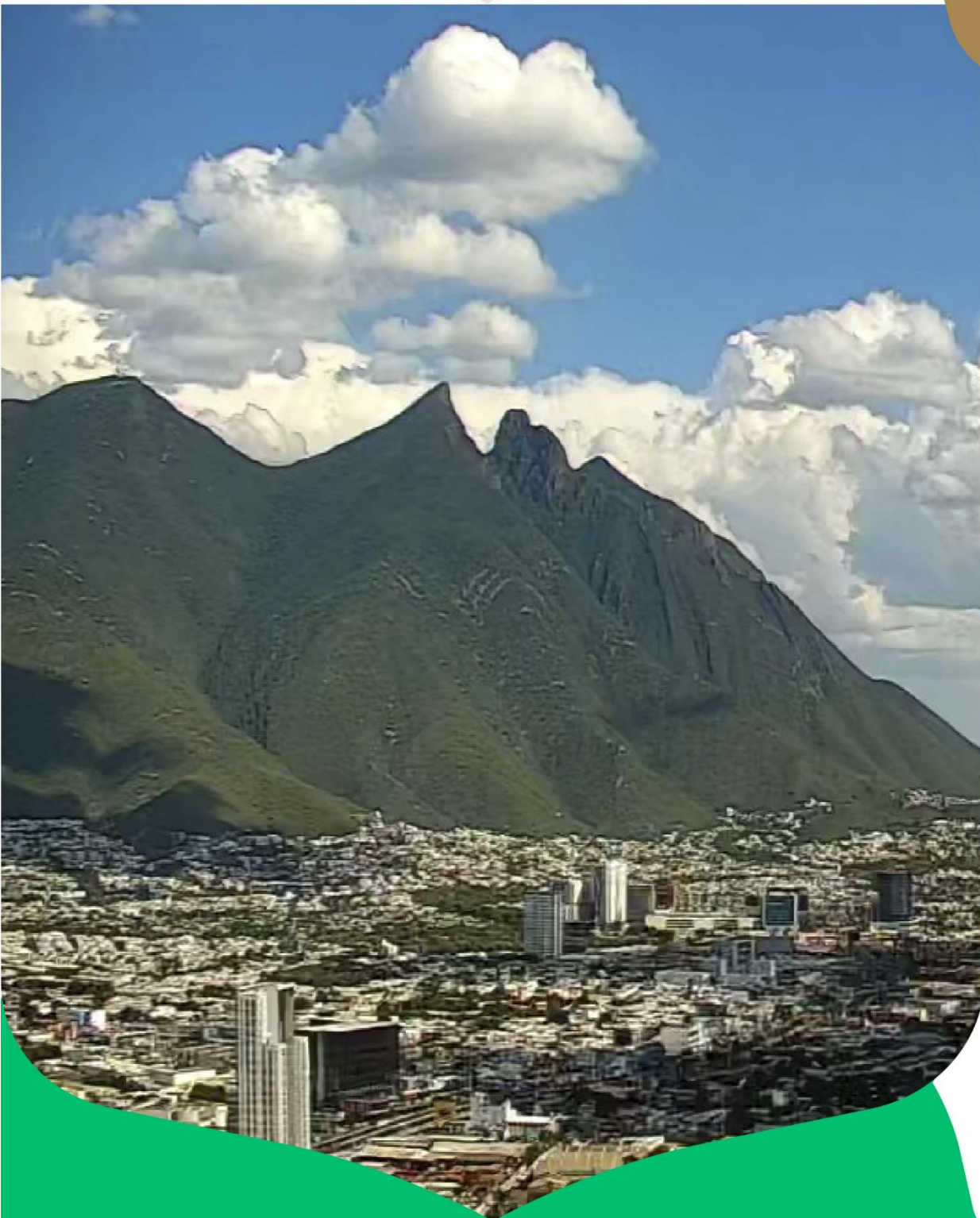


Reporte Meteorológico y de la **Calidad del Aire**

Zona Metropolitana de Monterrey

Julio 2023



EL GOBIERNO DEL
NUEVO
NUEVO LEÓN



Elaboración

LF José Heriberto Vélez Garza

Coordinador de Modelación y Pronósticos de la Calidad del Aire

LDGP Marisol Domínguez González

Analista de Calidad del Aire

Directorio

MC Félix Guadalupe Arriata Cruz

Secretario de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Nuevo León

IQ Armandina Valdez Cavazos

Directora de la Agencia de Calidad del Aire

Citar este documento como:

Secretaría de Medio Ambiente de Nuevo León. “Reporte meteorológico y de la calidad del aire de la Zona Metropolitana de Monterrey: julio 2023”. Año de publicación: 2023. Agencia de Calidad del Aire de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.

Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Nuevo León
Torre Administrativa | Piso 26 Calle Washington 2000 Ote.
Col. Obrera CP 64010 Monterrey, Nuevo León

Dirección de Gestión del Aire
Torre Administrativa | Piso 27 Calle Washington 2000 Ote.
Col. Obrera CP 64010 Monterrey, Nuevo León



Contenido

Glosario	4
Introducción	8
Generalidades de la ZMM	10
Concentraciones de contaminantes criterio	17
Ozono (O ₃)	18
Dióxido de azufre (SO ₂)	20
Monóxido de Carbono (CO)	21
Monóxido de Nitrógeno (NO)	22
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	223
Material Particulado (PM ₁₀)	24
Material Particulado (PM _{2.5})	26
Cumplimiento de Normas Mexicanas y Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas	27
Conclusiones	30



Glosario

1. Contaminante criterio: Contaminantes medibles regulados por normas mediante la declaración de un límite máximo permisible, LMP, de concentración en el aire, con la finalidad de proteger la salud de los seres humanos y asegurar el bienestar de la población.
2. Microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Unidades de medición para el contenido de un contaminante (especie gaseosa o sólida) que se refiere a la concentración en masa, μg , donde μ se refiere a un submúltiplo de gramo igual a 10^{-6} g, en un volumen de aire cuya longitud por lado es igual a un metro, es decir, 1 m^3 , a condiciones normales.
3. Parte por millón (ppm): Unidades de medición para la concentración en términos de volumen de un gas, para este caso contaminante, con relación al volumen que ocupa en el aire.
4. Material particulado (PM_{10}): Fragmentos de materia sólida que se transportan a través del aire cuyo diámetro aerodinámico, es decir, aquella partícula que tiene una densidad de $1 \text{ g}/\text{cm}^3$, la cual tiene una velocidad de desplazamiento similar a la partícula medible y que puede clasificarse con el uso de dispositivos conocidos como impactores. El diámetro de estas partículas es menor que 10 micrómetros.
5. Material particulado ($\text{PM}_{2.5}$): Refiérase a la definición para PM_{10} , pero con la peligrosidad en términos de depositación en las paredes de los alvéolos, ocasionando enfermedades respiratorias como la fibrosis. El diámetro de estas partículas es menor que 2.5 micrómetros.



6. Ozono (O_3): Gas compuesto por 3 átomos de oxígeno cuyas concentraciones máximas se localizan en la capa de la atmósfera que se llama: estratosfera. El ozono puede formarse a partir de reacciones químicas, así como por foto-reactividad entre otros contaminantes como los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) o Hidrocarburos (CH_x) en fuentes de emisión radiante, principalmente del Sol.
7. Dióxido de Azufre (SO_2): Gas incoloro de olor fuerte e irritable, soluble en agua y que puede oxidarse para formar Trióxido de Azufre (SO_3) e Iones de Sulfato (SO_4^{2-}), estos forman sales inorgánicas y ácidos, componentes importantes de las partículas secundarias.
8. Dióxido de Nitrógeno (NO_2): Gas que puede ser de origen primario a partir de la oxidación del nitrógeno atmosférico durante la combustión, o secundario mediante la oxidación del NO (Óxido de Nitrógeno) atmosférico cuya fuente principal son los vehículos, sin embargo, el NO se oxida en la atmósfera para formar NO_2 . El NO_2 participa en la formación del ozono troposférico en ambientes antropogénicos, además, los NO_x son precursores de aerosoles de Nitrato de Amonio.
9. Monóxido de Carbono (CO): Gas incoloro, inodoro, producto de la combustión incompleta de material que contiene Carbono, como la gasolina, gas natural, petróleo, carbón, tabaco y otros materiales orgánicos.
10. Fuente de emisión antropogénica: Contaminantes generados por las actividades humanas que requieren la obtención de energía, alimento, transporte y la conversión de materiales para su bienestar.
11. Fuente de emisión natural: Son generados debido a procesos que ocurren en la naturaleza como el viento tangencial, incendios, emisiones volcánicas, la erosión, el choque de las olas del océano, entre otros ejemplos; estas fuentes pueden tomarse como referencia para la contaminación de fondo en el análisis de modelos



atmosféricos, ya que son contrastes no vinculados con especies químicas contaminantes.

12. Fuentes de emisión de área: Son emisiones que no tienen conducción física, pero si logran transportarse por las corrientes del viento y el cambio en la densidad de las parcelas de aire.
13. Fuentes de emisión fija: Son emisiones resultantes de procesos industriales, de cocción o actividades afines que se desplazan a través de conductos o chimeneas. Estas fuentes pueden localizarse desde 1 m hasta 60 m, la altura dependerá del flujo emisivo del proceso, así como de la dispersión de los contaminantes.
14. Fuentes de emisión móvil: Son aquellas descargas hacia la atmósfera de residuos gaseosos o sólidos que se generan en combustiones de motores, como en el caso de vehículos, maquinaria o cualquier otro medio de transporte.
15. Estación de monitoreo: Es el conjunto de instrumentos y equipos utilizados para la medición de parámetros meteorológicos y de concentración de contaminantes con el objetivo de reunir información suficiente para determinar la calidad del aire en una región. Existen estaciones fijas, semifijas y móviles.
16. Índice de Aire y Salud: Indicador que muestra el estado de la calidad del aire en términos de pureza o de contaminación atmosféricas, así también los efectos potenciales para la salud.
17. Inventario de emisiones: Instrumentos de gestión para la calidad del aire en los que se determinan las emisiones de contaminantes provenientes de diversos tipos de fuentes establecidas en una determinada área geográfica, con una resolución espacial a nivel municipal o estatal y con una ventana de tiempo en un año específico de actividad denominado año base.



18. Contingencia atmosférica: Mediciones de una región que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles, LMP, establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM; y que persisten en un periodo de tiempo en la atmósfera local de la ZMM.

19. Programa de Contingencia Atmosférica: Conjunto de estrategias, acciones y procedimientos que permiten prevenir, controlar y atender los episodios debidos a las altas concentraciones de contaminantes emitidos en la atmósfera y cuya exposición puede afectar la salud de los humanos. Las altas concentraciones de los contaminantes exceden los LMP de acuerdo con las NOM de la Secretaría de Salud.



Introducción

La contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) ha generado un constante interés en la ciudadanía, por lo cual, la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Nuevo León a través del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) se encarga de brindar la información obtenida del Sistema de Monitoreo Atmosférico, mediante la medición de los parámetros meteorológicos e indicadores de calidad del aire denominados como contaminantes criterio. Esta información puede brindar diversos indicadores para conocer las tendencias del comportamiento de los parámetros y crear acciones de prevención, control y mitigación de la contaminación atmosférica.

En este reporte, se presenta el comportamiento temporal y espacial de los parámetros meteorológicos y los indicadores de la calidad del aire que se midieron en las 15 estaciones de monitoreo del SIMA para el mes de julio de 2023; por otra parte, en conformidad con la NOM-172-SEMARNAT-2019 “Lineamientos para la obtención del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud”, se presentan los valores de cada contaminante criterio para el período mencionado anteriormente, también se muestran los Días sobre la Norma y el Número de Eventos Activados en el “Plan de Contingencias Atmosféricas” en la ZMM.

Por último, se presenta la información estadística para cada una de las variables meteorológicas y las concentraciones promedio de las partículas PM10 y PM2.5,



La información que se obtiene de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire y que son presentadas en este reporte, pueden ser utilizados para estudios multidisciplinarios de investigadores, estudiantes y la ciudadanía en general.

¡Aumentemos la cultura del cuidado al medio ambiente, cada acto impactará positivamente en nuestra salud!



Generalidades de la ZMM

La ZMM comprende 12 municipios del Estado de Nuevo León, con una extensión territorial aproximada de 6 370 km², es la 2da zona más poblada en el país con 5 341 171 habitantes y ocupa el 2do puesto en generación económica, de la cual los sectores de manufactura y servicios aportan la principal derrama económica. Debido al crecimiento económico y urbano, el uso del suelo de la ZMM ha crecido exponencialmente y esto ha impactado en las descargas hacia la atmósfera.

Debido al constante crecimiento de la ZMM, la medición de los contaminantes atmosféricos es parte fundamental para establecer posibles afectaciones en la calidad de vida de la población que conforman sus municipios. Por esta razón, la Dirección de Gestión Integral de la Calidad del Aire, a través del SIMA, mide las concentraciones de diversos contaminantes atmosféricos y divulga los valores de exposición a los cuales se encuentran expuestos los ciudadanos, además de emitir advertencias cuando se presenten episodios de alta contaminación atmosférica.

La red de monitoreo que conforman el SIMA comenzó sus operaciones el 20 de noviembre de 1992 con 5 estaciones. Posteriormente, la red incremento el número de estaciones teniendo hasta el momento 15 estaciones fijas, operando en 11 de los 12 municipios que conforman la ZMM, además de una estación móvil, la cual es empleada para realizar monitoreos en el resto de los municipios del Estado de Nuevo León. En la

Figura 1 y Tabla 1 se presentan la distribución espacial y la ubicación por municipios de las estaciones que conforman la red del SIMA.

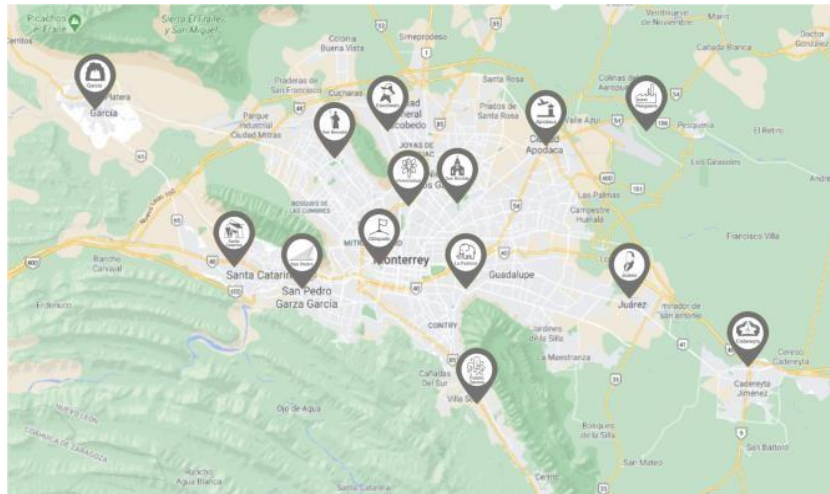


Figura 1. Representación espacial de las estaciones de monitoreo del SIMA.

Para llevar a cabo la medición de las variables meteorológicas y de cada contaminante criterio, en la Tabla 2 y Tabla 3 se muestra un resumen de los instrumentos de medición y principios físicos de medición empleados para la adquisición de los datos en cada una de las estaciones que conforman la red de monitoreo del SIMA.

Los datos obtenidos en los equipos de la red de monitoreo del SIMA son extraídos de cada una de las estaciones para llevar a cabo un proceso automático de validación, esto permite que se compare con los requerimientos establecidos por las NOM's y se tenga una base de datos en tiempo real que sirve para la formación de los indicadores que posteriormente se difunden en plataformas digitales y organismos nacionales e internacionales.



TABLA 1

Ubicación de las estaciones de monitoreo fijas del SIMA

Punto	Estación	Ubicación	Municipio ZMM
SE	Sureste	Tecnológico de Nuevo León	Guadalupe
NE	Noreste	Parque Los Naranjos	San Nicolás de los Garza
CE	Centro	Col. Obispado	Monterrey
NO	Noroeste	Prepa Militarizada San Bernabé	Monterrey
SO	Suroeste	Parque El Jarocho	Santa Catarina
NTE	Norte	Parque Los Olivos II sección	General Escobedo
NO2	Noroeste 2	Col. Sierra Real	García
NE2	Noreste 2	Col. Centro	Apocada
SE2	Sureste 2	DIF Juárez Col. Centro	Juárez
SO2	Suroeste 2	Gimnasio CDI Col. Sauces	San Pedro
SUR	Sur	Preparatoria Tec Garza Lagüera	Monterrey
NTE2	Norte 2	Unidad Postgrado CEDEEM UANL	San Nicolás de los Garza
SE3	Sureste 3	Col. Jerónimo Treviño 1er Sector	Cadereyta
NE3	Noreste 3	Escuela Técnica Roberto Rocca	Pesquería
NO3	Noroeste 3	Col. Misión de San Juan	García

TABLA 2

Variables meteorológicas e instrumento de medición

Variable	Instrumento de medición
Temperatura	Termistor de estado sólido
Humedad relativa	Sensor de tipo capacitivo
Presión atmosférica	Sensor 092
Precipitación	Pluviómetro de tipo balancín
Rapidez del viento	Anemómetro
Dirección del viento	Veleta
Radiación solar	Piranómetro

TABLA 3

Contaminantes criterio y método de medición

Contaminante	Método de medición
Monóxido de carbono	Fotometría IR
Ozono	Espectrofotometría UV
Bióxido de nitrógeno	Quimioluminiscencia
Bióxido de azufre	Fluorescencia de pulso en UV
PM ₁₀	Atenuación de Rayos-β
PM _{2.5}	Atenuación de Rayos-β y Dispersión de luz blanca

En la Figura 2 se describe el proceso de validación de datos que se realiza en el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

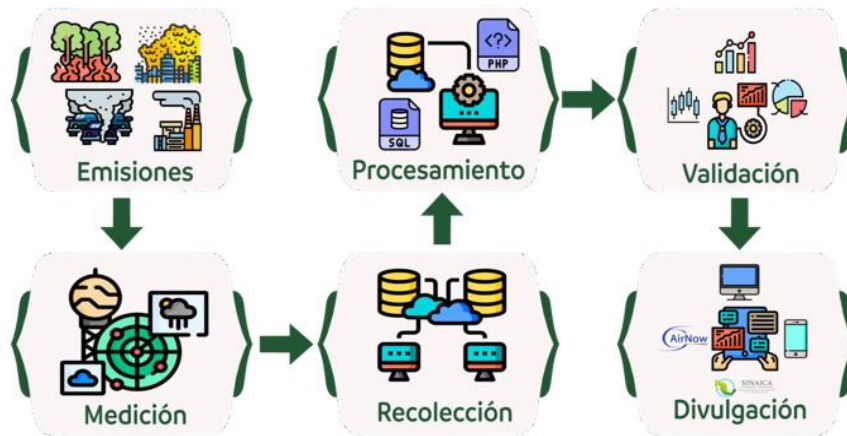


Figura 2. Ciclo de procesamiento de los datos del SIMA.

Metodología del reporte

Este reporte se realiza mediante la medición de 15 parámetros de las 15 estaciones de monitoreo, la medición se realiza de forma horaria y recopilando un total de 744 datos para el mes de julio. Estos datos son validados y almacenados en tabuladores que servirán para la comparativa de los indicadores que se presentarán más adelante.

Los contaminantes criterio son evaluados de acuerdo con la normativa oficial mexicana que ha establecido los niveles máximos permisibles según la exposición e ingreso de estos compuestos al tracto respiratorio. En la Tabla 4 se presentan los valores para cada tipo de exposición y cada uno de los contaminantes que se miden en las estaciones del SIMA.

TABLA 4

Regulación de acuerdo con la exposición por contaminante

Contaminante	Unidad de medición	Promedio 24 h	Promedio anual	Máxima 1 h	Promedio móvil 8 h
PM ₁₀	µg/m ³	70	36	-	-
PM _{2.5}	µg/m ³	41	10	-	-
O ₃	ppm	-	-	0.090	0.065
SO ₂	ppm	0.040	-	0.075	-
NO ₂	ppm	-	0.021	0.11	-
CO	ppm			26	9.0

NOTA: Los valores se muestran a 2 cifras significativas.



Las Variables Meteorológicas (VM) son presentadas para cada una de las estaciones del SIMA con el apoyo visual de gráficas, se muestran los comportamientos promediados durante el mes de julio, además de los estadísticos con el apoyo de un gráfico de cajas y bigotes (box plot) para el caso de la temperatura y la magnitud de la velocidad del viento, al final, se resumen los valores promedio para cada una de las variables por cada una de las estaciones del SIMA.

Para los Indicadores de Calidad del Aire (ICA), se presentan gráficas que muestran el comportamiento promedio del mes de julio, además, de una comparativa de acuerdo con la normativa y regulación aplicable. Del mismo modo, se observarán estadísticos con la ayuda de “box plot”, por último, el valor máximo de cada hora establecido por el Índice de Calidad del Aire y Salud (ICAyS) en todas las estaciones.

Dentro del contexto relacionado con el Programa de Respuestas a Contingencias Atmosféricas (PRCA), se muestra el comportamiento durante el mes de julio para dar seguimiento a los criterios de activación para las fases de acuerdo con la situación presentada.

Concentraciones de contaminantes criterio

Durante el mes de julio se midieron gases y sólidos con equipos de medición que permitieron almacenar datos en tiempo real de acuerdo con la programación requerida. En esta sección del reporte, se mostrarán las tendencias para cada uno de los contaminantes, así como una discusión del comportamiento.

A manera de resumen, en la Tabla 5 se muestra la estadística descriptiva por contaminante.

TABLA 5

Concentraciones promedio de cada contaminante para el mes de julio

Contaminante	Unidad de concentración	Promedio mensual	Desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo
O ₃	ppb*	28.9	3.5	109	1
SO ₂	ppb	3.45	1.2	82.2	0.9
NO ₂	ppb**	9.58	3.12	56.0	1.1
NO	ppb	5.73	2.73	56.8	1.0
CO	ppm	0.81	0.34	2.25	0.1
PM _{2.5}	µg/m ³	15.9	7.4	79	2
PM ₁₀	µg/m ³	49.4	9.6	388	2

* ppm = partes por millón.

** ppb = partes por billón.

Ozono (O₃)

En la siguiente gráfica de cajas y bigotes, se muestra la concentración del ozono durante el mes de julio, ver Figura 3.

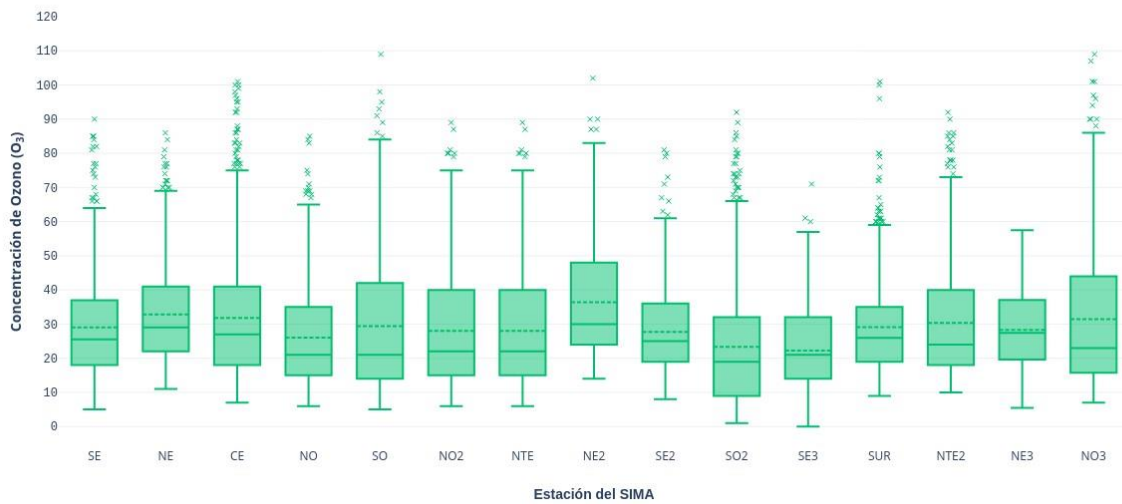


Figura 3. Medición del ozono durante el mes de julio.

En la Figura 4, se presenta un espectro de la medición para cada estación en términos de las 744 horas de medición durante el mes de julio, esto significa que cada punto representa un dato.

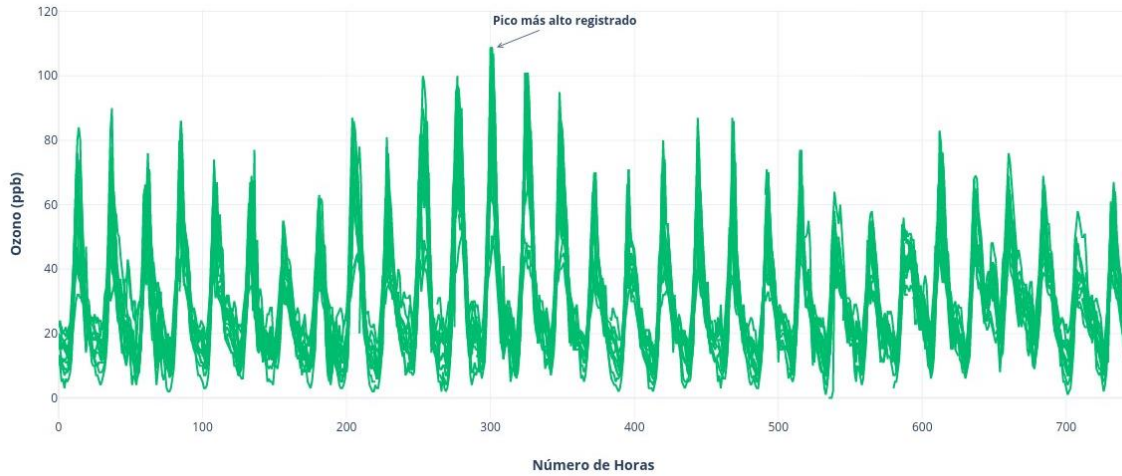


Figura 4. Espectro horario durante el mes de julio para el ozono.



Dióxido de azufre (SO₂)

Ahora, siguiendo con la medición de los contaminantes, se muestra el comportamiento mensual por hora para cada una de las estaciones del SIMA. En la Figura 5, se observa que algunos equipos de medición detectaron más concentración a cierta hora de SO₂.

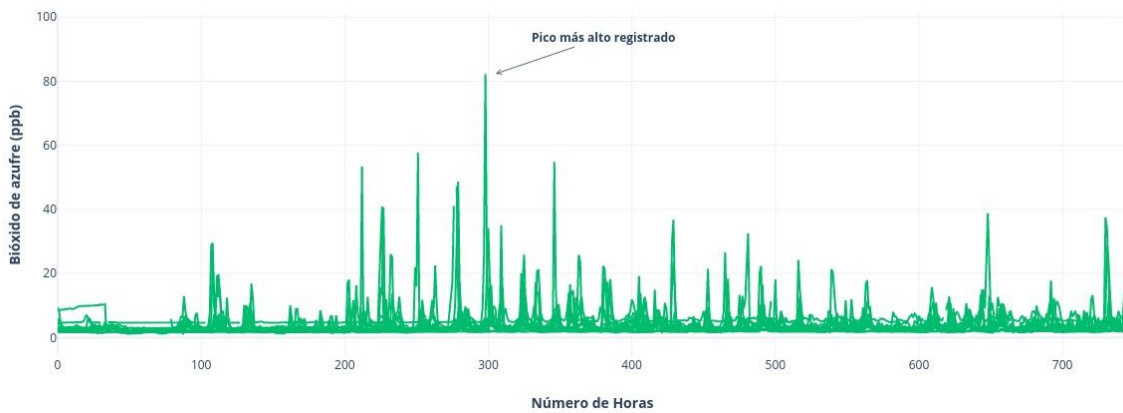


Figura 5. Espectro de las mediciones horarias del SO₂.



Monóxido de Carbono (CO)

Ahora, en la Figura 6 se presentará el comportamiento del CO durante las 744 horas del mes de julio. Como se puede observar, no existe un patrón característico entre las mediciones.

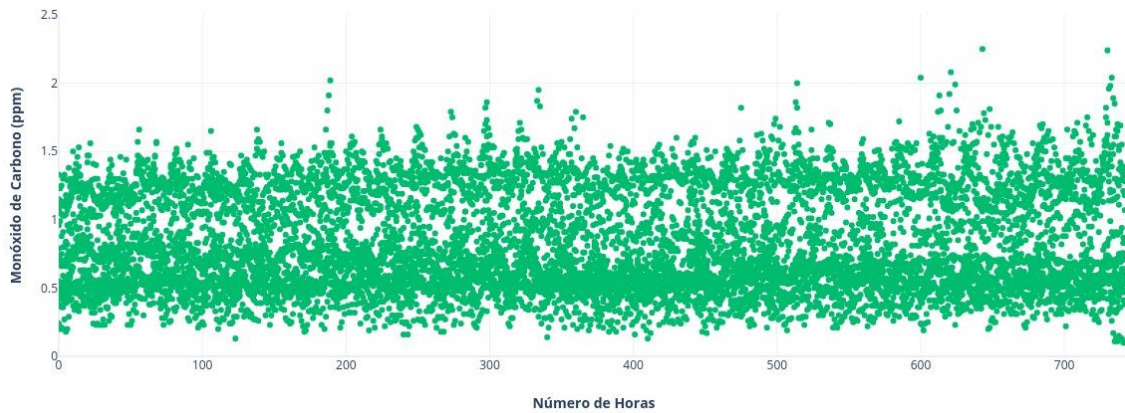


Figura 6. Espectro de las mediciones horarias del CO.



Monóxido de Nitrógeno (NO)

Ahora, siguiendo con las concentraciones de los contaminantes, pasamos a mostrar los datos horarios para el NO en la Figura 7.

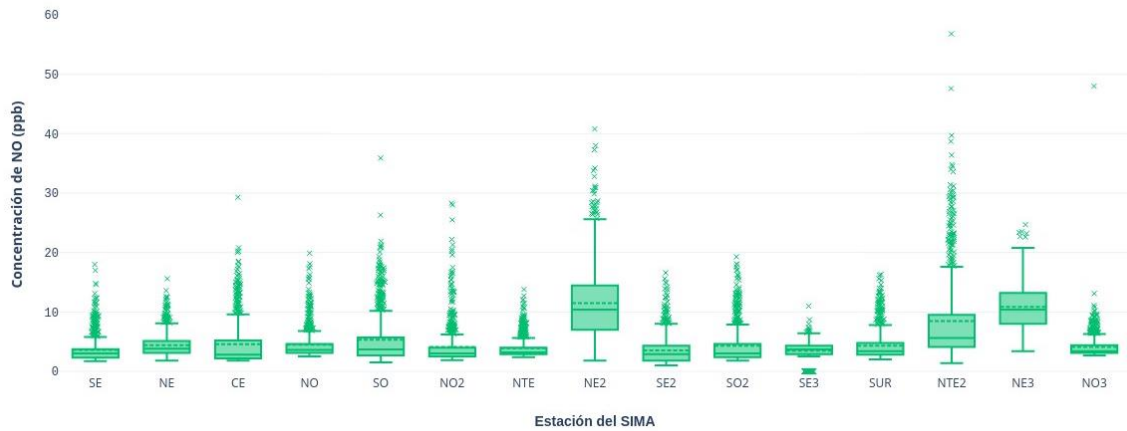


Figura 7. Espectro de las mediciones horarias del NO.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Continuando con este reporte, ahora se presenta el comportamiento mensual para el bióxido de nitrógeno en la Figura 8.

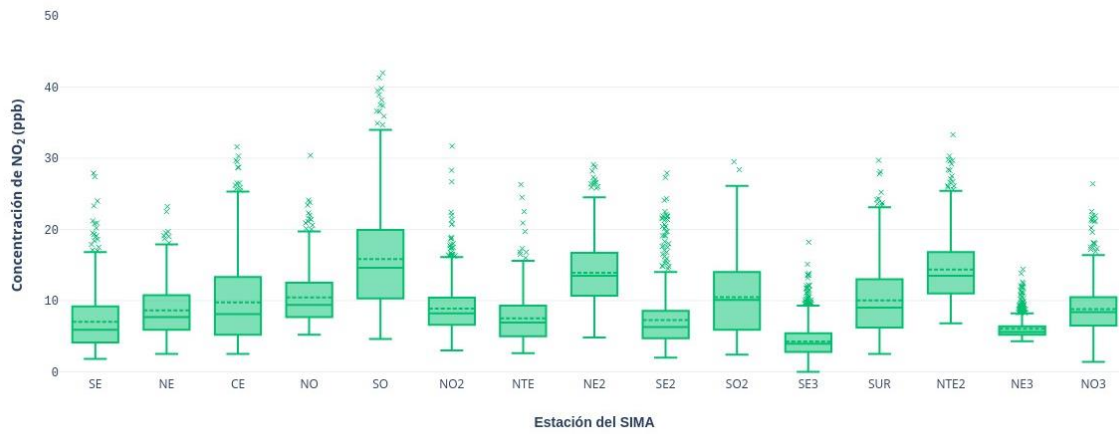


Figura 8. Espectro de las mediciones horarias del NO₂.

Material Particulado (PM₁₀)

El material particulado, sólido, con dimensiones en micrómetros, específicamente hablando, PM₁₀, donde el número entero 10, corresponde a una cota superior a lo 10 µm es un contaminante que resulta de las especies primarias y secundarias de los procesos de combustión o del suelo. En esta sección, se presentará el comportamiento de esta fracción sólida para cada estación del SIMA.

En la gráfica de cajas y bigotes de la Figura 9 se muestran los datos para todas las estaciones del SIMA distribuidas durante las 744 horas del mes de julio.

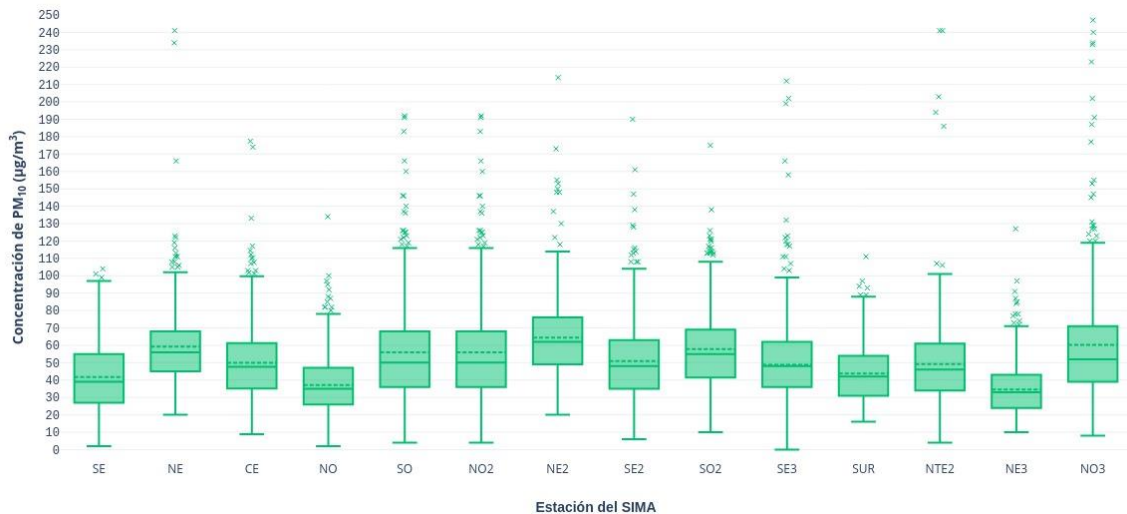


Figura 9. Comportamiento mensual horario de PM₁₀.

En la siguiente gráfica, ver Figura 10, se presentan el total de observaciones que detectó el equipo de medición para cada una de las estaciones de SIMA.

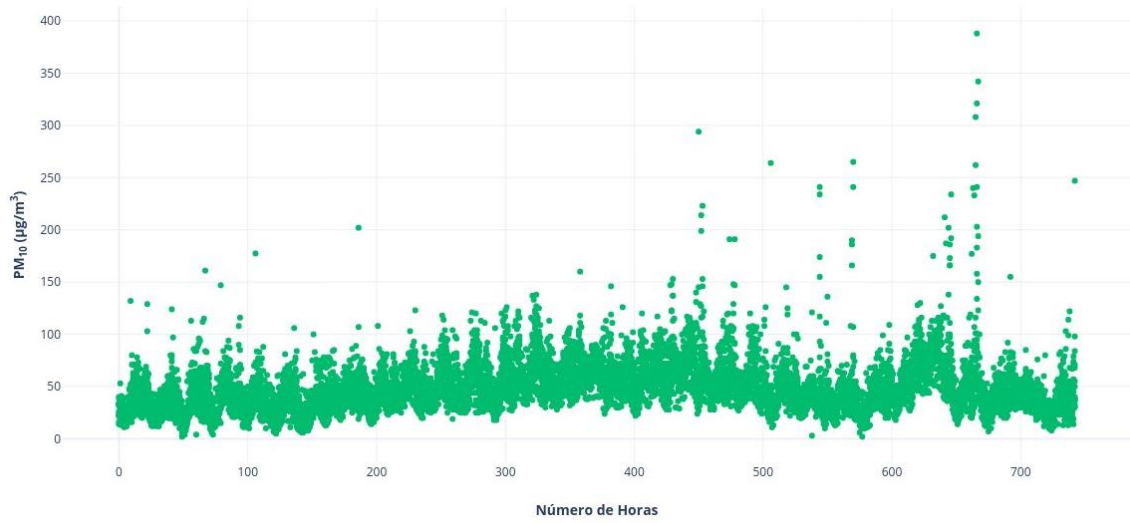


Figura 10. Comportamiento mensual horario de PM₁₀.

Material Particulado (PM_{2.5})

De la misma manera que la fracción de 10 micrómetros, otro de los contaminantes sólidos dentro de la normatividad ambiental, es el material particulado PM_{2.5}, en donde se ha mostrado su comportamiento mensual mediante la generación de un gráfico de cajas y bigotes en la Figura 11.

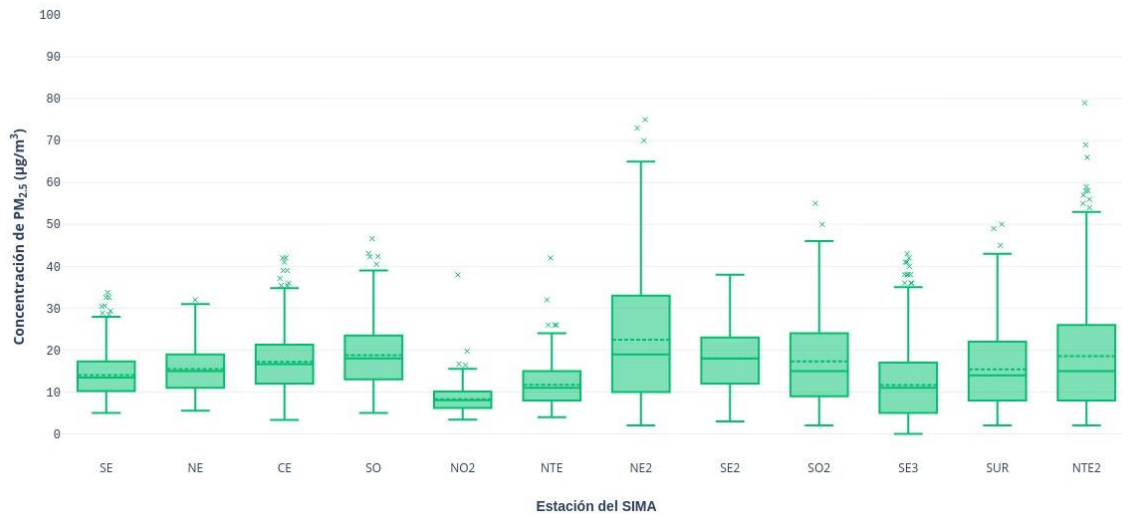


Figura 11. Gráfico de cajas y bigotes mensual de PM_{2.5}.

Por último, en la Figura 12, se muestran las mediciones de las 15 estaciones de la red de monitoreo. En esta gráfica, se muestran los 744 datos horarios para cada estación del SIMA.

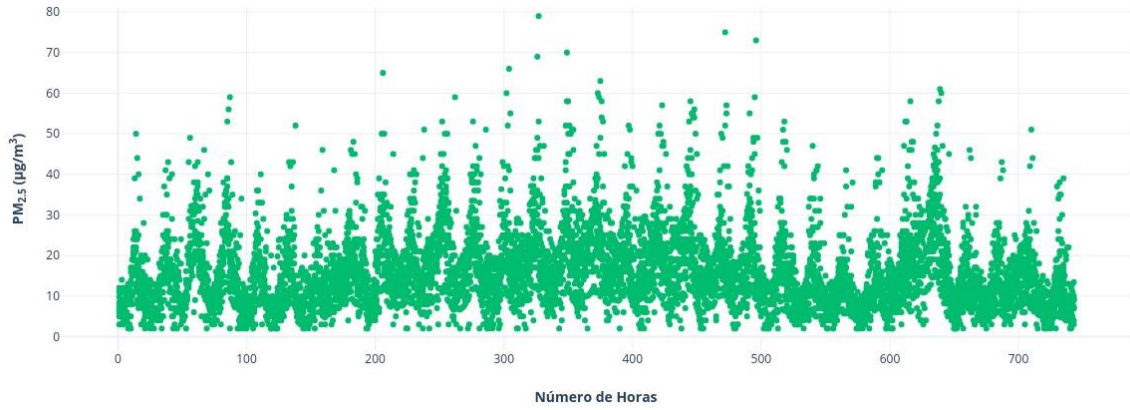


Figura 12. Comportamiento mensual horario de $PM_{2.5}$.



Cumplimiento de Normas Mexicanas y Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas

Utilizando las mediciones de los contaminantes criterio, se realizó un cálculo de los días que sobrepasaron las Normas Oficiales Mexicanas las cuales establecen los Límites Máximos Permisibles, LMP, de los contaminantes criterio. Por otra parte, empleando los criterios para la activación del Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas, PRCA, se muestran los episodios de activación en la Zona Metropolitana de Monterrey para el mes de julio.

Cumplimiento de las Normas Mexicanas

En la Figura 13 pueden observarse los días en que se sobrepaso al menos una de las Normas Mexicanas. Durante el mes de julio, se presentaron 15 días sobre la norma, a diferencia de 16 días en los que no hubo un valor por encima de los condicionales regulatorios.

Una nota importante es que el dióxido de azufre, SO_2 , se obtiene a partir de una metodología anual, por tanto, no se toma en cuenta para los días en los cuales se tuvieron concentraciones por encima, en al menos una norma, para este analito.

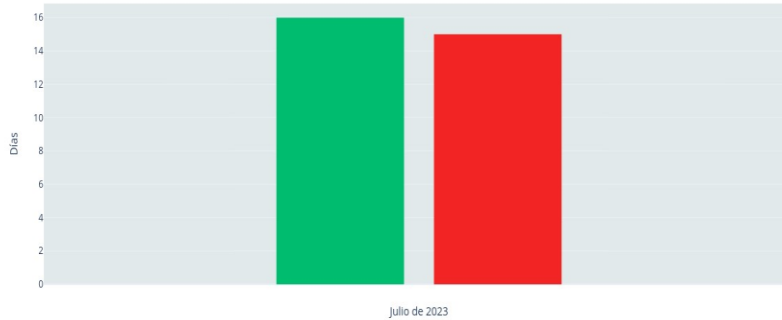


Figura 13. Días sobre la norma global para el mes de julio.

En la Figura 14 se presenta un gráfico para representar los episodios acumulados por contaminante, para este caso, cada episodio es el resultado de la alta concentración con respecto a la normativa y por tanto un registro para presentar en este reporte. De acuerdo con el registro de los datos, la concentración del bióxido de azufre superó el valor de 0.075 ppm, el cual se mide horario; sin embargo, para los efectos que competen, esta medición no se considero para la sumatoria de los DSN ya que el criterio de aceptación tiene una frecuencia anual.

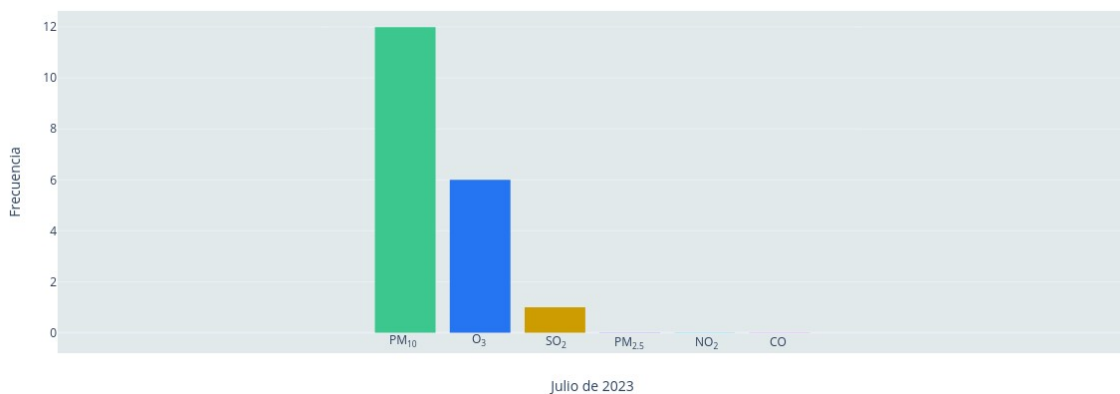


Figura 14. Frecuencia de días acumulados sobre la norma.



Conclusiones

Durante el mes de julio no se presentaron episodios de Alerta o Contingencia, con base en los criterios establecidos en el Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas vigente.

Cabe señalar que el periodo de reporte presentó en su mayoría calidad del aire BUENA y ACEPTABLE por contaminante, siendo hasta el momento el mes con mejores condiciones en lo que va de 2023. No se excedieron los días sobre la norma del contaminante PM2.5.