REPORTE DE LA METEOROLOGÍA Y CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY

JUNIO 2019

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 2
GENERALIDADES 3
1. Análisis de los parámetros meteorológicos 7
1.1. Temperatura para la Zona Metropolitana de Monterrey 8
1.2. Humedad Relativa para la Zona Metropolitana de Monterrey 10
1.3. Precipitación para la Zona Metropolitana de Monterrey 12
1.4. Presión atmosférica para la Zona Metropolitana de Monterrey 14
1.5. Radiación Solar para la Zona Metropolitana de Monterrey 16
1.6. Velocidad y Dirección del viento para la Zona Metropolitana de Monterrey . 18
1.7. Resumen del análisis de los parámetros meteorológicos para la Zona Metropolitana de Monterrey 21
2. Análisis de los Indicadores de la Calidad del Aire 22
2.1. Concentración del Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}) para la Zona Metropolitana de Monterrey 23
2.2. Concentración de Material Particulado menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) en la Zona Metropolitana de Monterrey 25
2.3. Concentración de Ozono (O_3) en la Zona Metropolitana de Monterrey 27
2.4. Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la Zona Metropolitana de Monterrey 29
2.5. Concentración Dióxido de Azufre (SO_2) en la Zona Metropolitana de Monterrey 31
2.6. Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en la Zona Metropolitana de Monterrey 33
2.7. Resumen de los Indicadores de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Monterrey 35
3. Análisis Global de los Días sobre la Norma para la Zona Metropolitana de Monterrey para Junio 2019 36
4. Resumen 39

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) ha generado un constante interés en la ciudadanía, por lo cual, la Secretaria de Desarrollo Sustentable 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 el monitoreo de parámetros meteorológicos y los 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 presentan la descripción temporal y espacial, así como la estadística de los parámetros meteorológicos y contaminantes criterio que se monitorean en la ZMM a lo largo de mes de junio en las diferentes estaciones. Por último, se presenta un resumen de los días que sobrepasan los límites máximos permisibles por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y los valores máximos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) para los contaminante criterio a los que se encuentra expuesto la población.

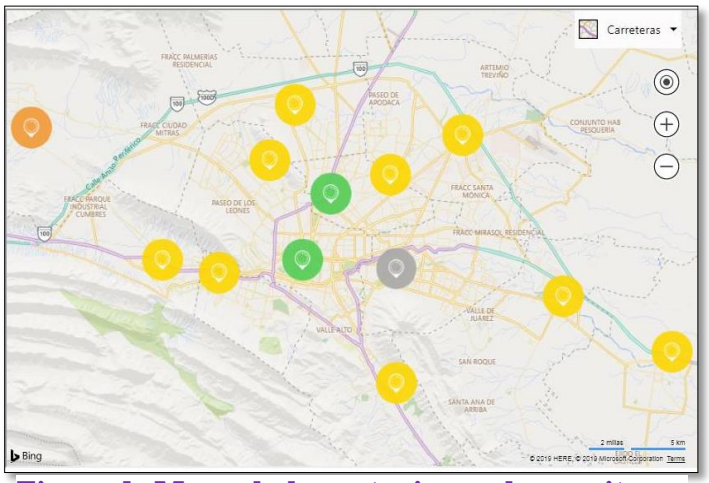
La información que se obtiene de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire y que son presentadas en este reporte, pueden ser utilizados para estudios multidisciplinarios de investigadores, estudiantes de cualquier nivel de estudio y la ciudadanía en general.

GENERALIDADES

La zona metropolitana de Monterrey (ZMM), comprende 12 municipios del Estado de Nuevo León, con una extensión territorial aproximada de 6370 km^2, es la 3° zona más poblada en el país con 4 689 601 habitantes y ocupa el 2° puesto en generación económica, de la cual los sectores de manufactura y los servicios aportan la principal derrama económica.

Ante un panorama de constante crecimiento en la ZMM, el monitoreo de los contaminantes atmosféricos, ha sido parte fundamental para establecer las posibles afectaciones que pueden surgir en la población. Para esto, se ha establecido el Sistema de Monitoreo Atmosférico, el cual tiene como objetivo medir las concentraciones de diversos contaminantes atmosféricos y vigilar el nivel de exposición de la ciudadanía, emitiendo advertencias cuando se presenten episodios de intensa contaminación atmosférica.

En la **Figura 1** se presenta la distribución espacial de las estaciones que conforman la red del SIMA. Hasta el momento se encuentran operando 13 estaciones de monitoreo atmosférico, las cuales operan de oriente a poniente de la ZMM.



Banderas

- **Buena**
- **Regular**
- **Mala**
- **Muy mala**
- **Ext. Mala**
- **Mantenimiento**

Figura 1. Mapa de las estaciones de monitoreo de la red de monitoreo SIMA

En la **Tabla 1** se muestran la ubicación y municipio de las estaciones fijas de la red de monitoreo del SIMA, a su vez se presenta la sigla con la cual se identificaran las estaciones en el presente reporte.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones fijas de monitoreo del SIMA

Sigla	Estación	Ubicación	Municipio
SE	Sureste	Parque Zoológico La Pastora	Guadalupe
NE	Noreste	Col. Unidad Laboral	San Nicolás de los Garza
CE	Centro	Col. Obispado	Monterrey
NO	Noroeste	Col. San Bernabé	Monterrey
SO	Suroeste	Zona Centro	Santa Catarina
N	Norte	Fraccionamiento Santa Luz	General Escobedo
NO2	Noroeste 2	Col. Sierra Real	García
NE2	Noreste 2	Col. Centro	Apodaca
SE2	Sureste 2	DIF Juárez Col. Centro	Juárez
SO2	Suroeste 2	Gimnasio CDI Col. Los Sauces	San Pedro Garza García
SE3	Sureste 3	Col. Jerónimo Treviño 2° Sector	Cadereyta
SUR	Sur	Centro Comercial Pueblo Serena	Monterrey
N2	Norte 2	Unidad de Posgrado CEDEEM UANL	San Nicolás de los Garza

Para llevar a cabo la medición de los parámetros meteorológicos y de los contaminante criterio, en la **Tabla 2** y **3** se realiza un breve resumen de los

equipos de medición y métodos empleados para la adquisición de los datos en cada una de las estaciones que conforman la red de monitoreo del SIMA.

Tabla 2. Parámetros meteorológicos y equipos de medición empleados en las estaciones de monitoreo del SIMA

Parámetros	Equipo de medición
Velocidad del viento	Anemómetro convencional
Dirección del viento	Veleta convencional
Temperatura ambiente	Termistor de estado sólido
Humedad relativa	Sensor de tipo capacitor
Radiación solar ultravioleta	Piranómetro
Presión atmosférica	Sensor de Presión Barométrica
Precipitación pluvial	Pluviómetro

Tabla 3. Contaminantes criterio y métodos de medición de los equipos de monitoreo del SIMA

Parámetros	Métodos de medición
Monóxido de carbono (CO)	Fotometría infrarroja de filtro de correlación de gas
Ozono (O_3)	Espectrofotometría UV
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	Quimioluminiscencia en fase gaseosa
Bióxido de azufre (SO_2)	Fluorescencia pulsante UV
Partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10})	Atenuación de rayos Beta
Partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$)	Atenuación de rayos Beta y Dispersión de luz blanca

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 coteje con los requerimientos establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas y se tenga una base de datos en tiempo real que sirve para la formación de los indicadores que posteriormente se difunden en plataformas digítales y organismos nacionales e internacionales. En la **Figura 2** se describe el proceso de validación de datos que se realiza en el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental.

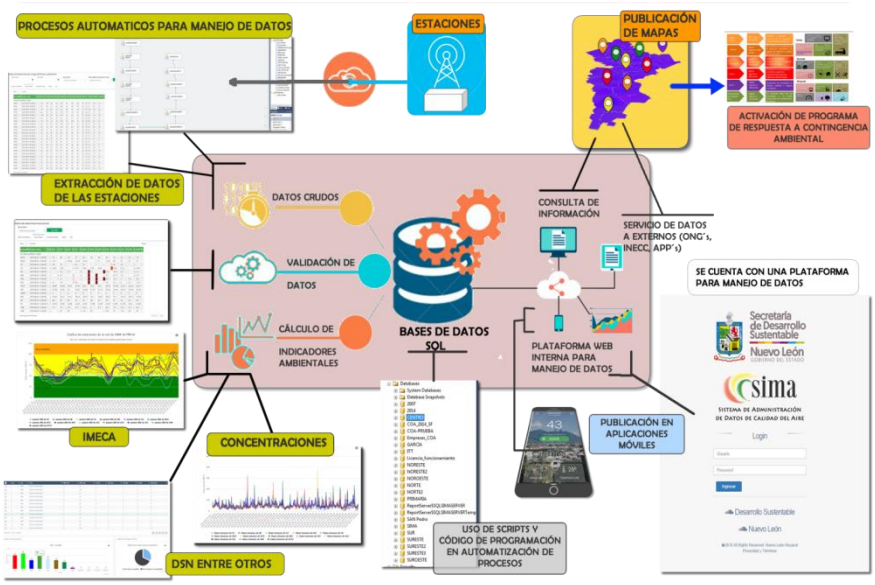


Figura 2. Proceso de validación de datos para la red de monitoreo del SIMA

1. Análisis de los parámetros meteorológicos

A continuación se presenta un breve resumen de las condiciones meteorológicas que prevalecieron en el mes de junio del 2019. La infografía muestra el promedio global de los datos obtenidos de la red de monitoreo de la calidad del aire SIMA y así como los valores mínimos y máximos obtenidos en las estaciones de monitoreo.

Temperatura (°C)

29.03 Promedio	35.21 Máximo	22.77 Mínimo

Humedad Relativa (%)

58.42 Promedio	73.02 Máximo	37.09 Mínimo

Precipitación (mm/hr)

0.002 Promedio	0.084 Máximo	0 Mínimo

Presión Atm. (mm bar)

712.93 Promedio	734.34 Máximo	697.02 Mínimo

Radiación Solar (kW/m^2)

0.216 Promedio	0.323 Máximo	0.058 Mínimo

Velocidad del viento (m/s)

10.8 Promedio	32.09 Máximo	2.51 Mínimo

1.1. Temperatura para la Zona Metropolitana de Monterrey

El análisis para el parámetro meteorológico de la **Temperatura** ambiente es presentado en la **Figura 3** en el cual se detalla los valores promedios diarios del mes de junio, obtenidos de la red de monitoreo del SIMA.

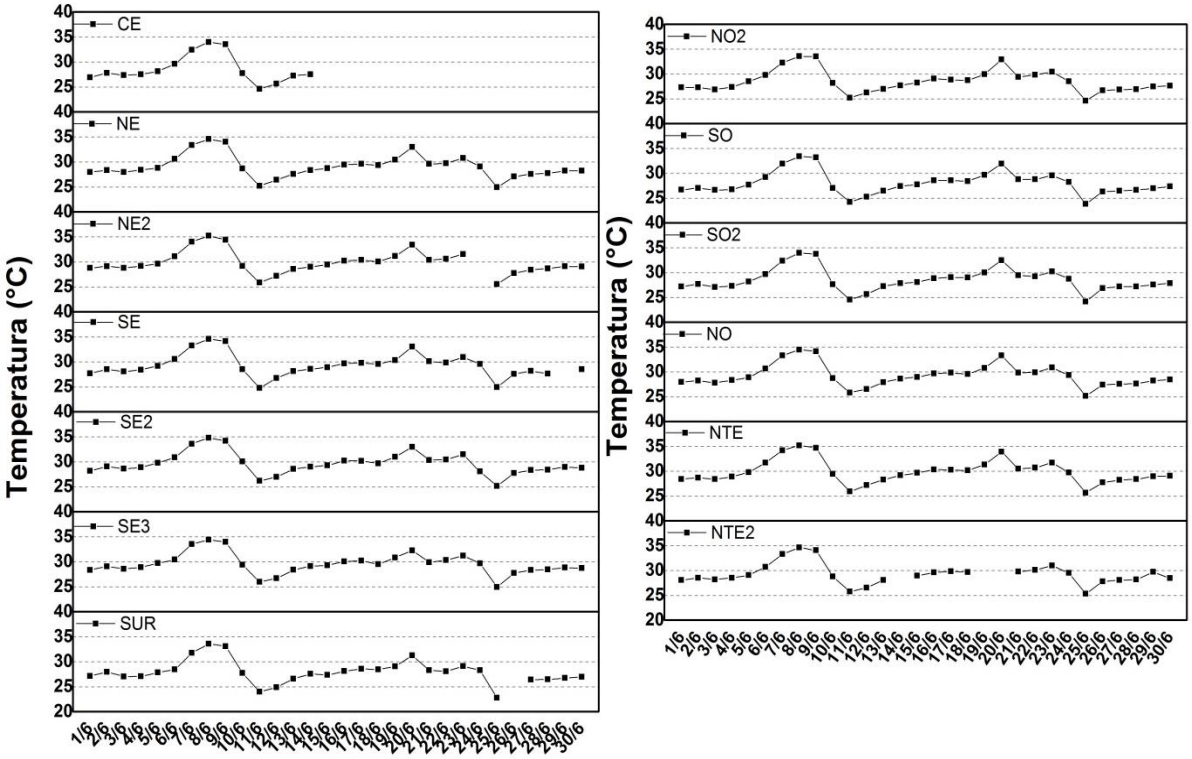


Figura 3. Temperatura promedio diaria de las estaciones para Junio 2019.

Se puede observar un aumento de la temperatura a partir de los 30°C en todas las estaciones del SIMA del 6 al 9 de junio, posteriormente los valores de temperatura disminuyen y presentan un valor aproximado de 30°C. Antes de finalizar el mes, se observa otra disminución de la temperatura (25 de junio) y en los siguientes días las condiciones de temperatura se mantuvieron en un rango de 25 a 29°C. Debido a problemas técnicos, la estación CE no presenta los valores de temperatura desde el 15 de junio.

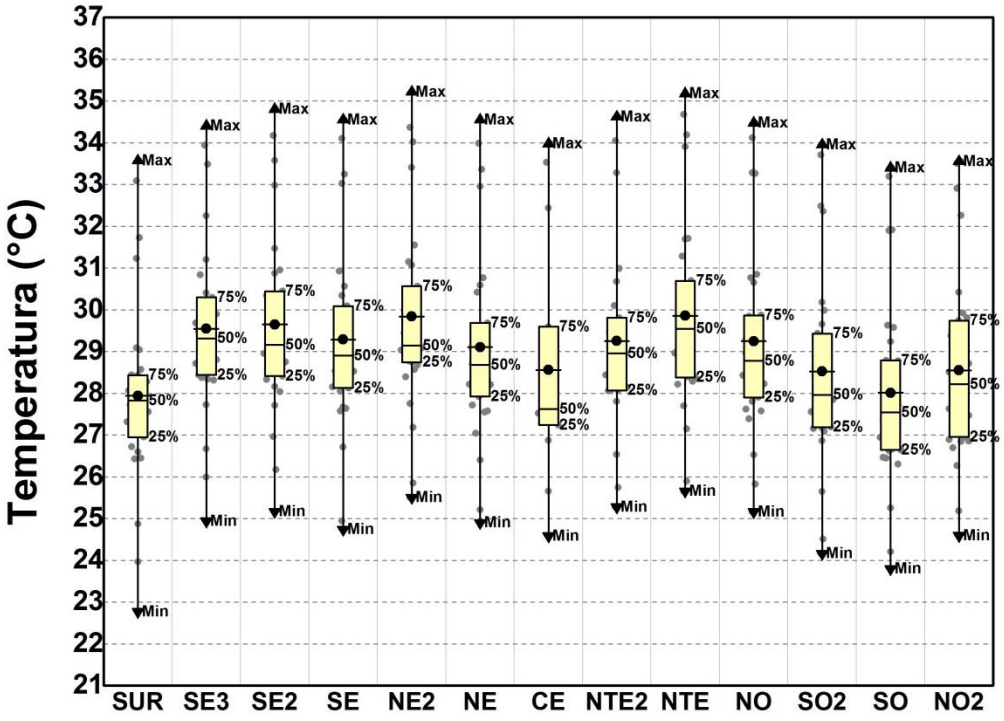


Figura 4. Análisis estadístico para los valores de temperatura de las estaciones en el mes de junio 2019.

Para conocer a detalle la variabilidad de los valores de la temperatura en la **Figura 4** se presenta el análisis estadístico teniendo como indicadores el promedio, los máximos y mínimos de los valores de temperatura de las 13 estaciones de monitoreo del SIMA. El valor mínimo se presentó en la estación SUR con una temperatura de 22.77 °C y el máximo se registró en la estación NE2 con un valor de 35.21 °C. Al promediar el valor de la temperatura de las estaciones de monitoreo, se observa que la temperatura llega a los 29.03°C. Otro detalle que se observa en la gráfica es el 75% de los datos, para las 13 estaciones de monitoreo, se encuentran en un rango de 23 a 31 °C, teniendo aproximadamente 6 días por arriba del rango de temperatura.

1.2. Humedad Relativa para la Zona Metropolitana de Monterrey

Con respecto a la **Humedad Relativa**, en la **Figura 5** se muestran los promedios diarios para cada uno de los días del mes de junio.

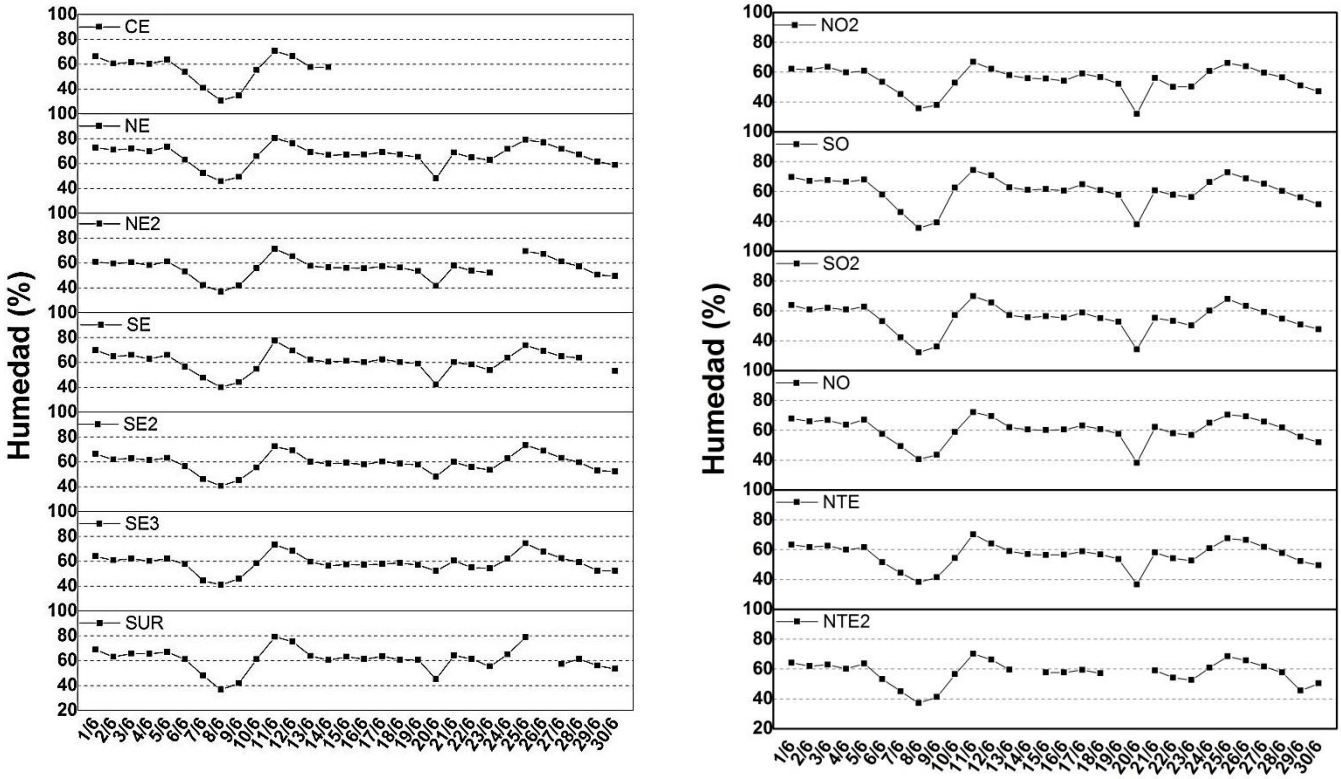


Figura 5. Promedio Diario de la Humedad Relativa de las estaciones para Junio 2019

La humedad relativa se mide en un porcentaje de saturación de vapor de agua en el aire. Para el periodo del 6 al 10 de junio se observa una caída del porcentaje de humedad relativa (Aprox. 40%) y aumentar gradualmente el 11 y 12 de junio y mantenerse constante los siguientes días. El día 20 se observa otra caída hasta el 40% y posteriormente un aumento del 80% aproximadamente para el día 25 de junio.

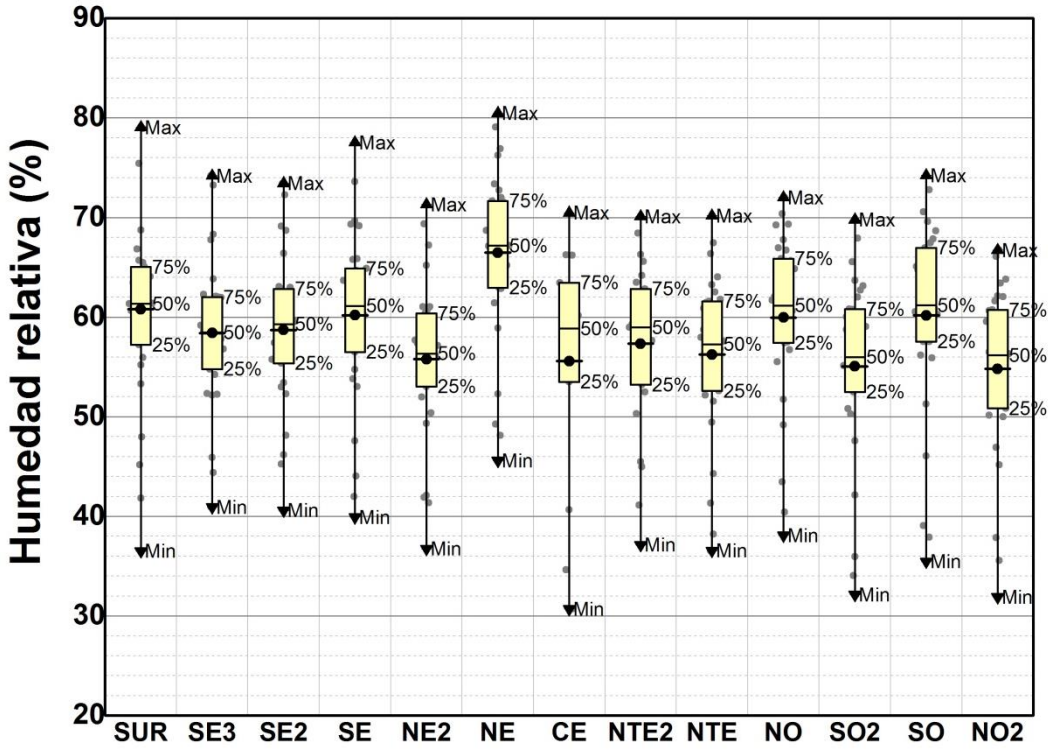


Figura 6. Estadística de la Humedad Relativa de las estaciones para Junio 2019

El análisis estadístico, presentado en la **Figura 6**, muestra que el porcentaje máximo de humedad relativa se midió en la estación NE con un valor de 80.46% y el mínimo se registró en la estación CE con un porcentaje de 30.70%. De manera global, el promedio de humedad relativa para la Zona Metropolitana de Monterrey fue de 58.42%, en donde la distribución de los datos por arriba del 75% son de 6 días aproximadamente.

Este análisis nos indica que las condiciones de humedad a lo largo del mes fueron de manera general mayores al 50% lo cual propicia que la ZMM tuviera un alto porcentaje de saturación de vapor de agua, permitiendo la interacción de los diversos contaminantes de carácter gaseoso en la atmósfera.

1.3. Precipitación para la Zona Metropolitana de Monterrey

Para el parámetro de la **Precipitación** acumulada en la ZMM se puede observar en la **Figura 7** los promedios diarios para el mes de junio 2019.

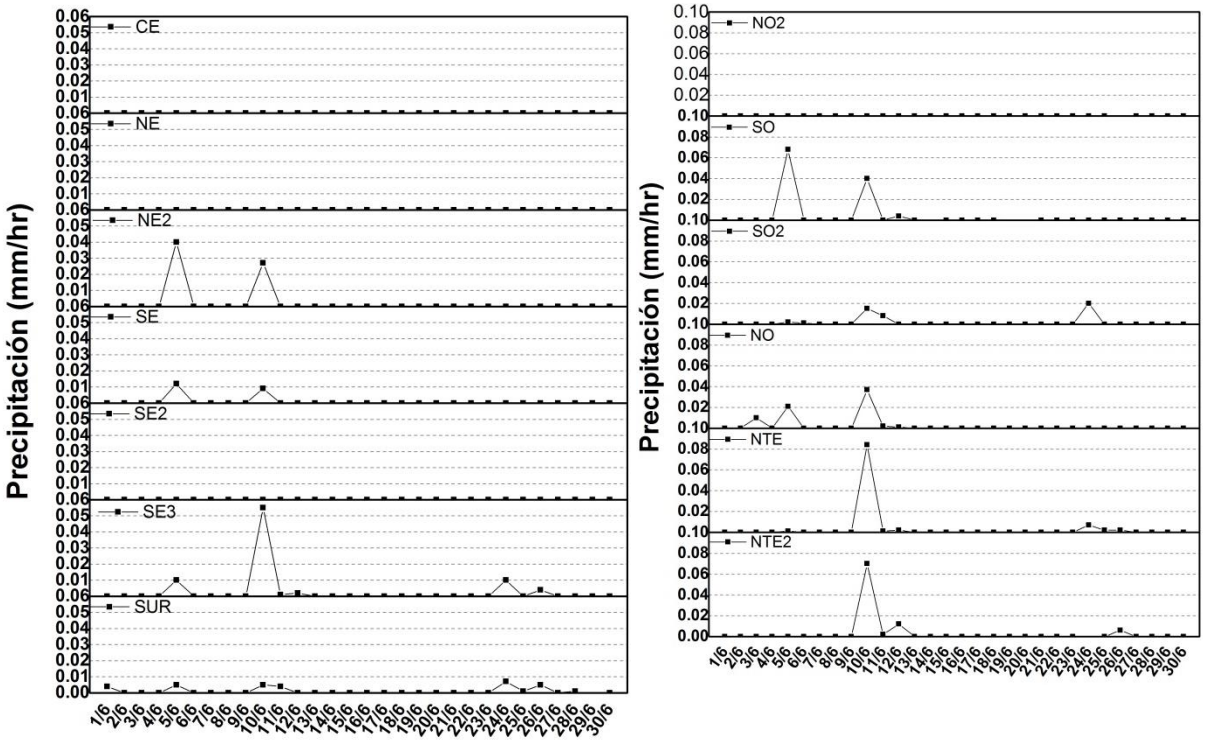


Figura 7. Promedio diario de la precipitación acumulada de las estaciones para junio 2019

Se pueden observar 3 eventos importantes de precipitación los cuales corresponden al 5, 10 y 24 de junio, teniendo como los eventos de mayor acumulación de lluvia los medidos a principio de mes. También se aprecia que las estaciones SE3, SE2, SE, NE2, NTE2, NTE SO2 y SO fueron las que presentaron la mayor captación de lluvia, por lo que no afecto por completo a la ZMM.

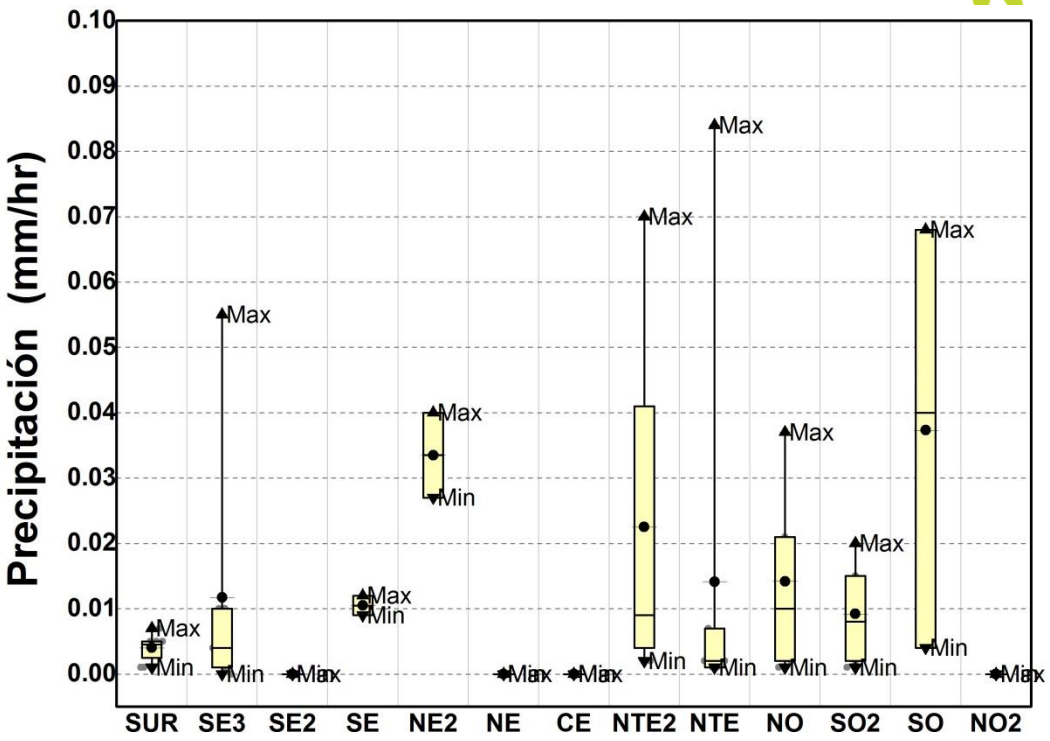


Figura 8. Estadística de la Precipitación de las estaciones para Junio 2019

En la **Figura 8** se muestra el análisis estadístico para el periodo junio 2019 con los valores máximos y mínimos de la precipitación en todas las estaciones del SIMA. El valor máximo se midió en la estación NTE2 y fue de 0.084 mm/hr, para el valor mínimo, se reportó en las estaciones SE3,SE2 y SO2 con una medición de 0.001 mm/hr.

Para el mes de junio se tiene un promedio de precipitación acumulado en la ZMM de 0.017 mm/hr. El evento de precipitación presentado el día 10 de junio, a pesar de tener una acumulación mayor al promedio, no constituyó de manera significativa en la ZMM, teniéndose como un evento atípico para el periodo de análisis de este mes.

1.4. Presión atmosférica para la Zona Metropolitana de Monterrey

Las mediciones de la **Presión Atmosférica** son presentadas en la **Figura 9**, en donde se aprecian las concentraciones promedio diarias para cada una de las estaciones del SIMA en la ZMM.

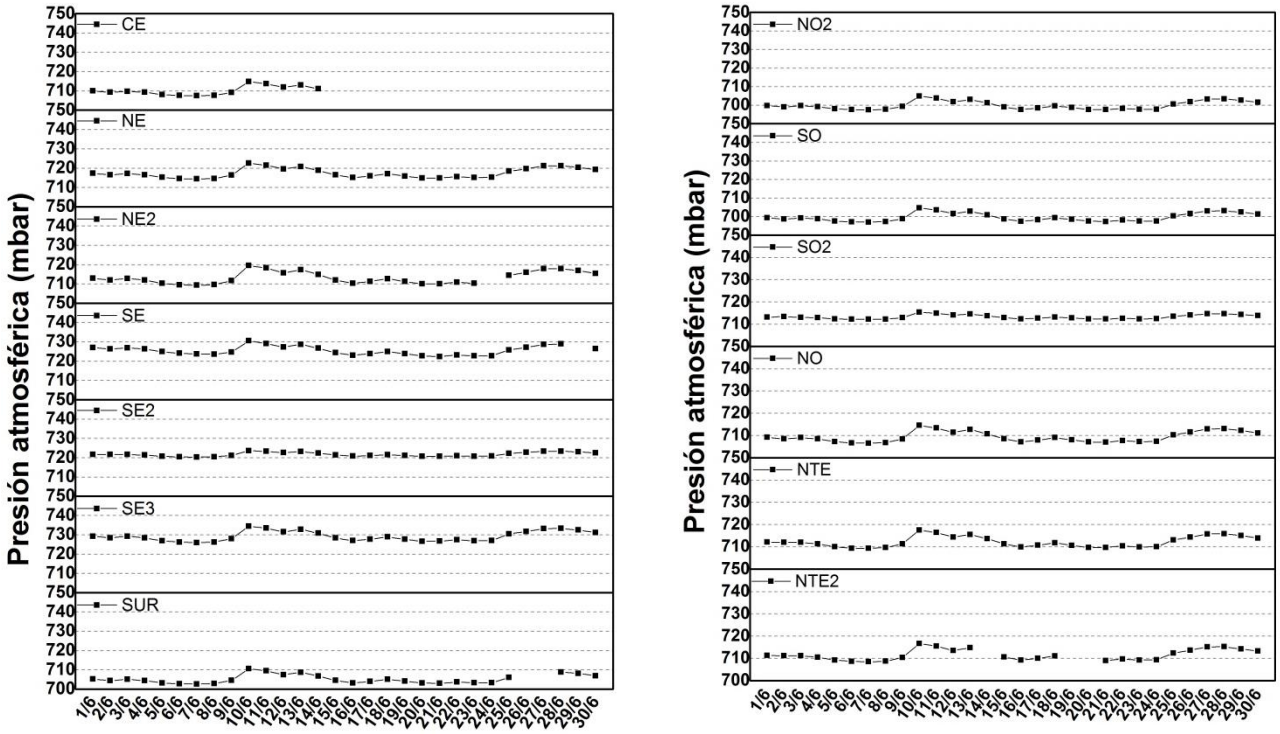


Figura 9. Promedio diario de la Presión Atmosférica de las estaciones para junio 2019

La figura muestra la tendencia del cambio de presión atmosférica a lo largo del mes de junio del 2019. Se puede observar que el 10 de junio se presentó un incremento en la presión atmosférica, lo cual se puede atribuir a las condiciones de precipitación que ocurrió en el mismo día, esta tendencia de incremento en la presión atmosférica se presentó en toda la ZMM.

Posterior al incremento percibido para el 10 de junio, se presentó otro incremento a partir del día 25 de junio manteniéndose hasta el final del mes, este aumento de presión vino acompañado de eventos de precipitación aislados que se registraron en las estaciones SUR, SE3 Y SO2.

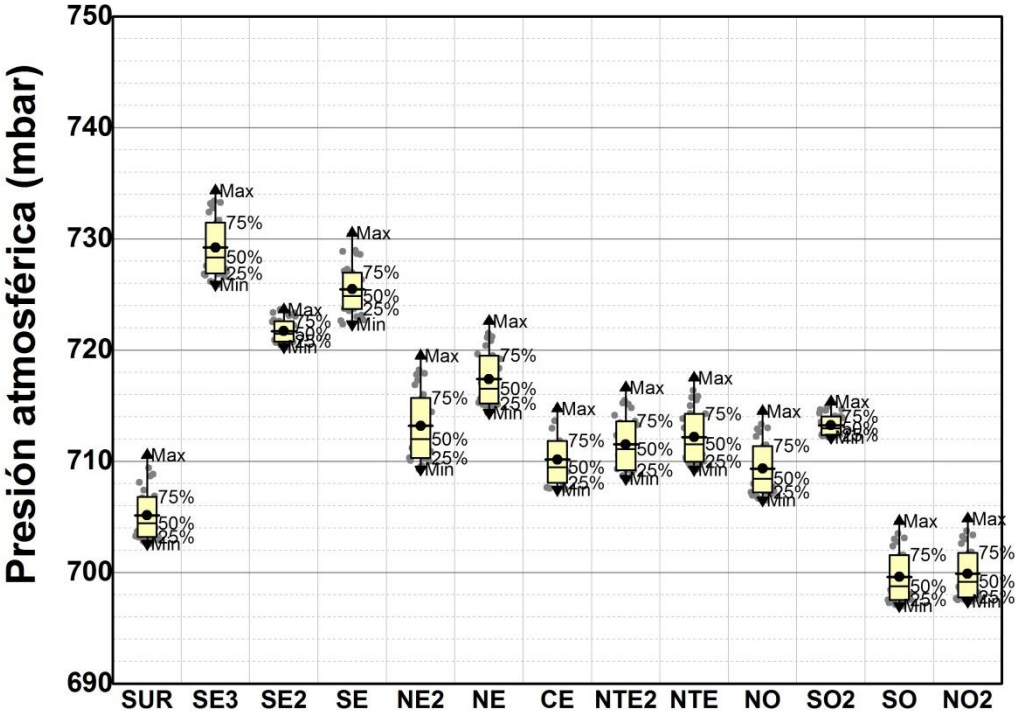


Figura 10. Estadística de la Presión atmosférica de las estaciones para Junio 2019

En la **Figura 10** se presenta el análisis estadístico realizado para el parámetro de la Presión atmosférica en el mes de junio del 2019. Se presentan los máximos y mínimos registrados diariamente en todas las estaciones de monitoreo del SIMA.

Se puede observar que la estación con el valor máximo es SE3 la cual presenta un valor de 734.33 mbar, para el valor menor, la estación NO2 presento una medición de 697.21 mbar. El valor promedio de la presión atmosférica para toda la ZMM fue de 712.93 mbar. Otro dato importante es que las presiones atmosféricas más altas se registran en las estaciones ubicadas en la zona oriente de la ZMM y las más bajas en las estaciones que se encuentran en la zona poniente.

Por último la estación CE presento fallas en el sensor de medición a partir del 15 de junio.

1.5. Radiación Solar para la Zona Metropolitana de Monterrey

Los promedios diarios para la **Radiación Solar** son presentados en la Figura 11. Los datos son presentados por cada una de las estaciones de monitoreo de Sur hasta el noroeste de la ZMM.

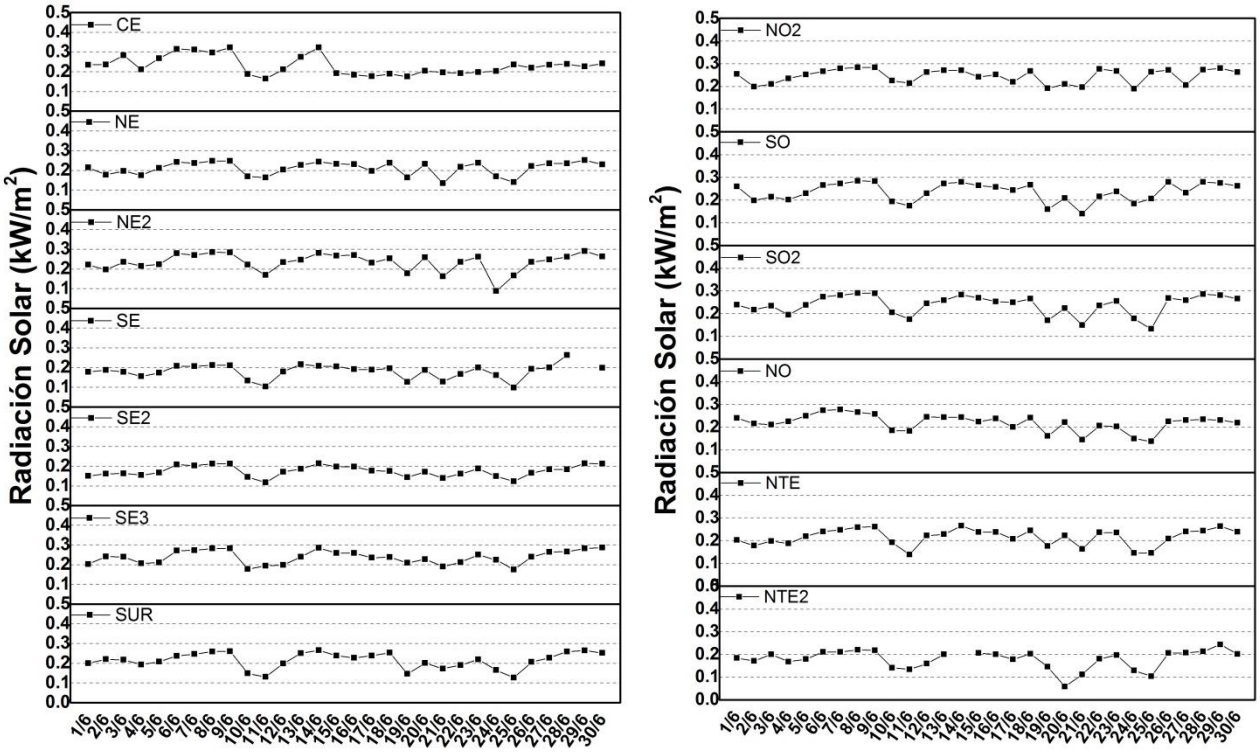


Figura 11. Promedio diario de la Presión Atmosférica de las estaciones para junio 2019

La radiación solar presenta variaciones significabas a lo largo del mes de junio. En primer lugar se puede observar una disminución del valor el día 4 de junio en 10 de las estaciones de monitoreo, posteriormente se registró una reducción para el día 10 de junio que se extendió hasta el siguiente día. Esta disminución se atribuye a la precipitación que ocurrió en el área del oriente de la ZMM y además de la posibilidad de alta nubosidad en toda la zona.

Por último se presentaron disminuciones de radiación solar los días 19 al 20 de junio en 11 de las estaciones de monitoreo, en donde también se presentó precipitación aunque fue de menor intensidad con respecto al 10 de junio.

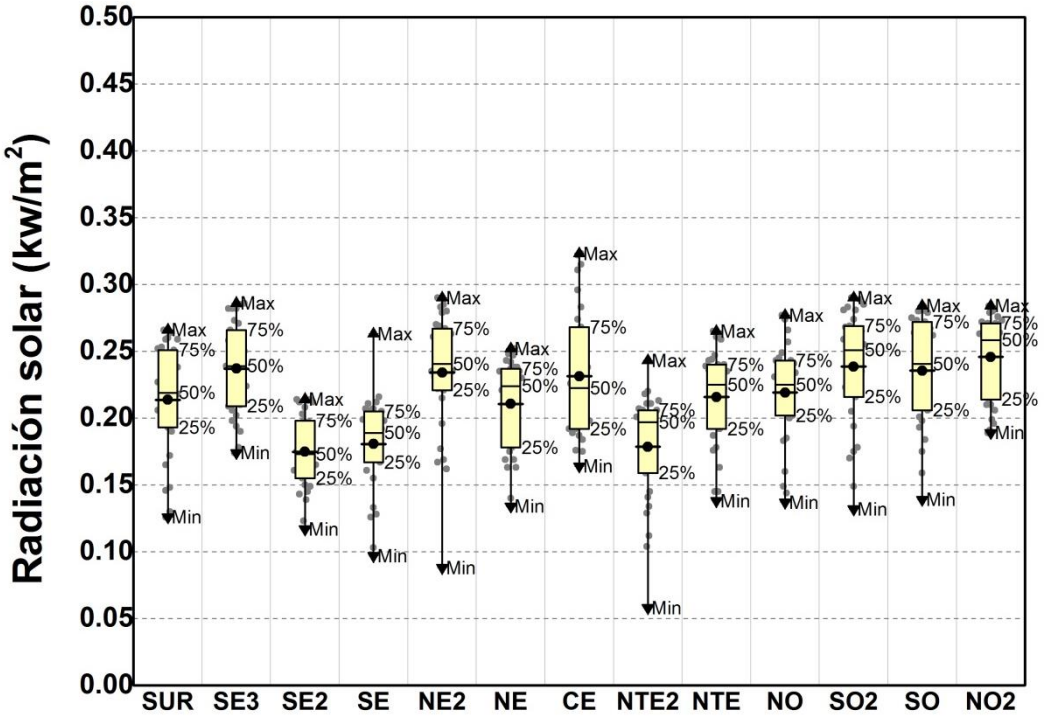


Figura 12. Estadística de la Radiación Solar de las estaciones para Junio 2019

En la Figura 12 se presenta el análisis estadístico de la radiación solar para el mes de junio en todas la estaciones de monitoreo del SIMA. Se muestran los valores máximos y mínimos y los valores promedio que se midieron.

La estación CE presento el valor máximo de radiación solar con 0.323 kW/m^2 y para el valor mínimo se obtuvo en la estación NTE2 con un valor de 0.058 kW/m^2. El valor promedio para todas las estaciones fue de 0.216 kW/m^2.

1.6. Velocidad y Dirección del viento para la Zona Metropolitana de Monterrey

En esta sección se describe el comportamiento de la dirección y velocidad de los vientos. En el caso de la velocidad del viento, se tiene como referencia la escala de Beafurt, la cual, establece rangos de intensidad de los vientos, etiquetando cada uno de estos rangos, en la **Tabla 4** se describe la escala antes mencionada.

Tabla 4. Escala de Bearfut para la descripción de velocidad del viento.

Escala de Beafurt	Rango de velocidad del viento (m/s)	Indicador
Calma	**0.0-0.3**	
Ventolina	**0.3-1.6**	
Brisa muy débil o débil	**1.6-5.5**	
Brisa Moderada o fresca	**5.5-10.8**	
Viento fresco o fuerte	**10.8-17.2**	
Viento duro o muy duro	**17.2-24.5**	
Temporal, borrasca o huracán	**Mayor a 24.5**	

Con respecto a la dirección del viento, se emplea la rosa de vientos, en la cual se observa la distribución de los grados azimutales de todas las mediciones que se realizaron en las estaciones de monitoreo de la calidad del aire. Estas mediciones abarcan el mes de junio y se muestran en los incisos a) hasta el f) de la **Figura 13.** No se presentan los datos de las estaciones NE, NE2 debido a la insuficiencia de datos.

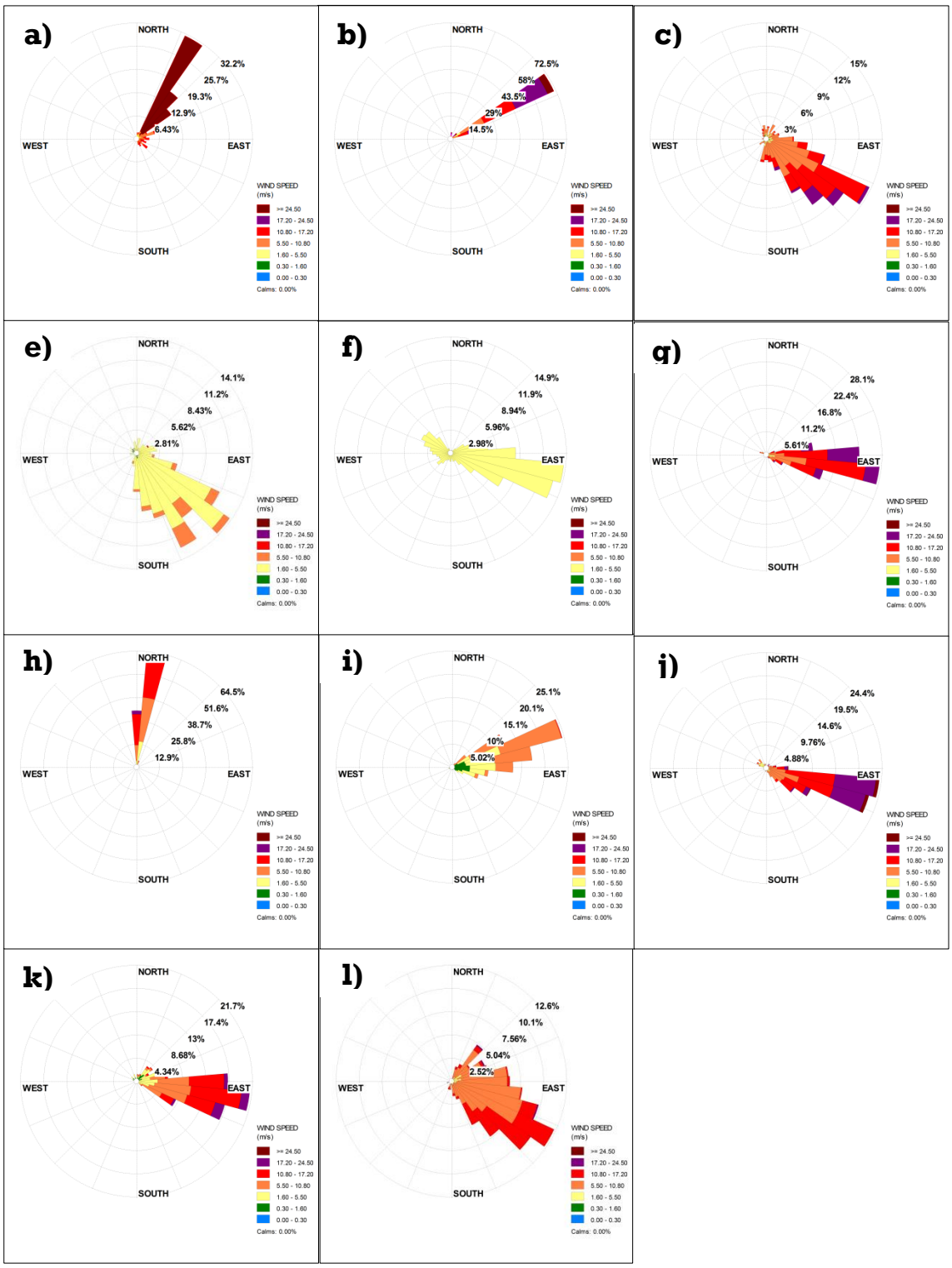


Figura 13. Rosa de vientos de: a) CE, b) SE, c) SE2, d) SUR, e) NO2, f) SO, g) SO2, h) NO, i) NTE y j) NTE2 para el mes de junio del 2019

En la **Figura 13** se puede observar la rosa de vientos para cada una de las estaciones que conforman la red de monitoreo de calidad del aire. Se observa que las estaciones CE, SE, NO y NTE tuvieron direcciones de viento diferentes con respecto a las demás estaciones de la red.

En el caso de la estación CE y NO la dirección predominante es norte y noreste con velocidades de viento muy fuertes, de acuerdo a la escala Bearfut. Para las estaciones SE y NTE se observan vientos predominantes del noreste en donde la velocidad de los vientos son frescos y fuerte. Para el resto de las estaciones se observan direcciones de viento predominantes del sureste y velocidades de vientos entre fuerte y muy fuerte.

1.7. Resumen del análisis de los parámetros meteorológicos para la Zona Metropolitana de Monterrey

De acuerdo los parámetros meteorológicos presentados para el mes de junio, se presentaron 2 eventos de precipitación, los cuales alteraron el comportamiento típico de la atmósfera, debido a los cambios en la temperatura, presión atmosférica y radiación solar, lo que de manera directa puede afectar el comportamiento de los contaminantes presentes en la ZMM.

El segundo evento de precipitación afecto de manera parcial en la zona oriente lo que no repercutió en gran medida las condiciones de toda la ZMM, sin embargo pudo estar modificando la dinámica atmosférica en el área donde se presentó el evento de precipitación.

Los vientos son predominantes en dirección sureste a excepción de la estación Centro, Sureste, noroeste y noroeste2 los cuales presentan vientos en dirección norte para Centro y noreste para las demás estaciones. Con respecto a las velocidades de viento, el promedio fue de 10.5 lo cual puede ser descrito como vientos fuertes para el mes de junio.

2. Análisis de los Indicadores de la Calidad del Aire

Los datos o indicadores obtenidos de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire, son procesados y validados mediante el sistema de validación del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental. Después de su validación, la información se analiza estadísticamente y se determina si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas. A continuación se presenta un breve resumen de la estadística para los indicadores de la calidad del aire.

Partículas menores a 10 micras (PM_{10}) ($\mu g/m^3$)

Promedio	Máximo	Mínimo
46.14	88.83	11.15

Partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) ($\mu g/m^3$)

Promedio	Máximo	Mínimo
17.10	33.23	3.50

Ozono (O_3) (ppm)

Promedio	Máximo	Mínimo
0.032	0.052	0.017

Monóxido de Carbono (CO) (ppm)

Promedio	Máximo	Mínimo
0.070	3.10	0.011

Bióxido de Azufre (SO_2) (ppm)

Promedio	Máximo	Mínimo
0.005	0.011	0.001

Bióxido de Nitrógeno (NO_2) (ppm)

Promedio	Máximo	Mínimo
0.009	0.022	0.002

2.1. Concentración del Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}) para la Zona Metropolitana de Monterrey

En la **Figura 14** se muestran las concentraciones promedio diarias del material particulado menor a 10 micras para todas las estaciones de monitoreo del SIMA. Los puntos en color rojo indican una concentración por encima del valor límite establecido por la NOM-025-SSA1-2014 para 24 horas o un período diario (75 µg/m^3) correspondiente a los días del mes de junio del 2019.

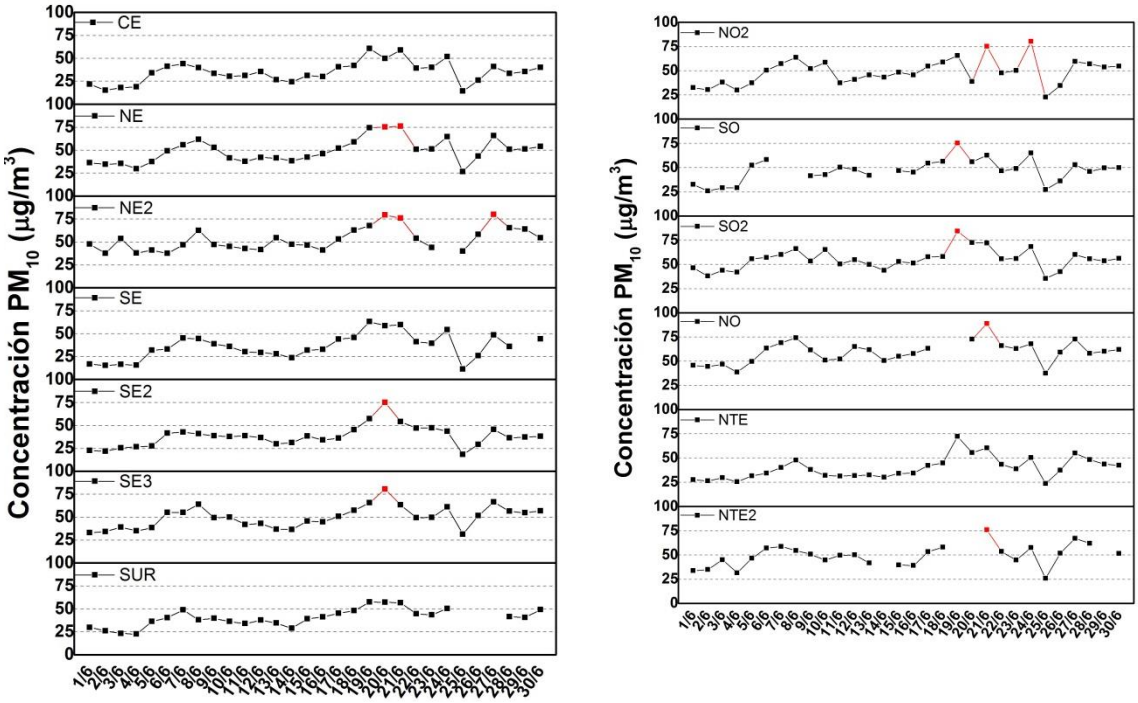


Figura 14. Promedio diario del PM_{10} para las estaciones para junio 2019

En el mes de junio se puede observar que en la primera mitad, las concentraciones del PM_{10} en las estaciones que se ubican en la parte oriente y norte de la zona metropolitana de Monterrey, se mantuvieron en valores por debajo de 50 µg/m^3, para el caso de las estaciones al poniente las concentraciones estuvieron cercanas al valor antes mencionado.

De acuerdo al promedio de 24 horas, se observan 5 días que superan la norma oficial mexicana.

Entre el 19 al 20 y el 24 de junio se presentaron concentraciones por encima de los límites establecidos por la norma oficial mexicana en las estaciones SE3,SE2, NE2, NE, NTE, NO2, NO, SO2 y SO.

Por otro lado se realizó el análisis estadístico para las estaciones de monitoreo, en donde se describen los promedios, máximos y mínimos en el periodo de junio 2019.

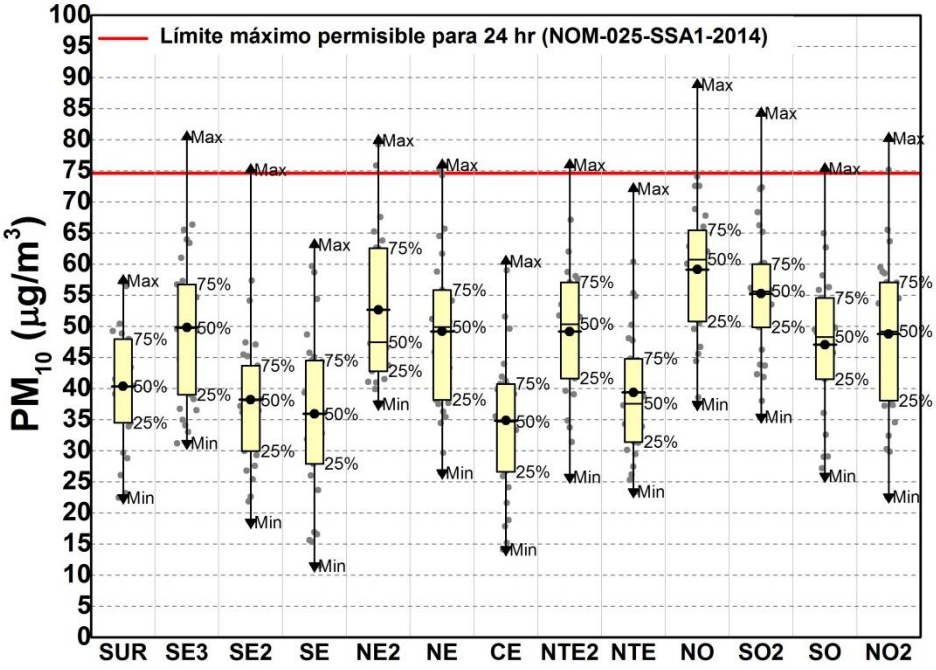


Figura 15. Estadística del PM_{10} para las estaciones para Junio 2019

En la **Figura 15** se presentan los datos obtenidos del análisis de las concentraciones de PM_{10} en las estaciones de monitoreo del SIMA. Se observa que en la estación NO se presentó el valor máximo de 88.83 µg/m^3 y el valor mínimo se registró en la estación SE con una concentración de 11.5 µg/m^3. La concentración promedio de todas las estaciones fue de 46.14 µg/m^3.

Por último, se observa que aproximadamente 24 días en el mes las concentraciones, estuvieron en un rango de 11 a 65 µg/m^3. A excepción de las estaciones SE y CE, en las cuales, las concentraciones estuvieron por debajo este rango.

2.2. Concentración de Material Particulado menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) en la Zona Metropolitana de Monterrey

En la **Figura 16** se presentan los promedios diarios para el material particulado menor a 2.5 micras, registradas en el mes de junio 2019. El valor máximo establecido para un periodo de 24 h en la NOM-025-SSA1-2014 es de 45 $\mu g/m^3$.

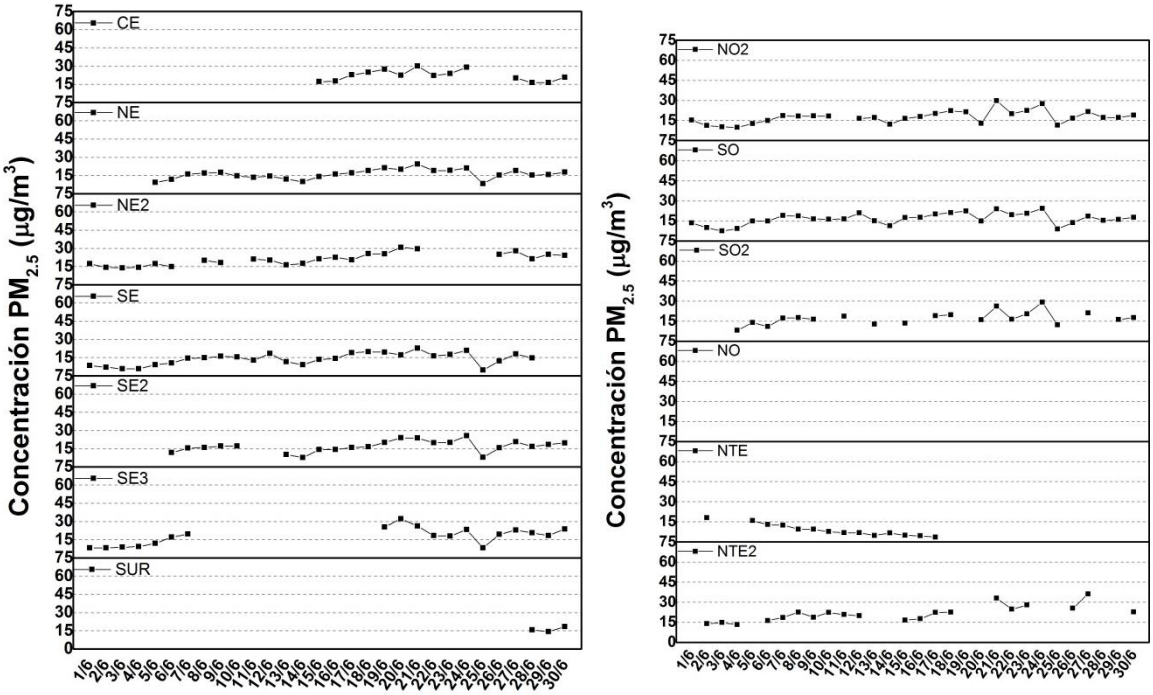


Figura 16. Promedio diario de $PM_{2.5}$ para las estaciones en junio 2019

En primer lugar se puede apreciar que las concentraciones de $PM_{2.5}$ no excedieron el valor límite establecido por la norma oficial mexicana. También se observa que las concentraciones en los primeros 15 días estuvieron por debajo del valor permitido por la norma oficial mexicana.

Las estaciones SUR, SE3, CE NTE y NO presentaron problemas en los equipos de medición o los valores presentaban datos inválidos para su posterior análisis.

En la **Figura 17** se presenta el análisis estadístico del material particulado menor a 2.5 micras, se describen los promedios, máximos y mínimos de las concentraciones pertenecientes a cada una de las estaciones de monitoreo del SIMA para el periodo de junio 2019.

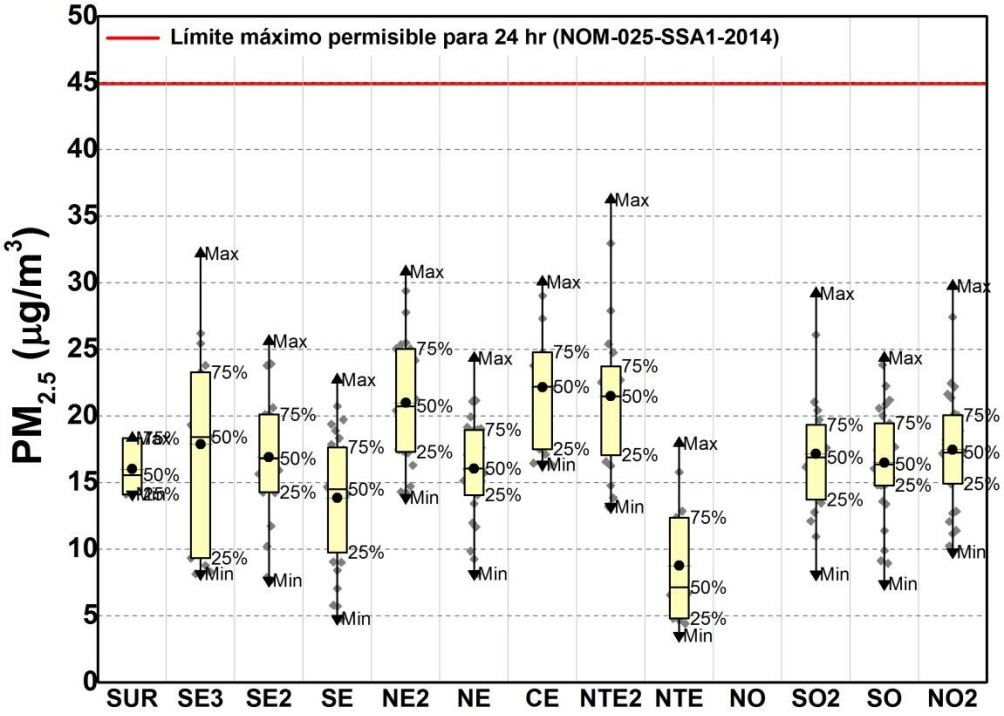


Figura 17. Estadística del $PM_{2.5}$ para las estaciones para Junio 2019

En la **Figura 17** se pueden observar los valores máximos y mínimos alcanzadas en cada una de las estaciones de monitoreo. Para el caso del valor máximo de $PM_{2.5}$ se tuvo en la estación NTE con una concentración de 36.23 µg/m^3, con respecto al valor mínimo, se registró en la estación NTE en una concentración de 3.50 µg/m^3. El promedio global de $PM_{2.5}$ en la Zona Metropolitana de Monterrey fue de 17.10 µg/m^3.

El rango de concentraciones que se tuvo de PM2.5 en un aproximado de 24 días fue de 3.5 a 25 µg/m^3. Para el caso de la estación SUR los datos no representan adecuadamente el comportamiento del mes debido a la poca cantidad de datos obtenidos.

2.3. Concentración de Ozono (O_3) en la Zona Metropolitana de Monterrey

El análisis del promedio diario de la concentración de Ozono para el mes de junio 2019 en la Zona Metropolitana de Monterrey, se presenta en la **Figura 18**.

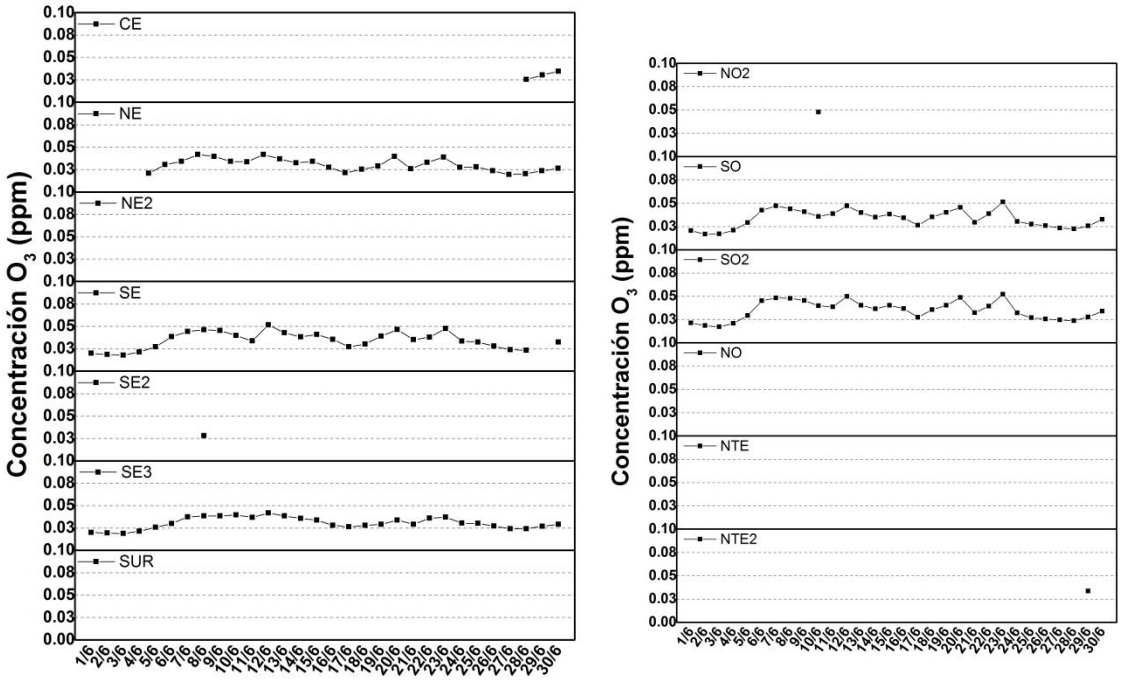


Figura 18. Promedio diario de $PM_{2.5}$ para las estaciones en junio 2019

Las estaciones SUR, NE2, NTE, NO se encuentran sin datos debido a que no hay equipos en operación en las estaciones, en el caso de las estaciones SE2, CE, NTE2, NO2 debido a fallas técnicas en las estaciones no se presentaron todos los datos del mes junio de 2019.

En el caso de las demás estaciones, se observa un comportamiento similar, se presentó un incremento cercana a 0.05 ppm el día 6 y se mantuvo hasta el día 10 de junio. Por último se observaron un par de incrementos más los días 20 y 23 de junio.

El análisis estadístico se presenta en la **Figura 19**, en donde se presentan los promedios, máximos y mínimos diarios de todas las estaciones del sistema de monitoreo del SIMA.

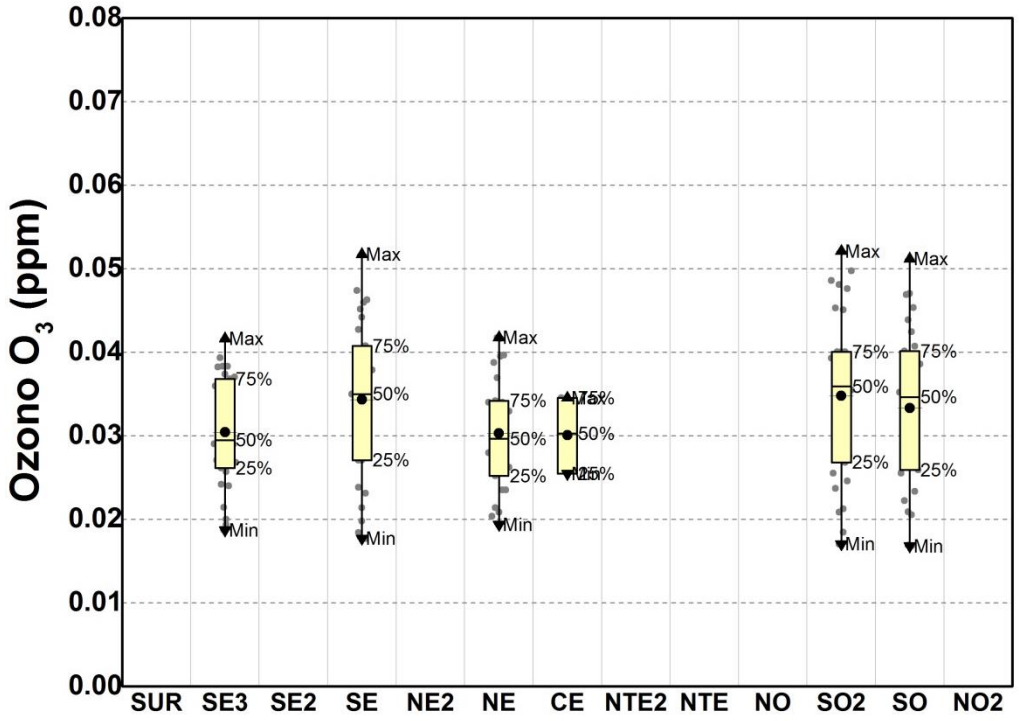


Figura 19. Estadística del $PM_{2.5}$ para las estaciones para Junio 2019

Para el indicador de Ozono se presenta el análisis estadístico de las estaciones que presentaron la mayoría de datos que fueron SE3, NE2, NE, CE, SO2 y SO. El valor máximo de ozono se midió en la estación SO2 con una medición de 0.052 ppm, para el valor mínimo se observa que la estación SO tuvo la concentración de 0.017 ppm. El promedio global de las estaciones fue de 0.032 ppm.

La NOM-020-SSA1-2014 indica como limites máximo permisibles de 0.095 ppm para un periodo de 1 h y 0.07 para un periodo de 8 horas, en ambos casos, los datos presentados no excedieron las concentraciones mencionadas.

2.4. Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la Zona Metropolitana de Monterrey

El indicador de Monóxido de Carbono se presenta en la **Figura 20**, se presenta el promedio diario para las estaciones de monitoreo del SIMA en el periodo de junio 2019.

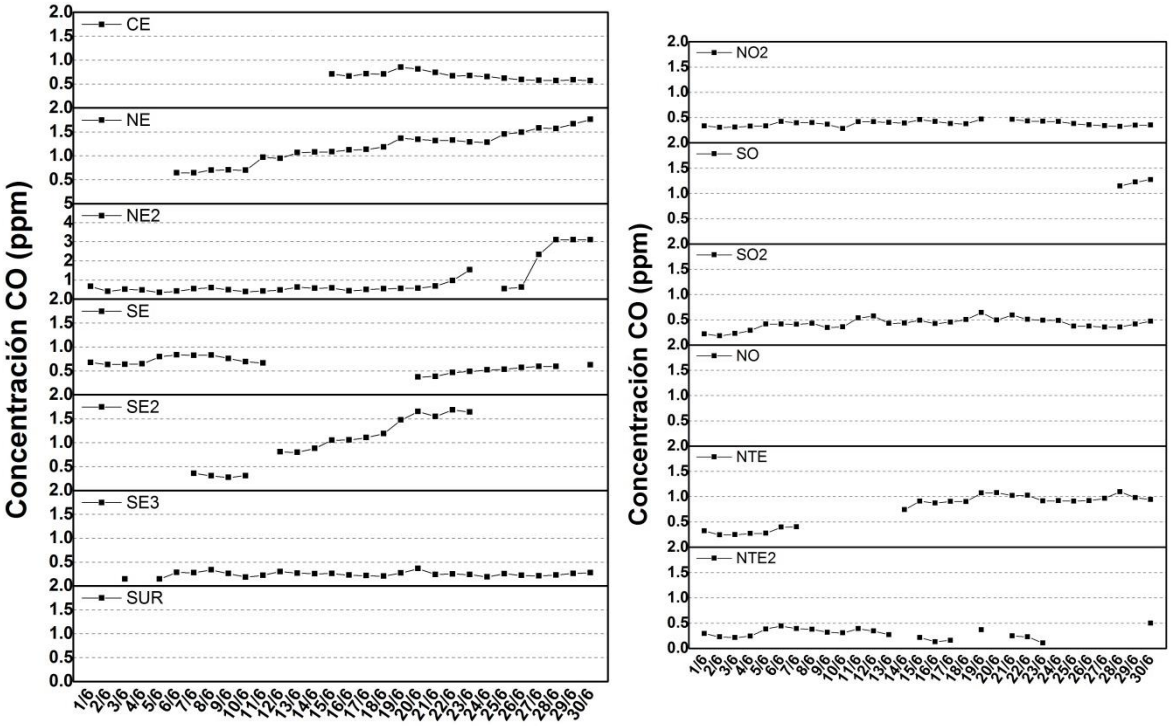


Figura 20. Promedio diario de CO para las estaciones en junio 2019

Como primera observación las estaciones SUR y NO cuentan con equipos en la estación de monitoreo y la estación SO no tiene la suficiencia de datos para evaluar el comportamiento del contaminante a lo largo de junio 2019.

La concentración de CO en las estaciones, a excepción de NE y NE2, presentó valores por debajo de 1 ppm de promedio diario. Es de notarse que a finales del mes de junio las concentraciones tuvieron un incremento considerable, teniendo de mayor interés la estación NE2 en donde se llegó a valores de hasta 3 ppm en los últimos 3 días del mes.

En la **Figura 21** se presenta el análisis estadístico del CO en las estaciones monitoreo de la ZMM para el mes de junio 2019. Se describen los valores máximos, mínimos y promedios para cada una de las estaciones.

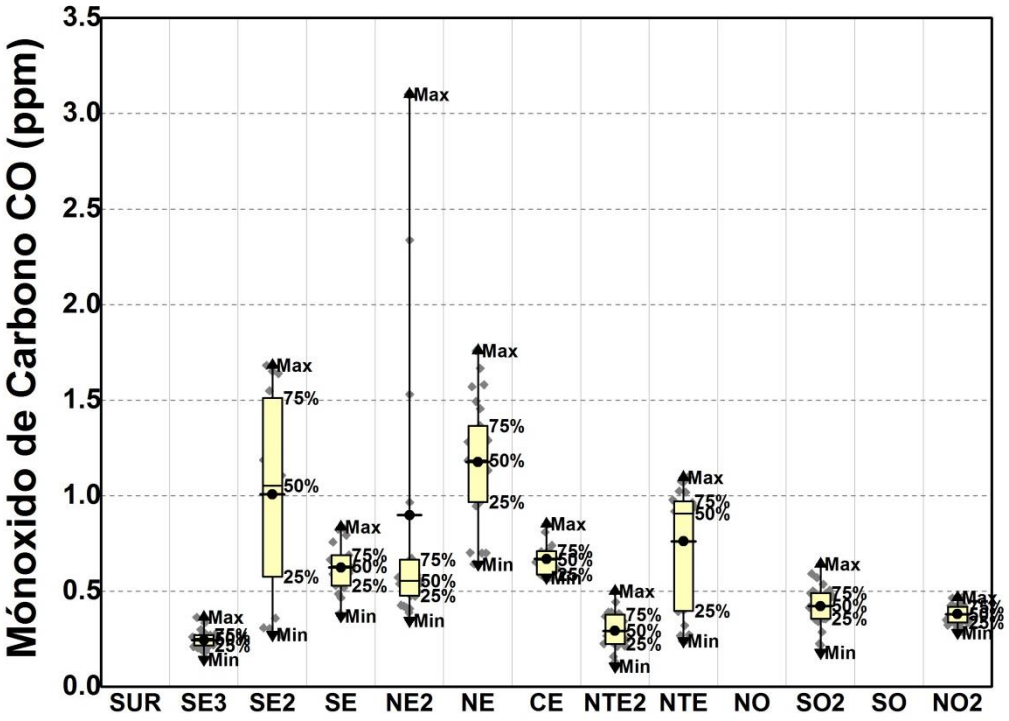


Figura 21. Estadística del CO para las estaciones para Junio 2019

El análisis estadístico mostró las concentraciones máximas para cada una de las estaciones del SIMA, en donde la estación NE2 presento el valor más alto con 3.11 ppm. Para el caso del valor mínimo, se reportó en la estación de NTE2 con una concentración de 0.011 ppm. El promedio global para las estaciones del SIMA fue de 0.7 ppm.

2.5. Concentración Dióxido de Azufre (SO_2) en la Zona Metropolitana de Monterrey

En la **Figura 22** se presenta el promedio diario para los días que comprenden el mes de junio 2019 de la concentración de Dióxido de Azufre en todas las estaciones que conforman la red de monitoreo del SIMA.

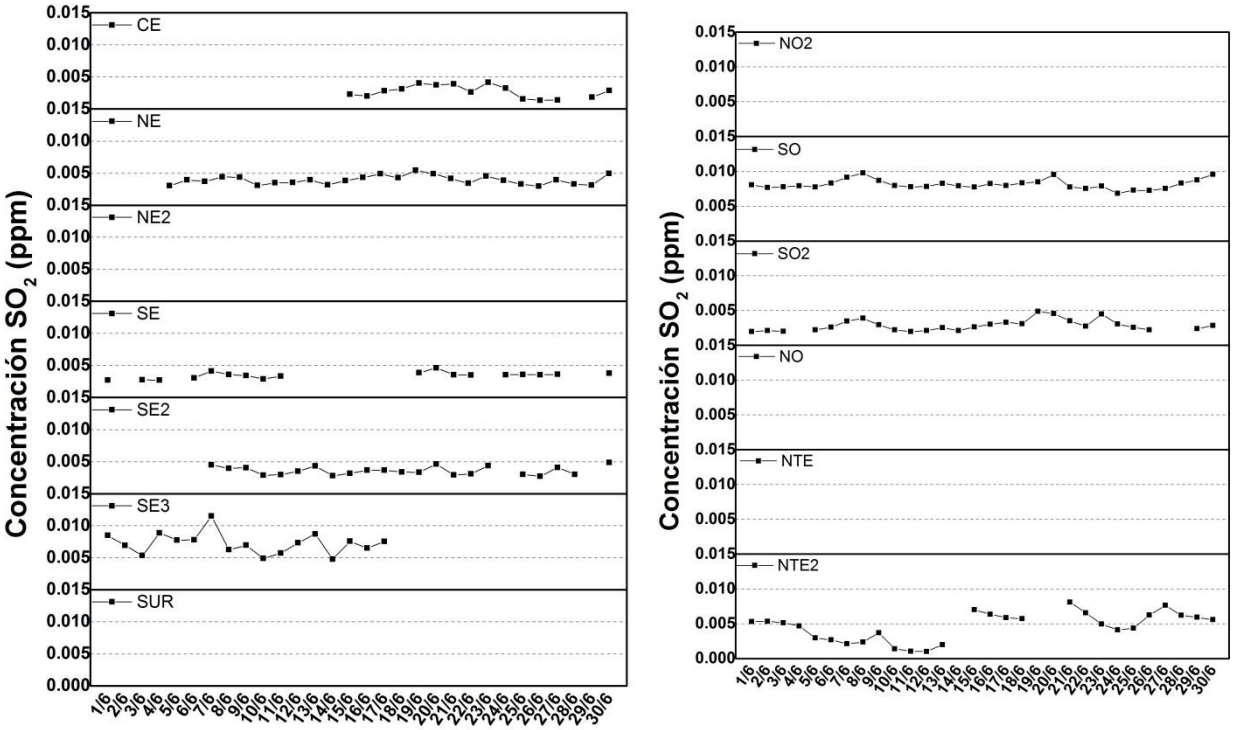


Figura 22. Promedio diario de SO_2 para las estaciones en junio 2019

En las estaciones NTE, NO2 no se presentan datos debido a la falta del equipo de medición en la estación y en SUR, NO, NE2 hubo una falla en la operación del equipo.

Los promedios diarios indican que la estación SE3, tuvo valores cercanos a 0.01 ppm en los primeros días del mes y en el caso de la estación NTE2 el incremento se presentó a finales del mes. Por último, en la estación SO tuvieron valores cercanos a 0.01 ppm en la mayoría de los días del mes de junio 2019.

En la **Figura 23** se presenta el análisis estadístico del SO2, en donde se pueden observas los valores máximos, mínimos y promedios de cada una de las estaciones de monitoreo del SIMA para el periodo de junio 2019.

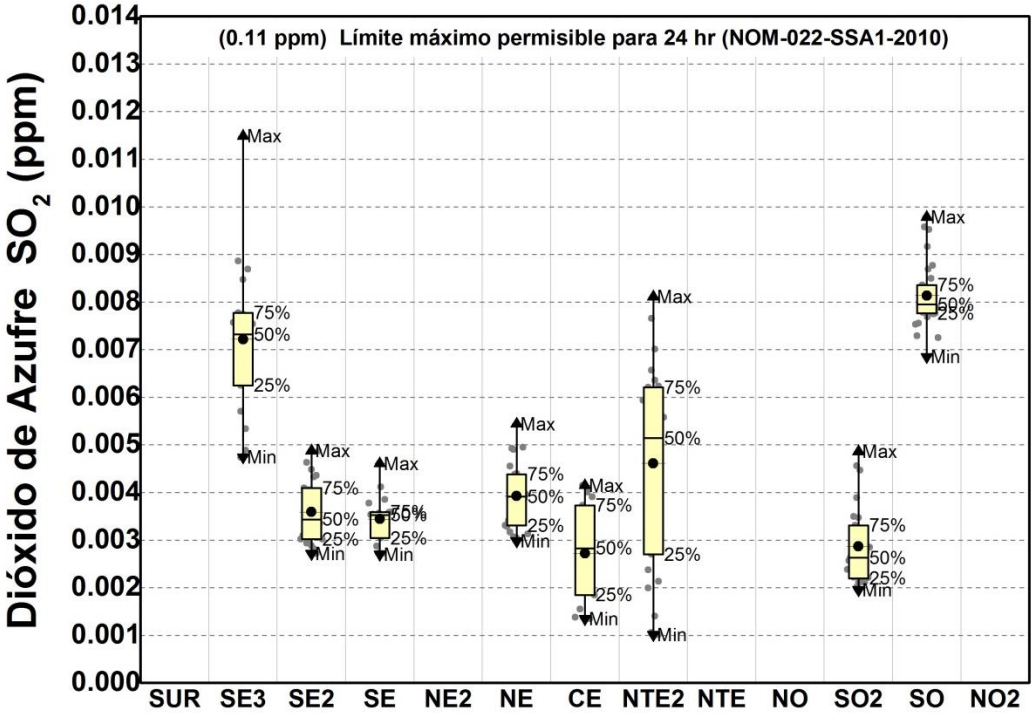


Figura 23. Estadístico del SO_2 para las estaciones para Junio 2019

En la gráfica podemos observar los valores máximos y mínimos que se registraron en cada una de las estaciones en promedio diario, en donde el valor máximo se registró en la estación SE3 con una concentración de 0.115 ppm y para el valor mínimo del SO2 se registró en la estación NT2 con una concentración de 0.001 ppm. Para el valor promedio global en la ZMM, se tuvo una concentración de 0.004 ppm.

Los valores obtenidos en los promedios diarios de SO_2 no sobrepasan lo establecido en la NOM-022-SSA1-2010 en la cual establece un valor de 0.11 ppm como máximo para un periodo de exposición de 24 horas.

2.6. Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en la Zona Metropolitana de Monterrey

En la **Figura 24** se presenta los promedios diarios para el indicador de la calidad del aire Dióxido de Nitrógeno para el mes de junio 2019 en todas las estaciones de la red de monitoreo del SIMA.

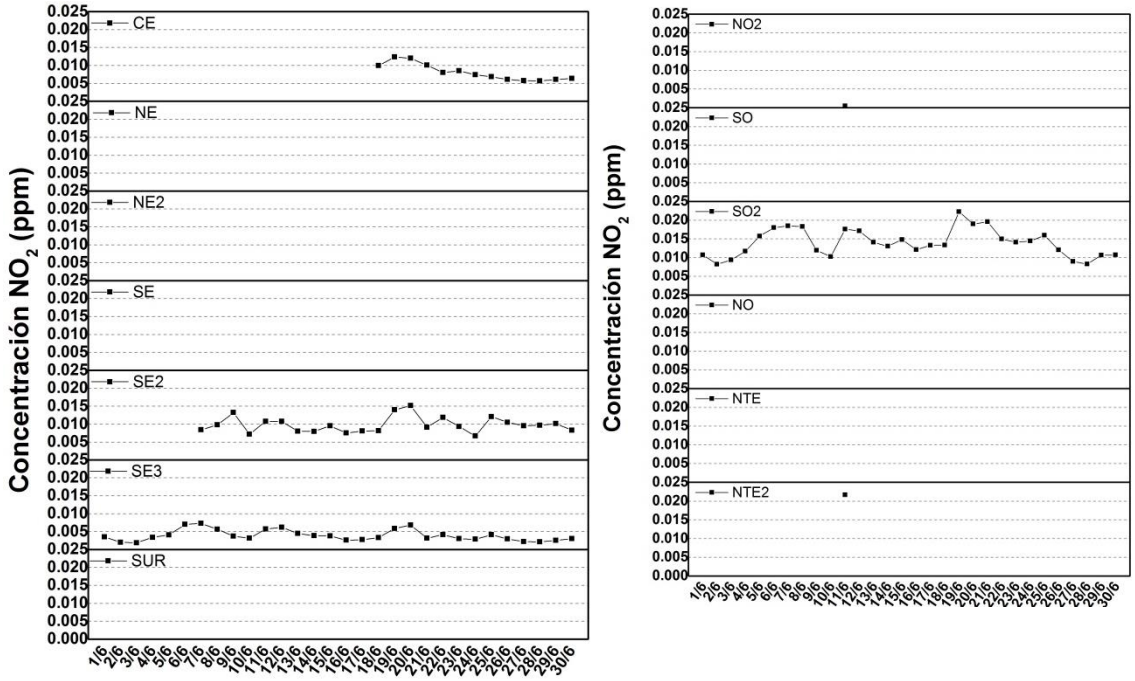


Figura 24. Promedio diario de NO_2 para las estaciones en junio 2019

Las estaciones SE, NE2 y NTE se encuentran sin equipos en las estaciones de monitoreo y en el caso de las estaciones SUR, NE y SO se tienen fallas en los equipos de medición. Por último en el caso de las estaciones NTE2 y NO2 no hay suficiencia de datos para realizar un análisis en el mes de junio 2019.

Se observa una tendencia temporal inestable, en donde la estación SO2 presenta las mayores concentraciones para el indicador de NO_2, en el caso de SE2 se muestra 2 eventos en los cuales las concentraciones fueron de 0.015 ppm y en el caso de SE3 no se excedió de 0.010 ppm.

En la **Figura 25** se muestra el análisis estadístico correspondiente al mes de junio 2019 para el indicador NO2 en las estaciones de monitoreo del SIMA. Se presentan los promedios, máximos y mínimos de cada uno de los sitios.

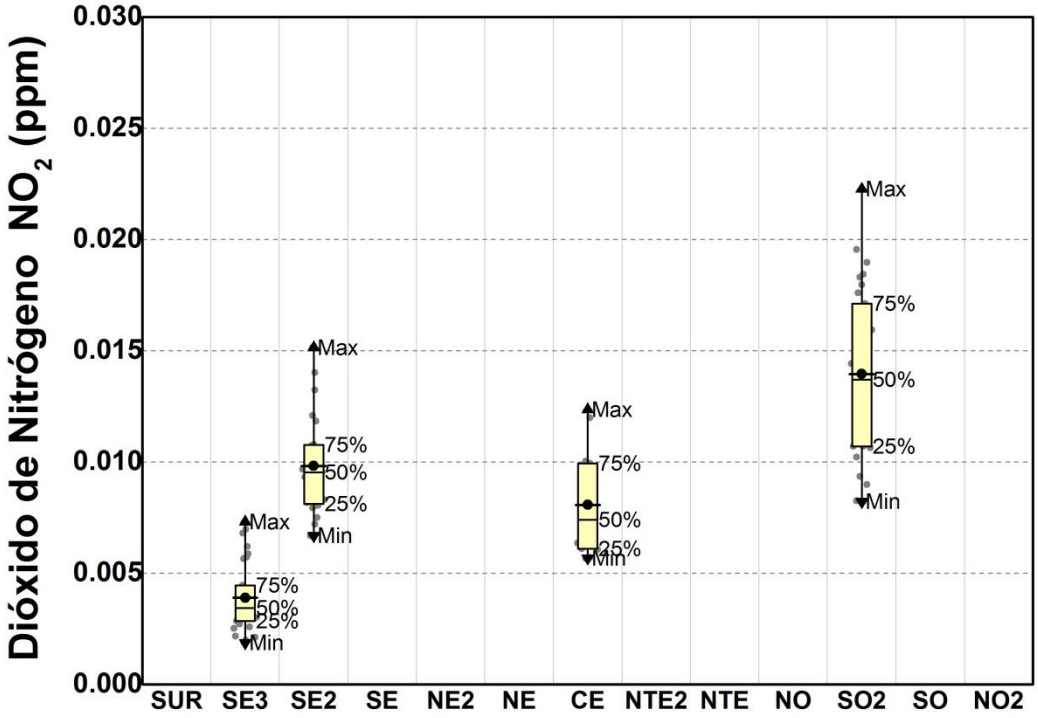


Figura 25. Estadístico del NO_2 para las estaciones para Junio 2019

El análisis muestra que la estación SO2 tuvo la mayor concentración de NO_2 con un valor de 0.022 ppm. Para el valor mínimo, la estación SE3 presento una concentración de 0.002ppm. Por último el promedio global de la concentración del indicador NO_2 para el mes de junio fue de 0.009 ppm.

Este indicador no sobrepasa los valores que establece la NOM-023-SSA1-1993 de 0.21 ppm como limité máximo permisible para una exposición de 1 hora.

2.7. Resumen de los Indicadores de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Monterrey

De acuerdo a los datos obtenidos de los indicadores de la calidad del aire, se puede observar que las condiciones meteorológicas tuvieron una relevancia en las concentraciones de los contaminantes criterio.

Debido a que el evento de precipitación registrado en el día 10 de junio, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ disminuyeron. Este comportamiento se repitió para los días 24 y 25 de junio en donde se presentó otro evento de precipitación de menor intensidad pero que permitió una leve disminución de las concentraciones de los contaminantes antes mencionados.

Para el caso del O_3 tuvo un comportamiento muy estable y las lluvias que se registraron el 10, 24 y 25 de junio no significaron un gran cambio en la tendencia temporal de las concentraciones en las estaciones de monitoreo en las cuales fue analizado.

Para el contaminante CO se observan bajas concentraciones al poniente de la ZMM y concentraciones altas al oriente, en donde la estación NE tuvo un incremento importante llegando a concentraciones que duplican a lo registrado en las otras estaciones de la red.

Los contaminantes SO_2 y NO_2 tuvieron concentraciones estables y por debajo de los límites establecidos por la Normas Oficiales Mexicanas a lo largo de la ZMM en todo el mes de junio.

3. Análisis Global de los Días sobre la Norma para la Zona Metropolitana de Monterrey para Junio 2019

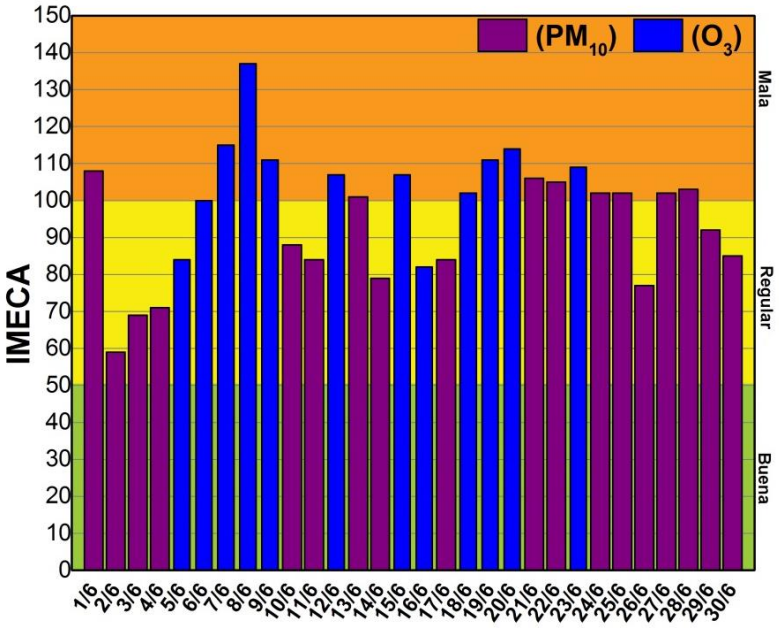


Figura 26. Valores máximos de puntos IMECA para la red del SIMA en el mes de junio.

En la **Figura 26** se presenta los valores del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) establecido en la NADF-008-AMBT-2017. Se observa el valor máximo para cada uno de los días del mes de junio. Los contaminantes que prevalecieron fueron PM_{10} y O_3, en donde ozono presento el valor IMECA más alto del mes con 137 puntos el día 8 de junio. En el caso de PM_{10} el valor más alto se presentó el 1 de junio con un valor de 107 puntos.

De acuerdo a la clasificación que se muestra en la Figura de los puntos IMECA, hubo 17 días con valores de calidad Mala y 13 con calidad Regular. En el caso de las concentraciones que sobrepasaron los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas, en la **Figura 27** se muestran la cantidad de días que cada contaminante criterio sobrepasaron los límites máximos permisibles de sus respectivas normas.

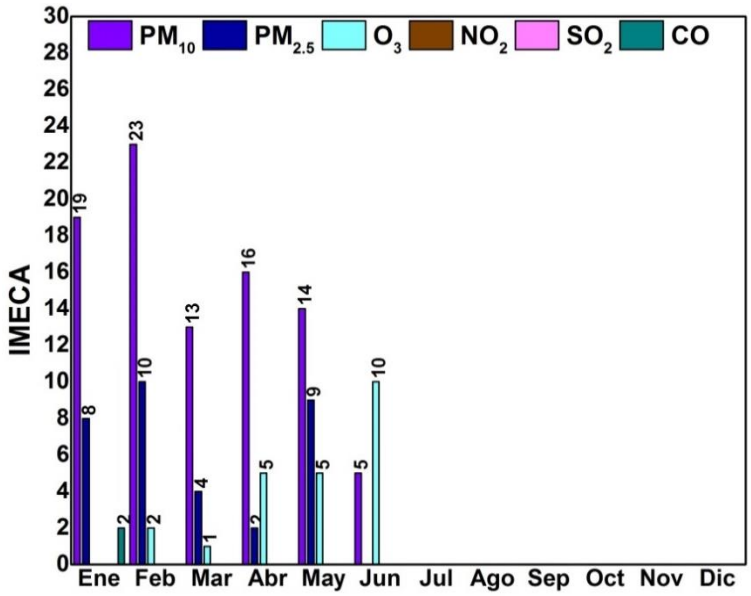


Figura 27. Conteo de los días sobre la norma por contaminante en la Zona Metropolitana de Monterrey

Con respecto al mes de junio se observa que en 5 días se sobrepasó el límite máximo permisible para PM_{10}. Para O_3, la Figura indica que se sobrepasó por 10 días. En el caso de los demás contaminantes no sobrepasaron las normas oficiales mexicanas. Por último, en la **Figura 28** se muestran los días que han transcurrido y los días que sobrepasan o están por debajo de las normas oficiales mexicanas. Hasta junio, se tienen 104 días sobre la norma y 77 por debajo de la norma.

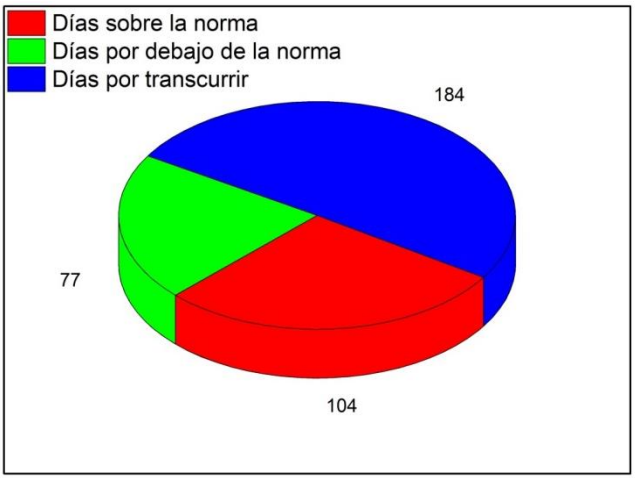


Figura 28. Conteo de días sobre la norma a lo largo del año 2019

Por último se muestra en la **Figura 29** la frecuencia de eventos que han activado las alertas, pre contingencias, fase I y Fase II a lo largo del año. Se observa que en el mes de junio no se presentaron ninguno de los indicadores.

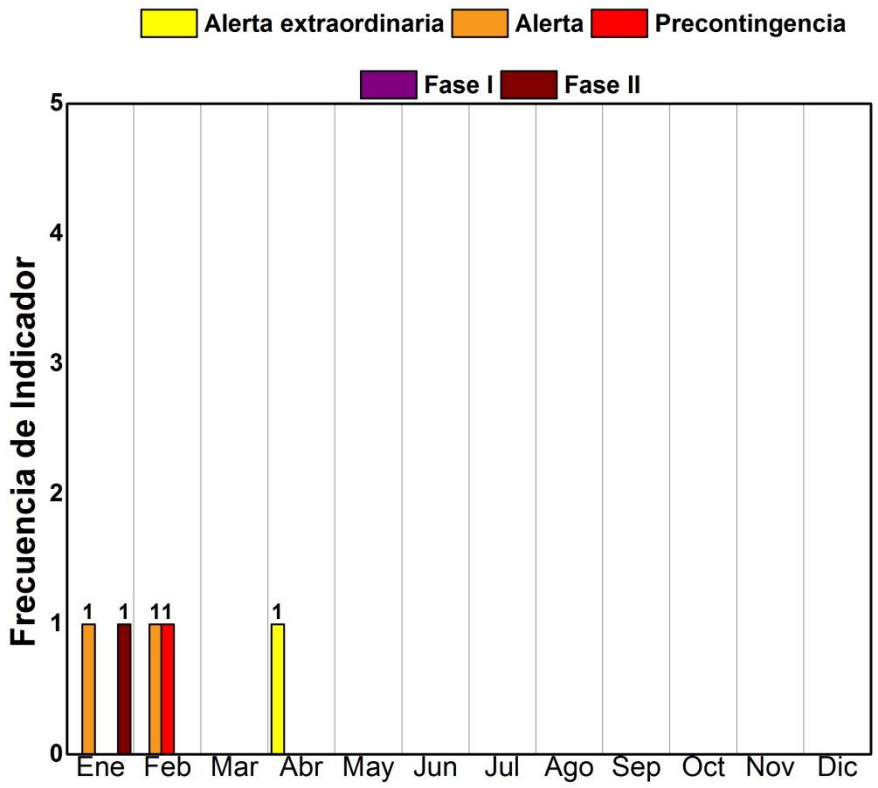


Figura 29. Frecuencia de eventos del programa de respuesta a contingencias atmosféricas

Resumen

El mes de junio presento dos eventos de precipitación en los cuales se disminuyó las concentraciones de los contaminantes criterios, principalmente PM_{10} y $PM_{2.5}$.

En el caso de O_3 se observó que tuvo un leve aumento en su concentración a principios del mes y se mantuvo con algunas bajas y de nueva cuenta, concentraciones altas, principalmente en los eventos de precipitación que se registraron al final del mes.

En cuanto a CO, SO_2 y NO_2, solo CO tuvo un incremento atípico en su concentración, sin embargo, no sobre pasa a los límites establecidos en las normas oficiales mexicanas. SO_2 y NO_2 tuvieron condiciones estables y con bajas concentraciones en las estaciones en los cuales se miden estos contaminantes.

Reporte elaborado en el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA)

Secretaria de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Nuevo León

M.C. Jair Rafael Carrillo Avila

Washington No. 2000 Ote. Col. Obrera

Torre Administrativa Piso 27 Monterrey N.L, C.P. 64010

Tel: 81 32121 E-mail: reddemonitoreo.sima@gmail.com