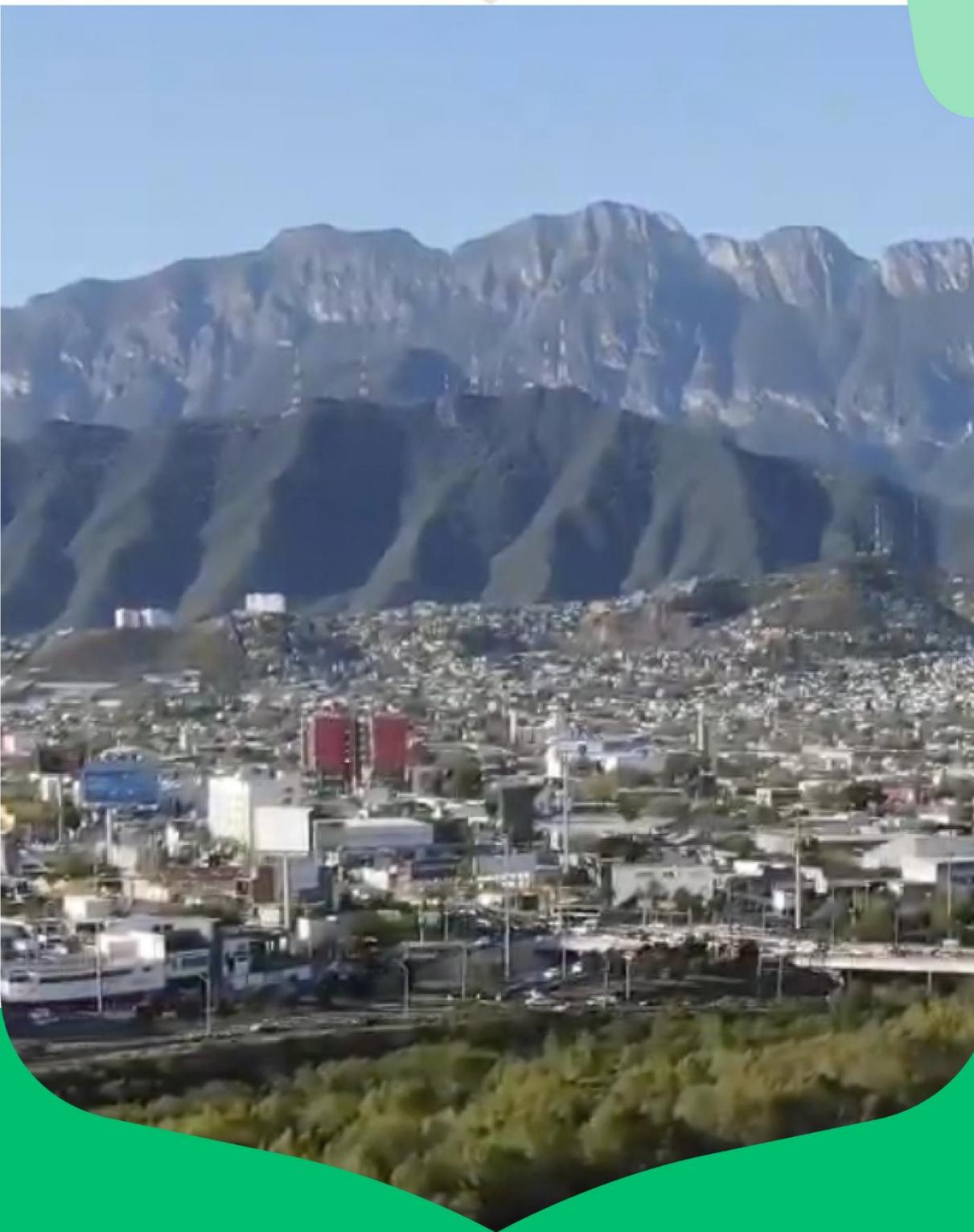


Reporte Meteorológico y de la calidad del Aire

Zona Metropolitana de Monterrey

Junio 2023



EL GOBIERNO DEL
NUEVO
NUEVO LEÓN



Elaboración

LF José Heriberto Vélez Garza

Coordinación 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

Ing. Javier Pérez Sagaón

Subsecretario de Cambio Climático y Calidad del Aire del Estado de Nuevo León

IQ Armandina Valdez Cavazos

Directora de Gestión Integral 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: junio 2023”. Año de publicación: 2023. Dirección de Gestión Integral del Aire. 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 |
| Metodología del reporte | 15 |
| Variabes Meteorológicas..... | 17 |
| Temperatura (°C) | 18 |
| Humedad Relativa (%) | 21 |
| Presión atmosférica (mmHg) | 22 |
| Radiación solar (W/m ²) | 23 |
| Velocidad del viento (km/h)..... | 24 |
| Concentraciones de contaminantes criterio | 29 |
| Ozono (O ₃) | 30 |
| Bióxido de azufre (SO ₂)..... | 32 |
| Monóxido de Carbono (CO) | 35 |
| Monóxido de Nitrógeno (NO)..... | 37 |
| Material Particulado (PM ₁₀)..... | 40 |
| Material Particulado (PM _{2.5})..... | 41 |
| Cumplimiento de Normas Mexicanas y Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas | 42 |





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.

4





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 emisor 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.

8

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 junio 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.

¡Cuidemos la calidad del aire porque es importante para 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.

10



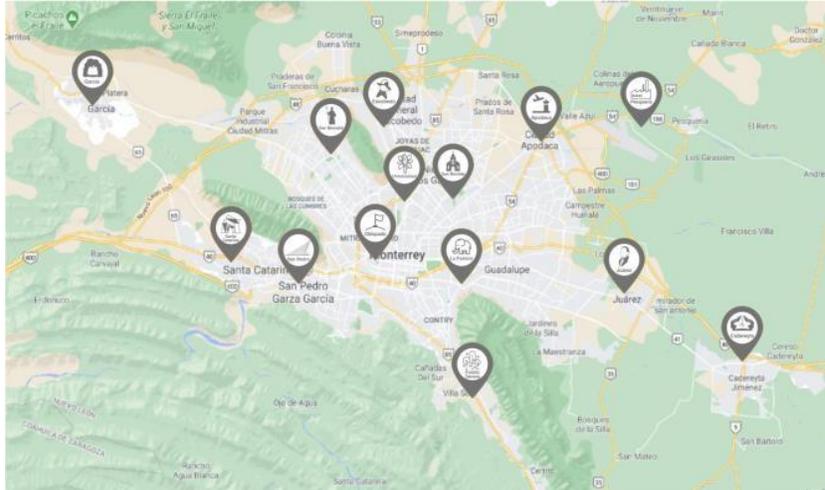


Figura 1. Representación espacial de las estaciones de monitoreo del SIMA.

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 capacitor |
| 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.



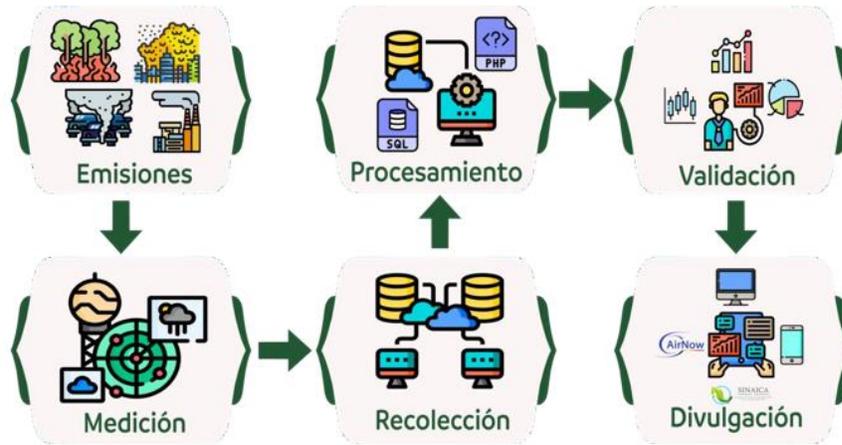


Figura 2. Ciclo de procesamiento de los datos del SIMA.





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 junio. 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.

15

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 junio, 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 junio, 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 (ICAs) en todas las estaciones.

16

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

En la sección de anexos, se incluye un ANEXO A donde se presenta la información horaria de cada uno de las VM y los ICA para el mes de junio y el ANEXO B en donde está la estadística descriptiva de ambos parámetros.





VARIABLES METEOROLÓGICAS

En esta sección se presentará la variación temporal de cada variable meteorológica. Es importante mencionar que cada sensor que mide un parámetro en específico está asociado con una escala y precisión para su correcta interpretación. En la Tabla 5 se observan las VM medidas por cada una de las 15 estaciones del SIMA distribuidas en la ZMM, en la tabla se pueden ver el parámetro, el promedio, el registro máximo y mínimo y la desviación estándar.

TABLA 5

Variables meteorológicas promedio para el mes de junio

| Variable | Unidad de medición | Promedio mensual | Valor máximo | Valor mínimo | Desviación estándar |
|-------------------------------|--------------------|------------------|--------------|--------------|---------------------|
| Temperatura | °C | 30.50 | 43.84 | 19.25 | 0.33 |
| Humedad relativa ¹ | % | 53 | 94 | 4 | 4 |
| Radiación solar | W/m ² | 180 | 940 | 0 | 95 |
| Presión atmosférica | mmHg | 712.0 | 731.1 | 680.2 | 8.8 |
| Precipitación** | mm/h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rapidez del viento | km/h | 9.8 | 29.5 | 0.1 | 2.2 |

* El sensor de HR de la estación NO3-Misión de San Juan estuvo fuera de operación.

** Durante el mes de junio no se midió precipitación en ninguna de las estaciones del SIMA.





Temperatura (°C)

La temperatura es una variable que dependerá de factores como la incidencia de los rayos solares, la posición del planeta Tierra en su trayectoria y de la generación de calor presente en el punto de medición.

En cuanto al comportamiento de la temperatura durante el mes de junio, se ha realizado la gráfica que aparece en la Figura 3. En esta gráfica se puede observar la variabilidad promedio para cada estación del SIMA, en ella se presenta una Temperatura Promedio Máxima, TPM_{áx}, de 31.11 °C en la Estación Prepa Militarizada San Bernabé en Monterrey, mientras que una Temperatura Promedio Mínima, TPM_{ín}, de 30.07 °C en la Estación Obisado.

18

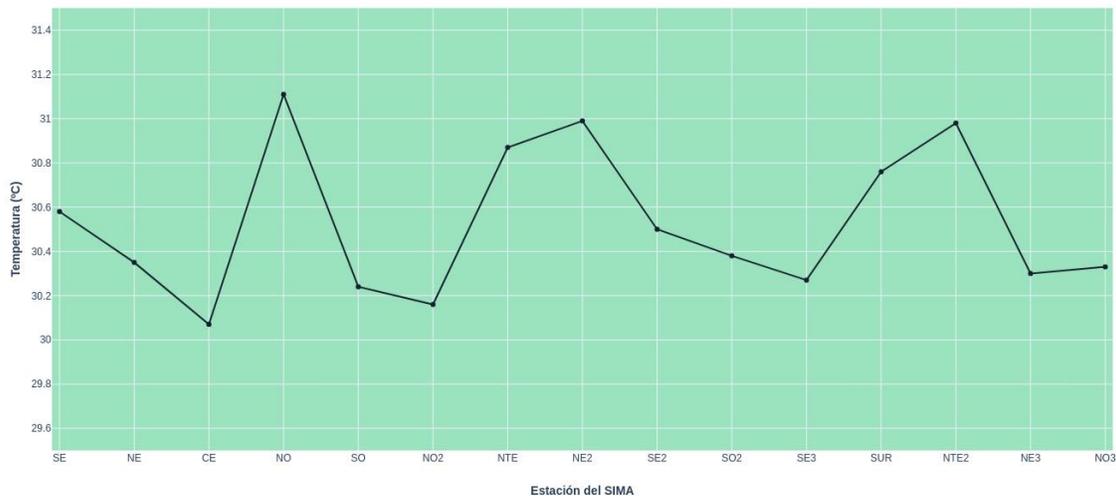


Figura 3. Temperatura promedio mensual por estación del SIMA.



Para poder tener una descripción estadística más detallada sobre los datos de temperatura, se ha realizado una gráfica de cajas y bigotes, o también conocida como box-plot, pero antes de discutirla, primero realizaremos una explicación de un elemento, para este caso tomaremos la caja de la Estación Tec NL ubicada al SE del estado de Nuevo León.

En la Figura 5 se observa el conjunto de datos que el sensor de temperatura detectó durante el mes de junio.

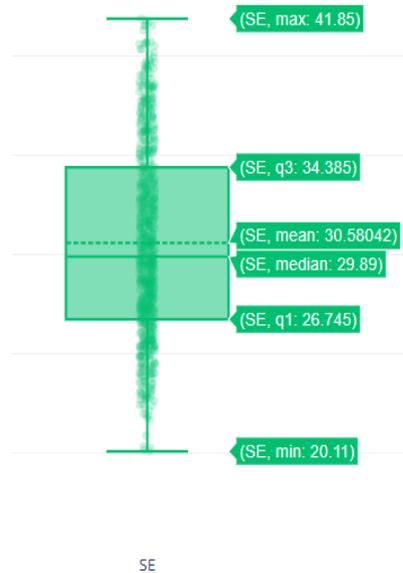


Figura 5. Caja y bigote de la Estación Tec NL.





En la figura aparecen dos rectas que están por afuera de la caja en forma de T, cada una de ellas representa los datos máximo y mínimo para los datos. La línea difuminada que está a lo largo de la recta vertical son cada uno de los datos, aunque no se ve el detalle todos los datos horarios están graficados, aunque no puedan visualizarse de manera puntual.

Dentro de la caja, aparecen dos líneas horizontales: una continua y la otra discontinua. La primera línea es la mediana y la otra es el promedio. También se muestran el primer cuartil, q_1 , y el tercer cuartil, q_3 .

A continuación, en la Figura 6, se presenta la gráfica de la temperatura contra cada estación del SIMA, en este caso, se observa un gráfico de cajas y bigotes.

20

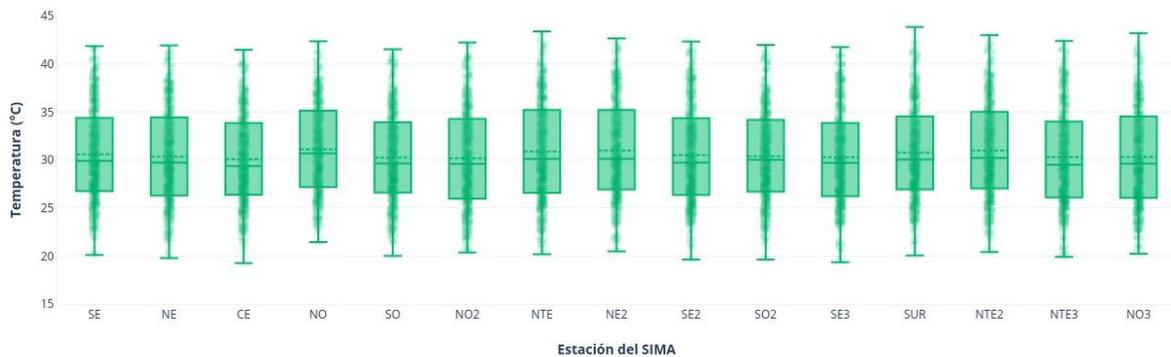


Figura 6. Gráfica de cajas y bigotes de la temperatura para el mes de junio.





Humedad Relativa (%)

La humedad relativa depende de una razón, es decir, de un cociente. Estas presiones son la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua, por esta razón se expresa en porcentaje. El comportamiento promedio es que la humedad tiene un máximo durante la noche y un mínimo durante el día. En el siguiente gráfico se presenta la humedad relativa promedio medida en porcentaje, %, en la Figura 7. El dato máximo se midió en la estación San Nicolás ubicada al NE con un valor de 94% y el dato mínimo se obtuvo en la estación Prepa Tec ubicada al SUR con un valor de 4%. Durante las mediciones, puede observarse que el sensor de la estación Misión San Juan estuvo fuera de operación.

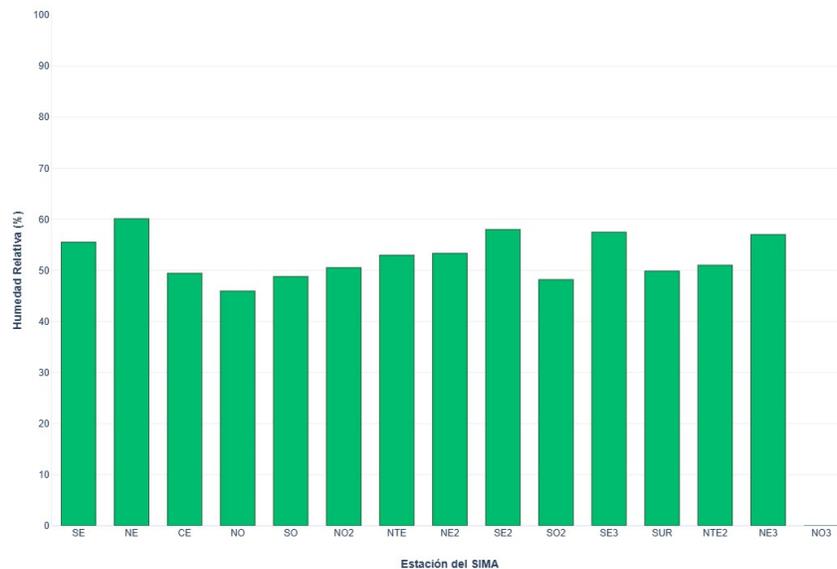


Figura 7. Comportamiento mensual de la humedad relativa.



Presión atmosférica (mmHg)

La presión es una cantidad física escalar, es decir, que no tiene propiedades de direccionamiento, y básicamente es la componente de una fuerza aplicada sobre una superficie. La presión del aire se aplica en la superficie de la Tierra y está dependerá de propiedades como la densidad, en este apartado, en la Figura 8 se muestra el comportamiento de la presión atmosférica medida por cada una de las estaciones del SIMA. Las unidades de medición de la presión atmosférica son mmHg.

En la gráfica se observa que existe una variabilidad en cada una de las estaciones, sin embargo, el máximo se encontró a 722.6 mmHg en la estación Tec de NL y el mínimo a 680.2 mmHg en la estación Santa Catarina.

22

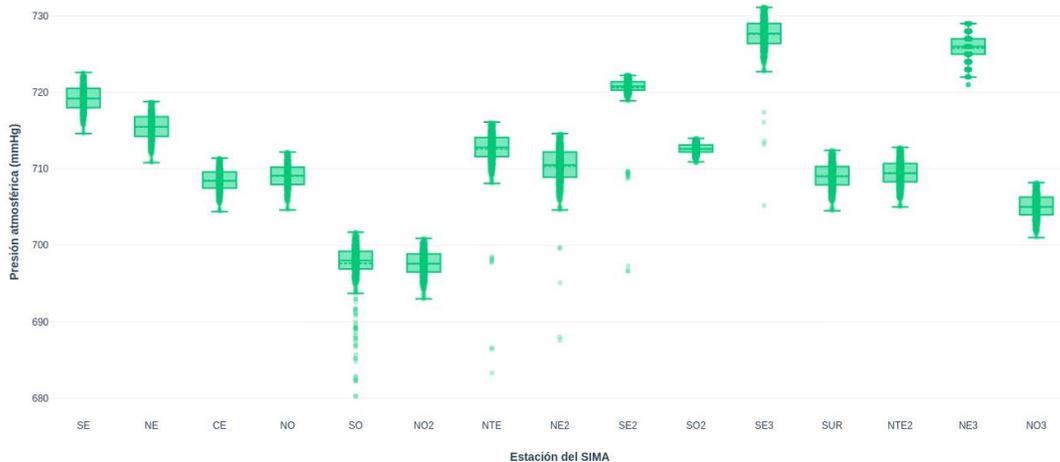


Figura 8. Comportamiento mensual de la presión atmosférica.





Radiación solar (W/m²)

La incidencia de los rayos solares o radiación electromagnética es una forma de energía que llega hasta la atmósfera de la Tierra. La radiación solar se mide en unidades de potencia, Watts, sobre unidades de superficie, m². La radiación solar, en su mayoría, está constituida de rayos infrarrojos, visibles y ultravioleta. En este apartado, en la Figura 9, se muestra la medición promedio mensual medida con el piranómetro en cada estación del SIMA. La máxima radiación solar se midió en 2 estaciones: Tec de NL orientada al SE y Pesquería ubicada al NE3 ambas con un valor de 270 W/m²; mientras que el mínimo fue de 0 W/m² ya que mientras no haya incidencia solar, ósea, luz solar, no habrá una medición distinta de este valor.

23

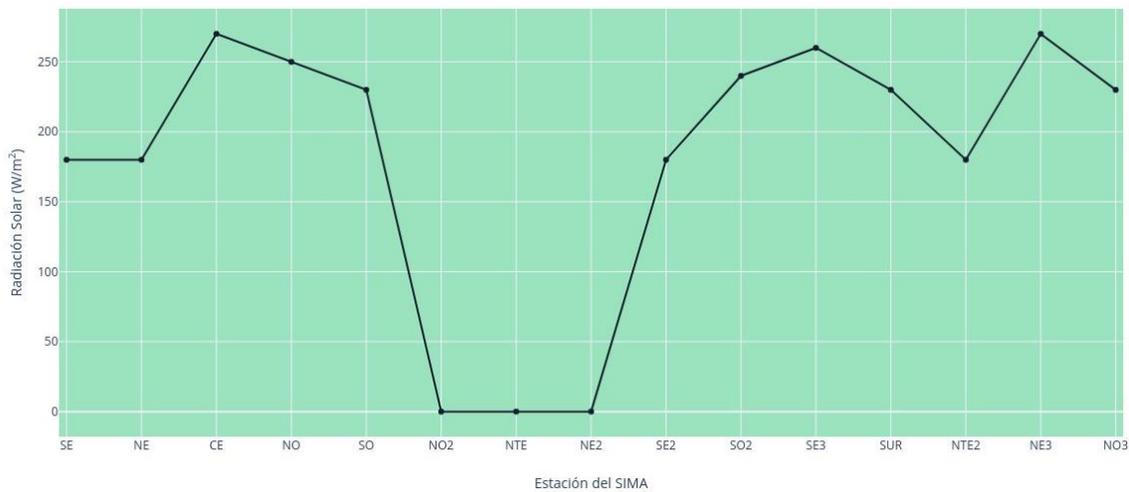


Figura 9. Comportamiento mensual de la radiación solar.





Velocidad del viento (km/h)

Otra de las variables meteorológicas de importancia es la velocidad del viento. Debido a que la velocidad es una cantidad vectorial, una de sus propiedades es la dirección, es decir, hacia donde se dirige un volumen de aire. La otra propiedad es su magnitud, que se le llama rapidez y se representa por una cantidad numérica y su unidad de medición.

Para este reporte las unidades de medición de la magnitud de la velocidad son kilómetros por hora y la dirección en grados sexagesimales. En la gráfica siguiente, ver Figura 10, se observan los datos para la magnitud de la velocidad en donde puede apreciarse que existen datos muy alejados para ciertas estaciones, por ejemplo, para el caso de SE y NO2.

En términos de magnitud, la estación que reportó el valor máximo fue Prepa Tec con 29.5 km/h y la estación con el valor mínimo fue Apodaca con 0.10 km/h. Otro dato interesante es el promedio de la rapidez, si se observa con detenimiento la estación Tec de NL – SE tiene un valor de 12.98 km/h; por otra parte, el promedio más bajo lo presenta la estación de Juárez – SE2 con 3.39 km/h.



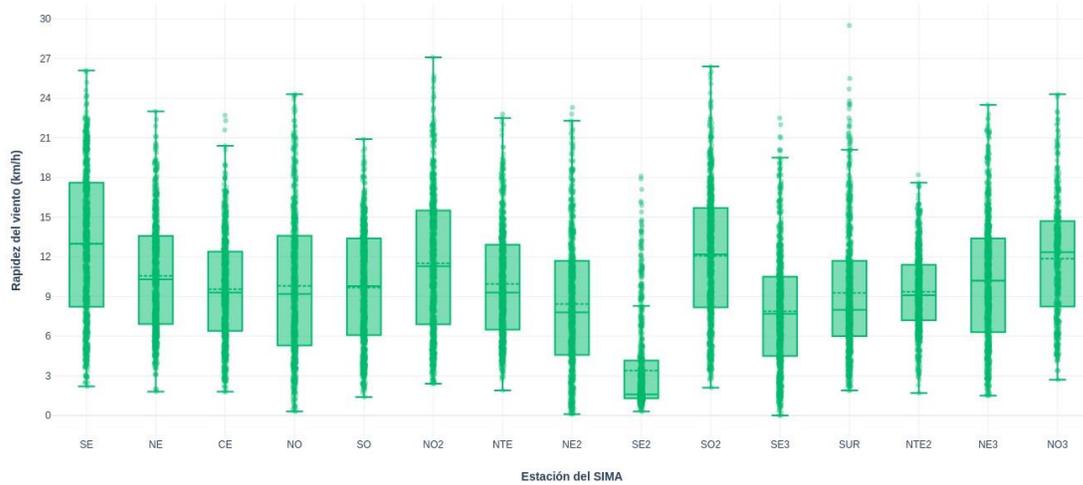
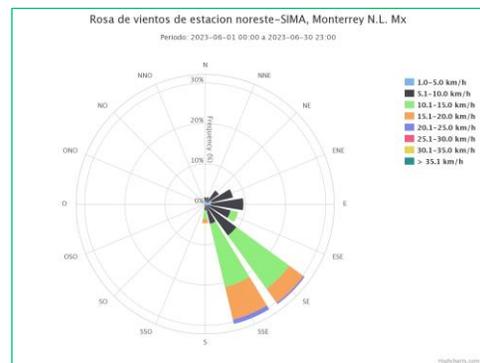
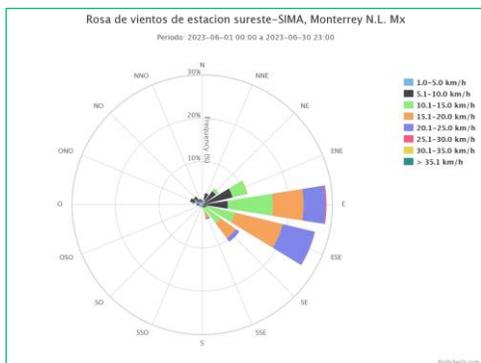
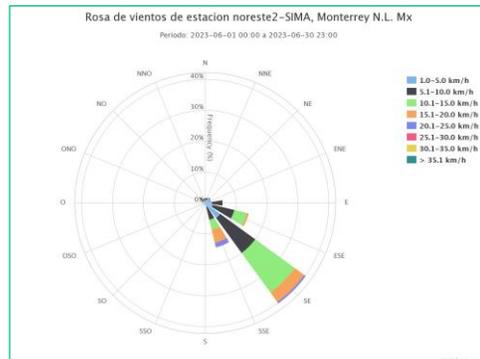
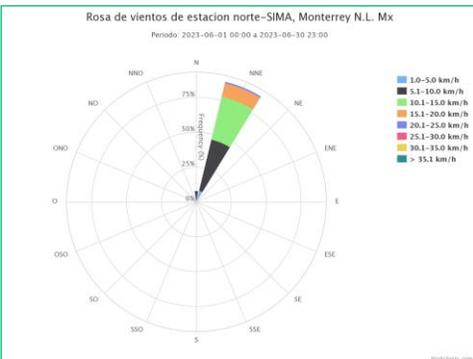
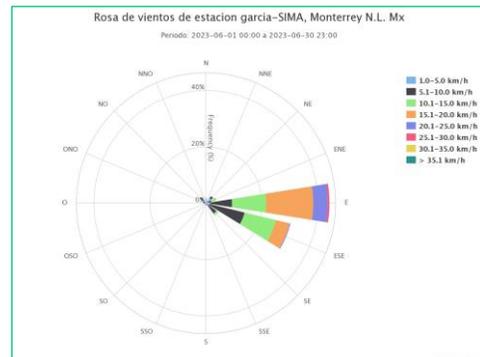
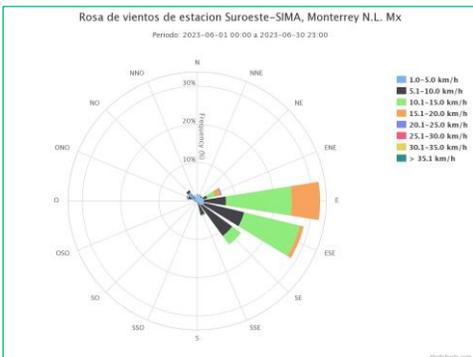
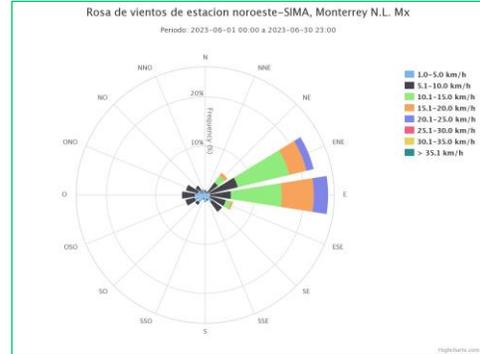
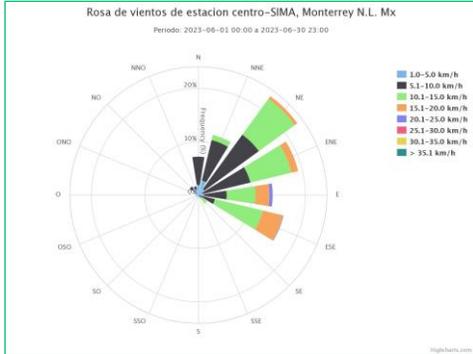
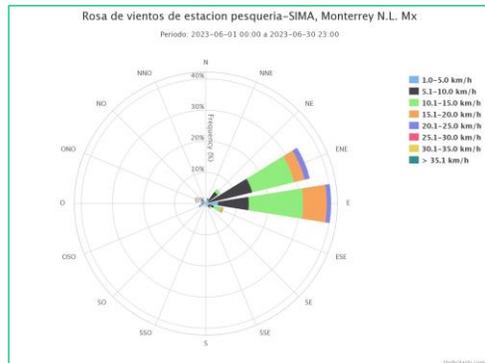
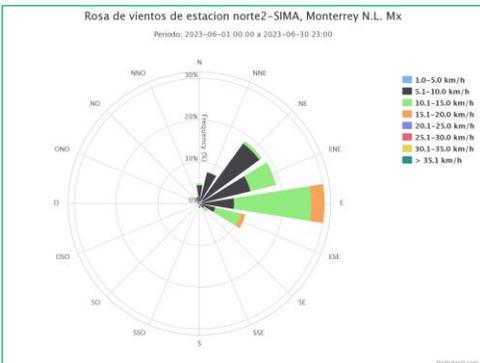
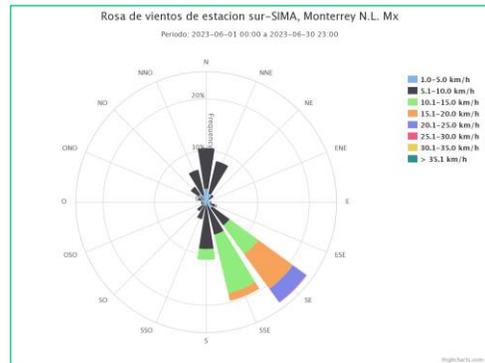
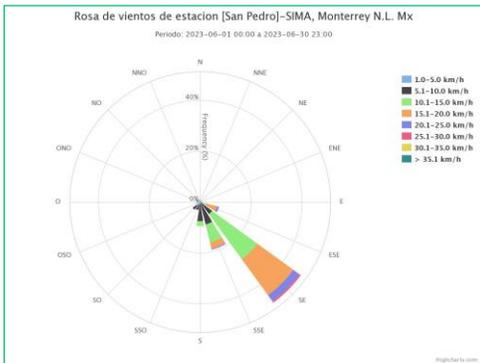
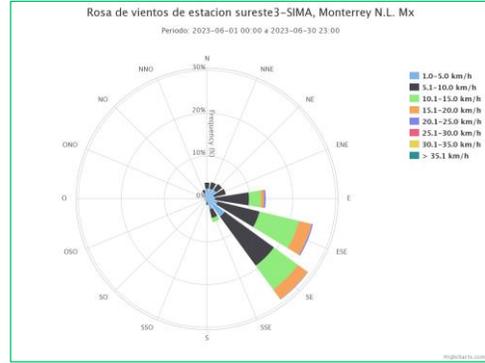
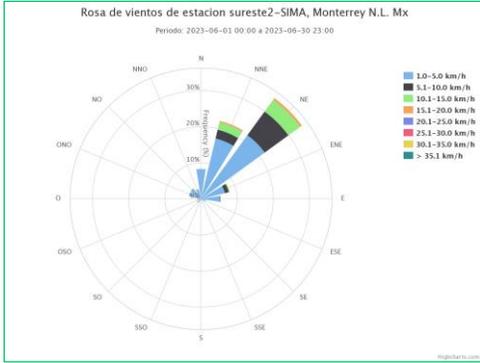


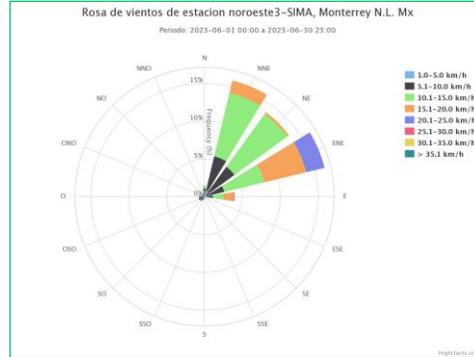
Figura 10. Variación de la rapidez para cada estación del SIMA.

Ahora, como complemento de esta información, se presentarán las gráficas de la dirección de la velocidad para cada una de las estaciones, las cuales son llamadas Rosa de los Vientos.









Como pudo observarse, cada Rosa de los Vientos presenta una dinámica específica de acuerdo con las condiciones meteorológicas locales, así que podemos decir que de acuerdo con el comportamiento de las variables alrededor del sensor, las concentraciones contenidas en una masa de aire pueden propiciar buena, regular, mala, muy mala o extremadamente mala calidad del aire.

Para continuar con este reporte, ahora se mostrarán los comportamientos de cada uno de los siguientes contaminantes: O₃, SO₂, CO, NO₂, NO, PM_{2.5} y PM₁₀.



Concentraciones de contaminantes criterio

Durante el mes de junio 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 6 se muestra la estadística descriptiva por contaminante.

TABLA 6

29

Concentraciones promedio de cada contaminante para el mes de junio

| Contaminante | Unidad de concentración | Promedio mensual | Desviación estándar | Valor máximo | Valor mínimo |
|-------------------|-------------------------|------------------|---------------------|--------------|--------------|
| O ₃ | ppb* | 33.2 | 3.52 | 171 | 1 |
| SO ₂ | ppb | 3.47 | 0.90 | 48 | 0.7 |
| NO ₂ | ppb** | 12.2 | 3.11 | 70.1 | 0.5 |
| NO | ppb | 8.44 | 7.50 | 270 | 0.90 |
| CO | ppm | 0.821 | 0.252 | 5.14 | 0.05 |
| PM _{2.5} | µg/m ³ | 19.8 | 9.09 | 113 | 0 |
| PM ₁₀ | µg/m ³ | 57.1 | 11.4 | 445 | 2 |

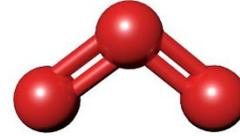
* ppm = partes por millón.

** ppb = partes por billón.





Ozono (O₃)



En la siguiente gráfica de cajas y bigotes, se muestra la concentración del ozono durante el mes de junio, ver Figura 11. En esta gráfica, se puede observar una tendencia regular en el comportamiento del promedio de los datos en donde se tiene una media máxima de 39.22 ppb y una media mínima de 28.63 ppb; para el caso de las medianas, se tiene un valor máximo de 33 ppb y un valor mínimo de 23 ppb.

La mayor cantidad de datos medidos están distribuidos dentro de las barras verticales, pero como se presenta en cada estación, hay datos que son atípicos en términos estadísticos. La altura de cada caja corresponde al comportamiento de los cuartiles, es decir, q₁ y q₃, esto significa una mayor o menor dispersión con respecto al promedio de cada conjunto.

30

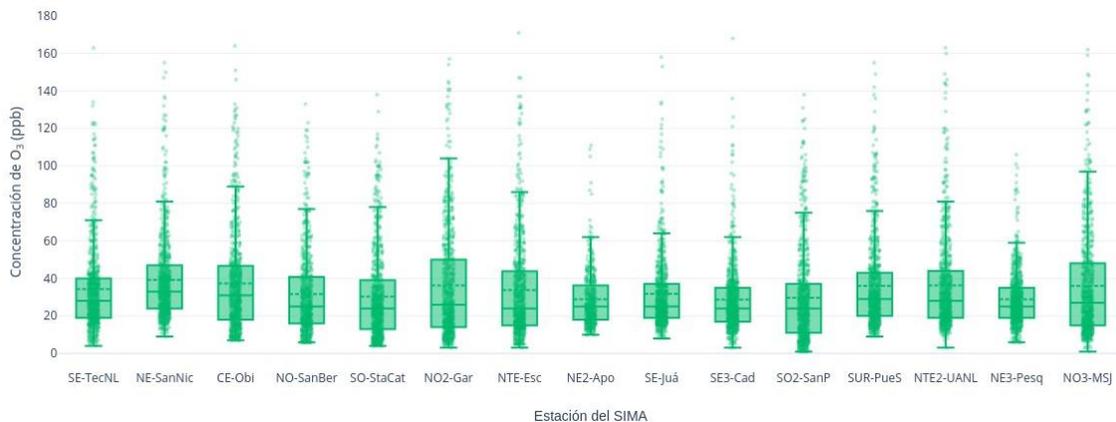


Figura 11. Medición del ozono durante el mes de junio.





En la Figura 12, se presenta un espectro de la medición para cada estación en términos de las 720 horas de medición durante el mes de junio, esto significa que cada punto representa un dato. En esta gráfica se pueden observar 2 picos característicos los cuales fueron medidos en las estaciones de Escobedo NTE y Cadereyta SE3.

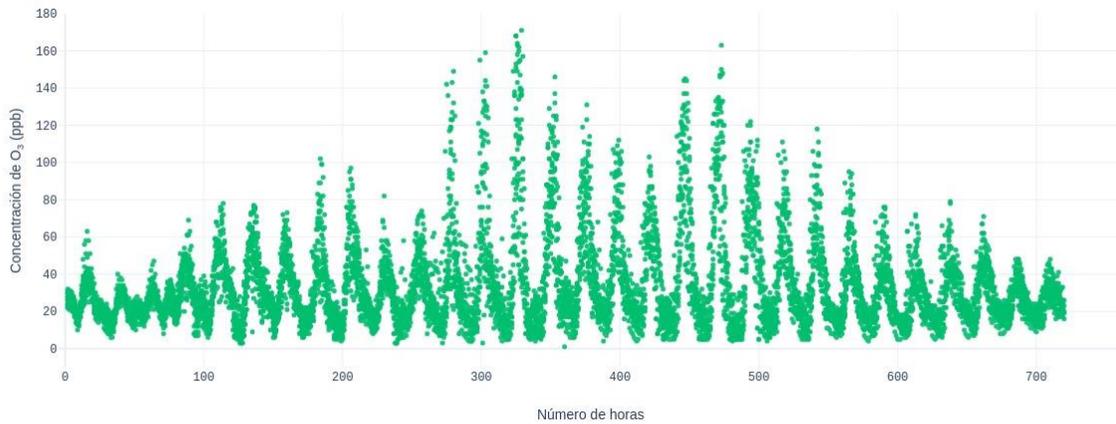
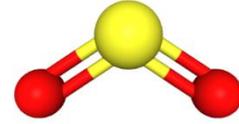


Figura 12. Espectro horario durante el mes de junio para el ozono.





Bióxido de azufre (SO₂)



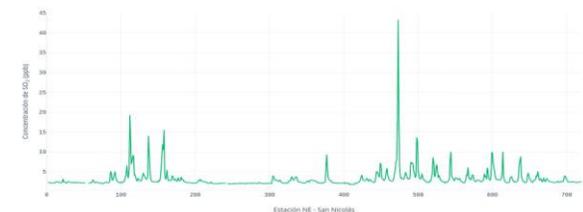
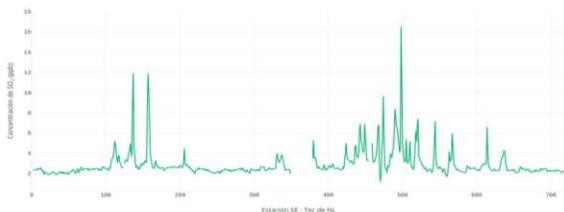
Ahora, siguiendo con la medición de los contaminantes, se muestra el comportamiento mensual por hora para cada una de las estaciones del SIMA. En la Figura 13, se observa que algunos equipos de medición detectaron más concentración a cierta hora de SO₂ que otros, como fueron los casos de las estaciones: Tec de NL, San Nicolás, Escobedo, Juárez, Apodaca, UANL y Misión San Juan; mientras que para las estaciones: San Pedro y Santa Catarina se midieron valores muy bajos.

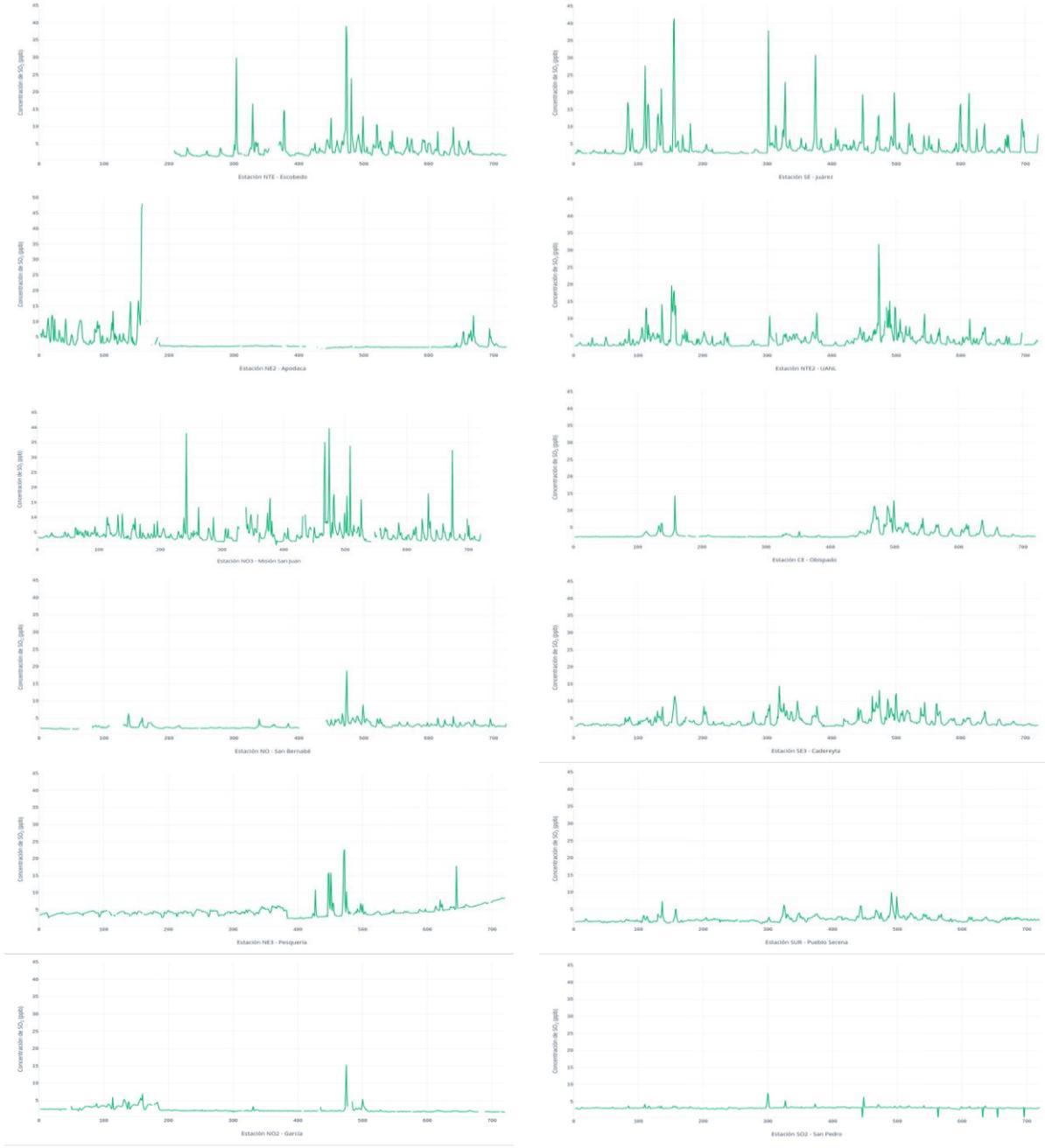
Es importante aclarar que no todas las gráficas tienen la misma escala en el eje vertical, por ejemplo, el pico de la concentración para la estación Tec de NL fue de 16.5 ppb y el pico más alto para la estación Escobedo fue de 39.0 ppb. En algunas estaciones se presentaron fallas en el equipo de medición, por lo que se visualizan discontinuidades, como en el caso de la estación Escobedo.

32

La mayor actividad de SO₂ se puede detectar en los siguientes intervalos:

1. 100 – 200 h: ~4 - ~8 días
2. 400 – 500 h: ~17 - ~21 días







**MEDIO
AMBIENTE**
GABINETE DE GENERACIÓN
DE RIQUEZA SOSTENIBLE



EL GOBIERNO DEL
**NUEVO
NUEVO LEÓN**



Figura 13. Espectro de las mediciones horarias del SO₂.

Por último, en la Figura 14 se muestra el comportamiento en conjunto para las estaciones del SIMA.

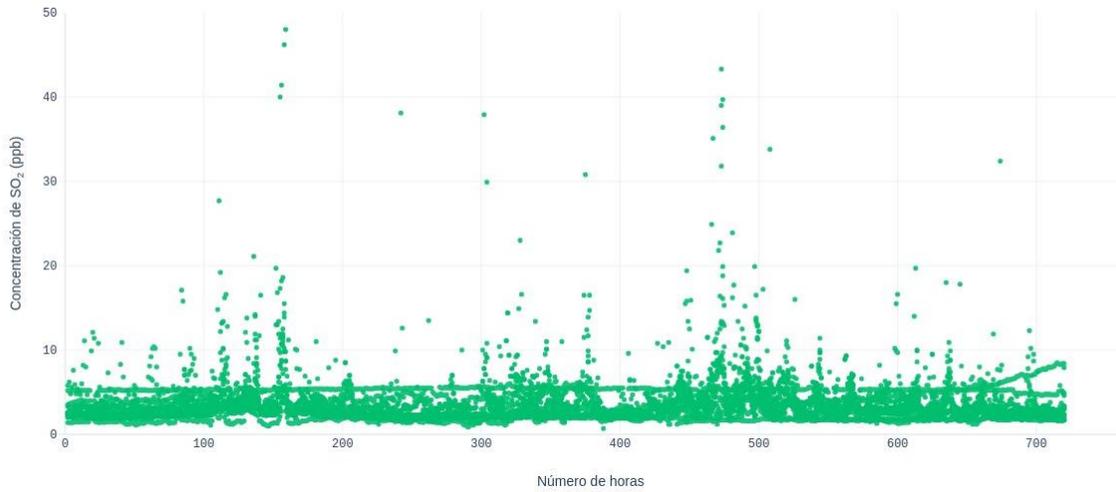
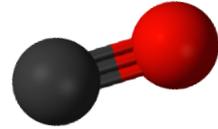


Figura 14. Medición horaria puntual del SO₂ para cada estación.





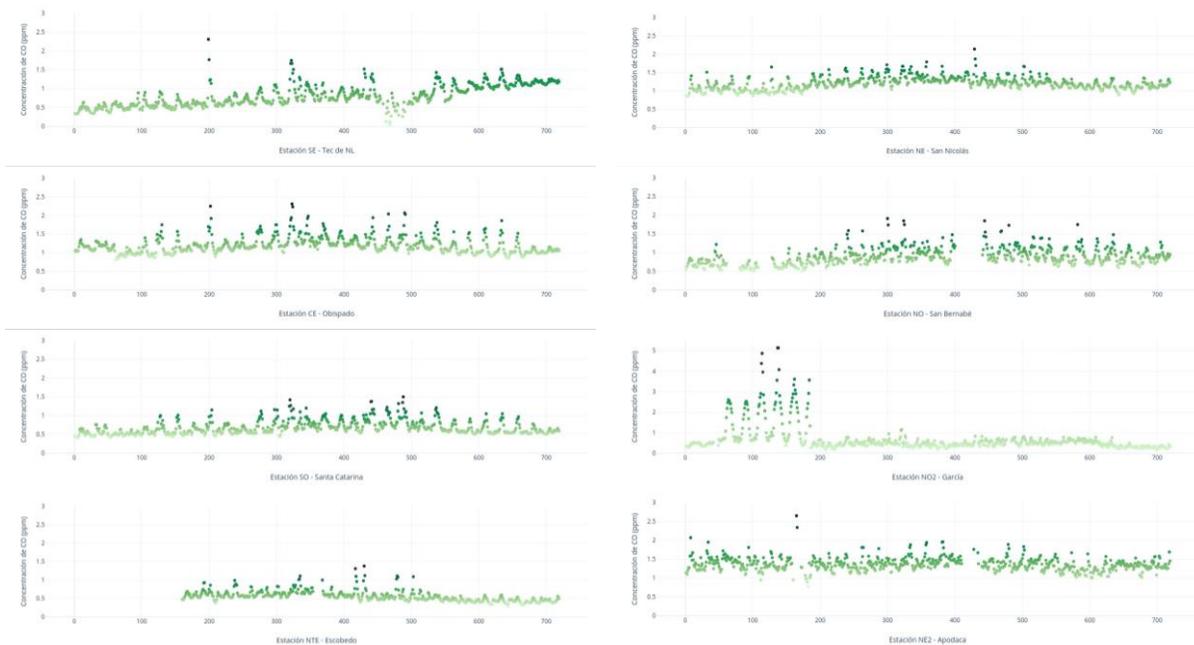
Monóxido de Carbono (CO)



Ahora, en la Figura 15 se presentará el comportamiento del CO durante las 720 horas del mes de junio. Como se puede observar, no existe un patrón característico entre las graficas, pero si de forma individual, tal y como lo muestra la estación de Cadereyta y San Pedro.

Para el caso de García, se presentó la mayor concentración con un valor de 5.14 ppm. La menor concentración la registró la estación de Cadereyta con un valor de 0 ppm. Otras gráficas, como las que se observan en las estaciones de UANL y MSJ mostraron una dispersión muy característica de sus datos. Por ultimo, la estación de García presento un evento local los primeros 8 días del mes.

35



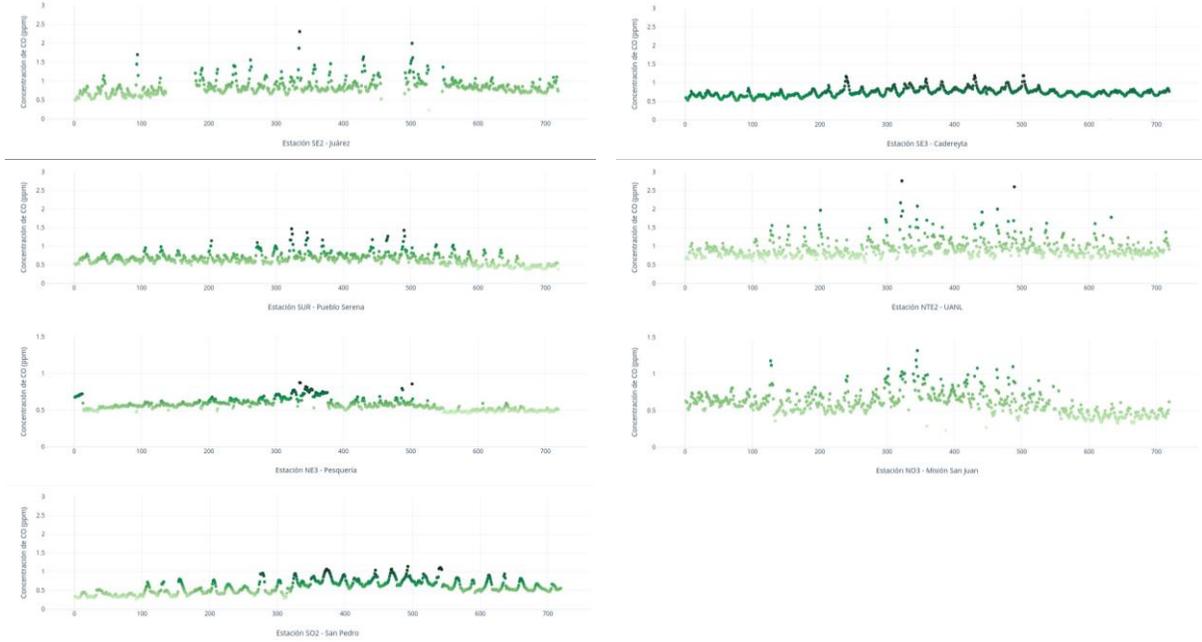
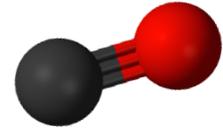


Figura 15. Espectro de las mediciones horarias del CO.





Monóxido de Nitrógeno (NO)

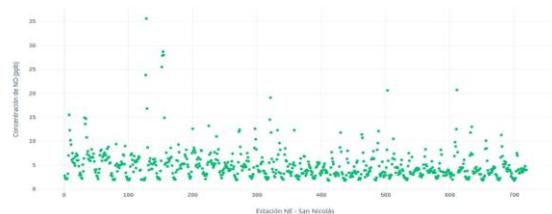
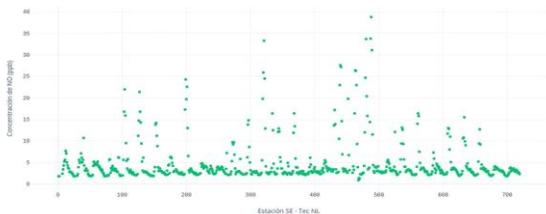


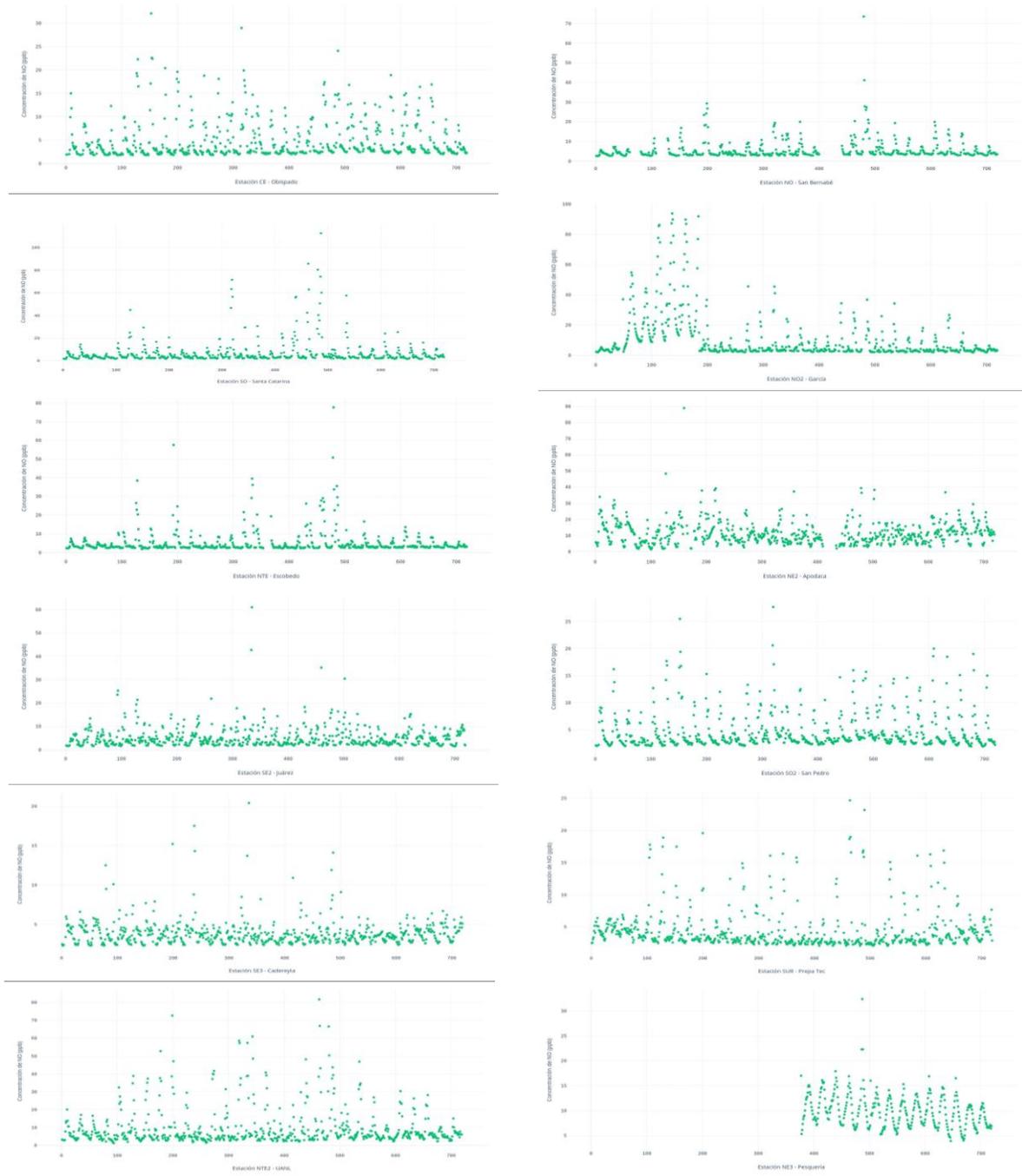
Ahora, siguiendo con las concentraciones de los contaminantes, pasamos a mostrar los datos horarios para el NO en la Figura 16.

Durante la toma de datos, se encontró que el valor máximo fue de 112.6 ppb medido en la estación de Santa Catarina y el valor mínimo fue de 0.9 ppb registrado en la estación Tec NL. El promedio máximo de NO fue de 11.27 ppb con una desviación estándar de 6.82 ppb; mientras que el promedio mínimo fue de 4.48 ppb con una desviación estándar de 3.23 ppb.

37

Los datos por cada gráfica muestran una línea base del analito, que se localiza entre 2 – 6 ppb esto puede verse más notorio en las estaciones de Santa Catarina y Escobedo. Las altas concentraciones se deben principalmente a acumulaciones del contaminante, el cual se transporta a través de la troposfera hasta ser detectado por el analizador.





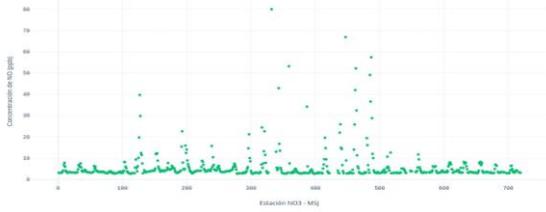


Figura 16. Espectro de las mediciones horarias del NO.





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 está fracción sólida para cada estación del SIMA.

En la gráfica de la Figura 17 se muestran los datos para todas las estaciones del SIMA distribuidas durante las 720 horas del mes de junio. Como se aprecia, se observan 2 crestas cuya amplitud oscilan en las 400 h y 650 h, también hay datos por encima de los 400 µg/m³ para el caso de la estación Santa Catarina.

40



Figura 17. 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 en la Figura 18. En esta gráfica, se muestran los 720 datos horarios para cada estación del SIMA, en ella, se visualiza, de forma más aguda, una cresta cuyo máximo ocurre, aproximadamente, entre las 300 – 400 h.

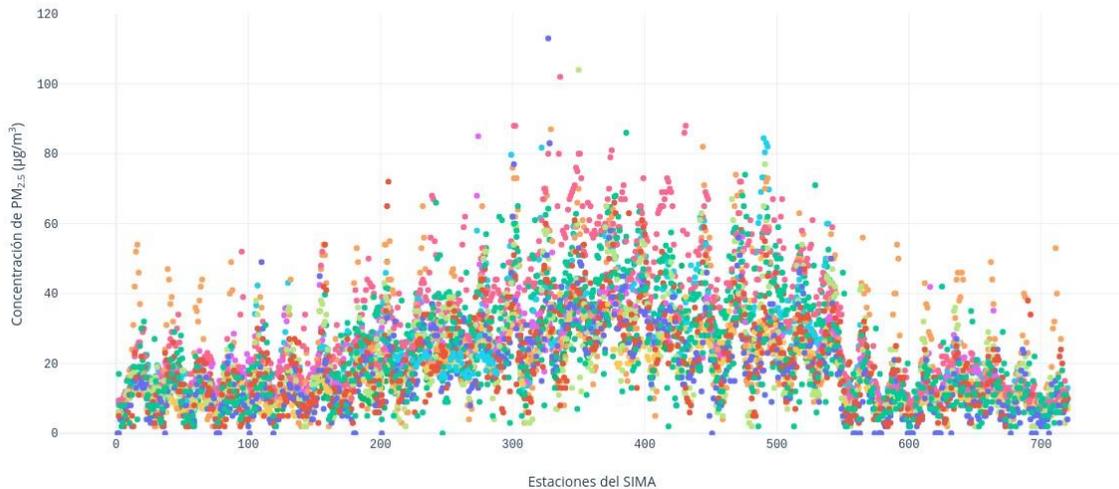


Figura 18. Comportamiento mensual horario de PM_{2.5}.





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 junio.

Cumplimiento de las Normas Mexicanas

42

En la Figura 19 pueden observarse los días en que se sobrepasó al menos una de las Normas Mexicanas. Durante el mes de junio, se presentaron 20 días sobre la norma, a diferencia de 10 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.



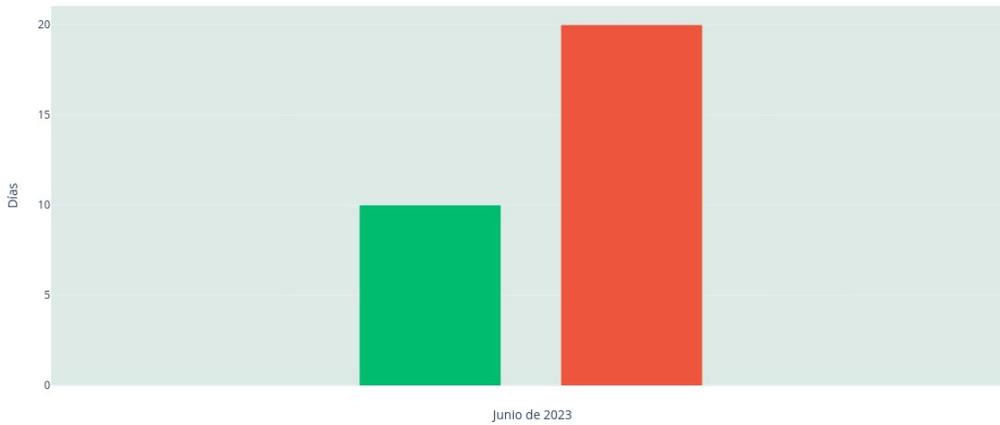


Figura 19. Días sobre la norma global para el mes de junio.

En la Figura 20 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.

43

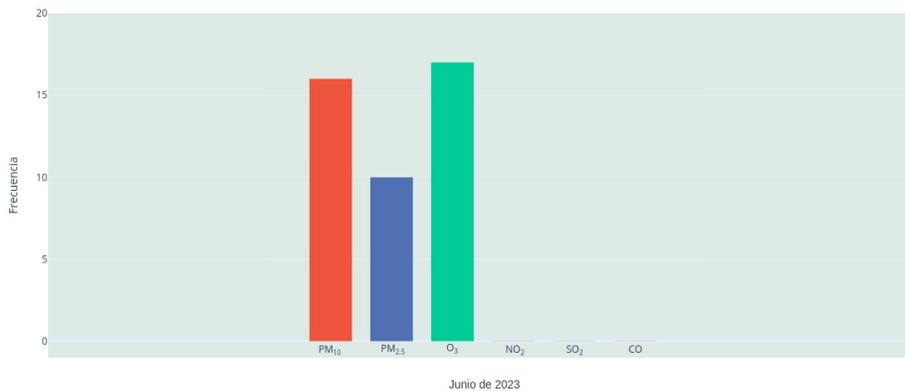


Figura 20. Frecuencia de días acumulados sobre la norma.





Programa de Respuesta a Contingencias Atmosféricas, PRCA

En cuanto al Programa de Respuesta a Contingencia Atmosférica, durante el mes de junio se presentó una alerta ambiental sujeta a un sistema anticiclónico a 500 mb de altura, el fenómeno atmosférico generó un domo (ola, cresta cóncava hacia abajo) de altas temperaturas que a su vez generaron altas sensaciones de calor atmosférico, este episodio tuvo una permanencia del 14 al 23 de junio.

