

TENDENCIAS DE CONTAMINANTES EN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY PARA EL  
FORMULAMIENTO DE ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN

Juan Manuel Bazurdo Montes

11231231344

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2023

## TENDENCIAS DE CONTAMINANTES EN ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY PARA EL FORMULAMIENTO DE ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN

POLLUTANT TRENDS IN THE METROPOLITAN AREA OF MONTERREY FOR THE FORMULATION OF  
A MITIGATION STRATEGY

**Bazurdo Montes Juan Manuel;**

<sup>1</sup> universidad Antonio Nariño, Colombia, jbazurdo60@uan.edu.co

**Resumen:** El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es el núcleo de la actividad industrial del Estado de Nuevo León en México. La población ha aumentado rápidamente. al igual que la industria, lo que ha afectado negativamente la calidad del aire. A principios de la década de los 90 's Se inició la aplicación de estas medidas mediante la instalación de estaciones de medición que permitirían obtener una visión general de la situación del AMM, Conforme la instalación de estaciones de medición que permitirían obtener una visión general de la situación del AMM, Conforme se expandía económicamente, se instalaron más estaciones de medición. El propósito de este trabajo es presentar la evolución de los contaminantes: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Para brindar estrategias de mejora en la ciudad.

**Palabras claves:** AMM, Monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, material particulado, contaminación atmosférica

**Abstract:** The Monterrey Metropolitan Area (AMM) is the nucleus of industrial activity in the State of Nuevo León in Mexico. The population has gone down quickly. like industry, which has negatively affected air quality. At the beginning of the 90's, the application of these measures began through the installation of measurement stations that would allow an overview of the situation of the AMM to be obtained. As it expanded economically, more measurement stations were installed. The purpose of this paper is to present the evolution of pollutants: sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>). To provide improvement strategies in the city.

**Key words:** AMM, Carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, particulate matter, air pollution

## INTRODUCCIÓN

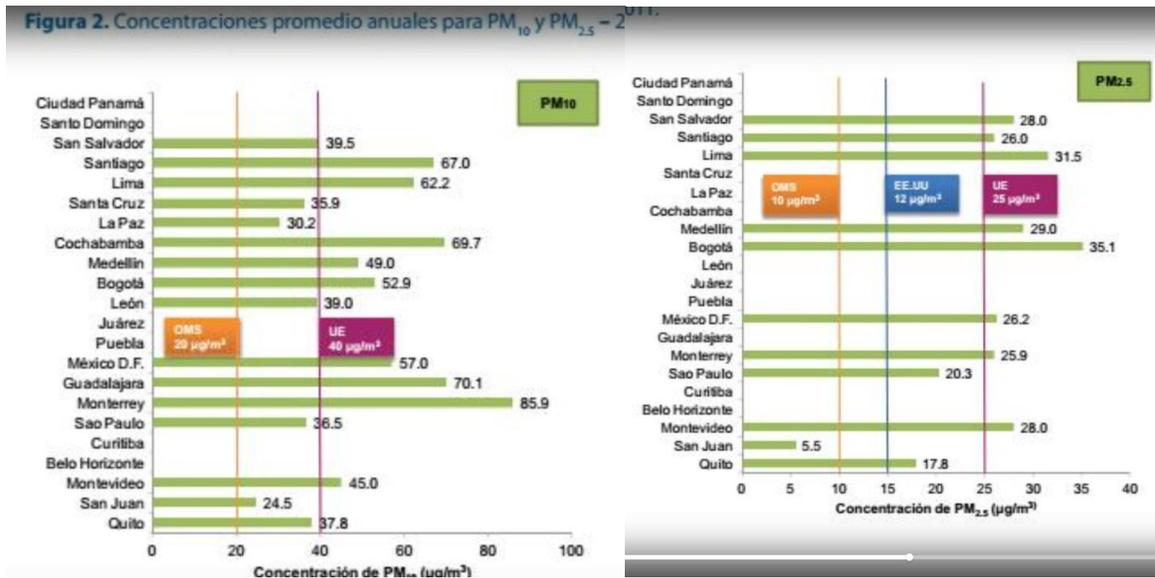
En los últimos años la calidad del aire es una de las principales preocupaciones a nivel mundial, este recurso se está viendo afectado por las actividades antropogénicas en especial en grandes ciudades. La medición del impacto generado al medio ambiente es ocasionada por los diferentes agentes contaminantes atmosféricos. En este estudio se consideró, un lapso comprendido del año 2013 a 2022 , con el fin de verificar si durante estos periodos se presentó una disminución o aumento de los contaminantes atmosféricos a los que normalmente se le hace seguimiento periódico, pudiendo determinarse cómo las variables atmosféricas y climatológicas se ven involucrados en las emisiones estudiadas en Monterrey en base a las estrategias y medidas de control realizadas por medio del programa de dar mejoría a la calidad del aire del estado de Nuevo León y el área metropolitana de Monterrey realizado por la secretaría de desarrollo sustentable.

En ese sentido, se cuantifican los datos registrados de 9 estaciones de monitoreo para el análisis de calidad de aire, con foco en dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono, material particulado de 10 micras (PM10), material particulado de 2.5 micras (PM2.5) y dióxido de azufre. Las estaciones de monitoreo se encuentran ubicadas en diferentes lugares del municipio: avenidas principales, autopistas de alto flujo, zonas industriales y zonas residenciales. Para examinar los datos y realizar el análisis correspondiente por los datos que se analizaron a partir de ellos se propusieron alternativas para la mitigación de sus impactos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según datos de estudios realizados en el año 2012 el *Clean air institute* CAI se evidencia que la ciudad de Monterrey es una de las más contaminadas de América latina encontrándose en primer lugar en contaminación de material particulado de (Pm10) y ozono, por otra parte, de dióxido de azufre en cuarto lugar y en séptimo lugar para el (Pm2.5) la cual en dicho año se vieron superados los límites permisibles por parte de la UE, OMS Y EUA. (GREEN 2012) La cual conlleva a ¿Los agentes contaminantes de la atmósfera del Área Metropolitana de Monterrey, de Nuevo León en México durante el periodo de 2013 a 2022, exceden los límites máximos permisibles según la normatividad mexicana?.

Figura 1 Concentraciones Promedio anuales de PM10 y PM2.5



Nota: Estudio realizado de concentraciones anuales PM10 y PM2.5 en ciudades de América latina.  
Tomado de: (GREEN 2012)

## ESTADO DEL ARTE

### ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE PM10 Y PM2.5 EN BOGOTÁ

Realizaron una recolección de información encontrada por parte de búsqueda bibliográfica, de esta manera el estudio se basó en diversas etapas: La primera fue el análisis de la información bibliográfica encontrada en relación con el tema planteado la recopilación de estudios o investigaciones antes realizadas que se enlazan con la problemática tratada de incremento de los contaminantes anteriormente dichos en varias zonas de Bogotá.

La segunda etapa consistió en la discusión de la información pública recolectada, demostrando de él porque del tema. Finalmente observar si las alternativas revisadas por medio de búsqueda bibliográfica cumplen con cabalidad con los términos propuestos para los contaminantes atmosféricos en estudio

Por medio de los resultados obtenidos, los autores plantean la alternativa de techos verdes a consecuencia de las altas concentraciones de los contaminantes la cual mencionan algunas consideraciones que son las siguientes:

- A Partir de la presencia de emisiones de material particulado su dilución se da con mucha mejor eficacia en un aire limpio, por lo que es preferible que la vegetación esté cercana a la superficie (Jannah, 2015).
- Si está próxima a la fuente emisora de contaminación es importante que la vegetación se encuentre en las cercanías. (Jannah, 2015).
- Las barreras vegetales deben ser altas y porosas para que pase el aire (Jannah, 2015)

## Contaminación del aire en cinco megaciudades indias durante la celebración de Navidad y Año Nuevo en medio de la pandemia de COVID-19

La calidad del aire urbano y el COVID-19 se han considerado problemas importantes en todo el mundo en los últimos años. El estudio actual destacó la variación en los contaminantes del aire (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>) entre las celebraciones de Navidad y año nuevo en 2019, 2020 y 2021. Se puede observar que la concentración de contaminantes atmosféricos seleccionados muestra una concentración sustancialmente mayor en los períodos de celebración en todos los años informados (Gautam, 2022). Inicialmente el área de estudio se basó en las zonas Andhra Pradesh, Maharashtra, Punjab, Madhya Pradesh y Rajasthan la cual son estados significativos de la India. La idea fue estudiar el cambio en las diferentes actividades humanas que se convierte en una fuente de concentración de contaminantes del aire en la India. Este estudio comparativo incluyó estados densamente poblados a estados menos poblados; estas ciudades ocupan la región peninsular occidental y central con la segunda mayor población de la India. La cual estimula el comercio, la cultura variada y la tradición. El estudio se hizo de la siguiente manera:

- Recolección de información a partir de cuatro contaminantes en específico PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> debidamente monitoreados por estaciones la cual se realiza para las tres fases, es decir, pre-Navidad y año nuevo, durante la Navidad y año nuevo, y post-Navidad y año nuevo
- Para cada una de las zonas anteriormente mencionadas se calcula la diferencia neta de los contaminantes para los respectivos años (2019-2022). consecuentemente se preparan diagramas de caja para observar el máximo, mínimo y mediano de los contaminantes durante la Navidad y año nuevo; también estima los cuartiles. Se estudia una correlación entre la totalidad de los contaminantes para cada estado.
- Posteriormente, la comprensión de la influencia meteorológica sobre los contaminantes para los 3 años admitidos de COVID-19 también se calcula mediante la varianza neta y el porcentaje obtenido durante las tres fases tomadas en el estudio. (Gautam, 2022).

Según los datos obtenidos de concentración promedio de contaminantes de cada estado durante el período festivo, es decir, del 24 de diciembre al 1 de enero, se basa en los datos de la estación, que fueron La disponibilidad en 5 a 6 ciudades se extendió por tres años consecutivos, comprendiendo los años 2019, 2020 y 2021. Por lo cual la India se enfrentó a un evento de bloqueo nacional el 24 de marzo de 2020 debido a la propagación del virus COVID-19, seguido de cuatro períodos de bloqueo. En Madhya Pradesh 2019, los valores de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> estaban más allá del límite permitido durante el tiempo festivo. Se observa una disminución drástica en la concentración de contaminantes para 2020 y 2021. Independientemente de los bloqueos, los contaminantes SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> se vieron debajo de los límites permisibles según su propia normativa antes de 2020 y 2021 y parecían incrementarse en un 11% y un 24%. En cuanto a Rajasthan, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> fueron inferiores al límite de umbral en 2019 pero eventualmente aumentaron en 2020 y 2021 mientras que en la zona Maharashtra se observó una disminución en PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, y SO<sub>2</sub>, por lo que cuando se compara entre 2019 y 2021. Se observó un aumento repentino en algunos contaminantes en 2021; la razón puede ser el levantamiento de los bloqueos y no tener restricciones estrictas, lo que puede haber facilitado los transportes y reuniones y fuegos artificiales, lo que aumenta las cargas de PM. El aumento de las concentraciones de PM puede ser un medio sólido para propagar el COVID-19 (Gautam, 2022)

Este estudio actual analizó las concentraciones de contaminantes del aire en cinco estados principales de la India, a saber, Andhra Pradesh, Maharashtra, Madhya Pradesh, Punjab y Rajasthan, durante diciembre y enero. El estudio se llevó a cabo para examinar la diferencia en los niveles de contaminantes del aire durante los días de Navidad y año nuevo. Estos días de fin de año siempre viven un alto nivel de movilidad y celebración, que incluso se verá agravado por las condiciones climáticas invernales. Los análisis estadísticos de los datos ayudan a comprender los cambios en la concentración de contaminantes del aire entre 2019, 2020, y 2021. Los ciudadanos se vieron obligados a estar en sus hogares para evitar que la ola de COVID-19 se propagara debido a las restricciones impuestas por las leyes del gobierno indio. Los días previos a las fiestas, durante la Navidad y año nuevo, los días posteriores a las fiestas fueron testigos de diferentes variaciones en todos estos estados.

## **Emisiones de contaminantes atmosféricos de la sinterización de gases de combustión en el área de Beijing-Tianjin-Hebei y medidas de reducción propuestas**

la siderurgia es una de las industrias pilares del desarrollo económico chino, consume grandes cantidades de combustibles fósiles y materias primas minerales; además se ha multiplicado junto con la creciente demanda de la rápida urbanización y numerosas construcciones de infraestructura, lo que lleva a emisiones considerables de contaminantes atmosféricos con su gran volumen, se ha convertido en la mayor fuente industrial de emisiones de material particulado: ocupa el tercer lugar entre todas las fuentes de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> emisiones en China (aportando el 11,2%, 8,8% y 29,0% de las producciones industriales totales de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y de material particulado respectivamente (Honghong Yi a, 2021)

En este trabajo recopilamos los datos de monitoreo en línea continuos por hora de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, y material particulado derivados del proceso de sinterización de las principales empresas siderúrgicas de la región de Beijing-Tianjin-Hebei es similar a captura de datos de estaciones de monitoreo. En primera medida se da el proceso de captura de datos de las industrias localizadas en la zona de dicho estudio la denominan como el estudio de dominio y fuente de datos, consiguientemente evalúan las tasas de emisión por medio de datos por límite de hora, eventualmente luego del procesamiento de datos hay datos no válidos, cero y anómalos. Para garantizar la precisión y representatividad de los datos, antes del análisis de datos, utilizaron un método para clasificar los valores atípicos de los datos de monitoreo en línea para cada contaminante y cada cabezal de sinterización, por último, evaluaron las cantidades de emisión de cada industria para la búsqueda de una estrategia de mitigación. En el estudio no se observaron variaciones de las concentraciones de emisiones de contaminantes atmosféricos, la mayoría de las máquinas de sinterización se encontraban en una condición estable. Las concentraciones de emisiones mensuales mostraron una tendencia a la baja de septiembre a diciembre, afectadas por las políticas de control de emisiones pertinentes. La tasa de alcance estándar de NO<sub>x</sub> la cual fue más baja que los otros dos contaminantes, lo que puede ser causado por el PM y el SO<sub>2</sub>. Las tecnologías de eliminación se han aplicado ampliamente en el proceso de sinterización, mientras que la aplicación de NO<sub>x</sub> es la tecnología de eliminación es limitada en la actualidad. (Honghong Yi a, 2021).

## **Análisis de los efectos del confinamiento por COVID-19 en la calidad del aire urbano: un estudio de caso de Monterrey, México**

Según estudios de diferentes megaciudades se encontraron condiciones de contaminación similares y riesgos para la salud asociados, independientemente del área y el nivel socioeconómico. A lo largo de los años se han implementado acciones específicas enfocadas en mejorar la calidad del aire (LT & Molina, 2004). En relación con el estudio en México, debido a su rápida expansión, industrialización y crecimiento económico, la contaminación del aire es una de las preocupaciones ambientales y sociales más relevantes. el objetivo principal del estudio es investigar el impacto del bloqueo impuesto en la calidad del aire de AMM (Área Metropolitana de Monterrey) utilizando los datos de contaminantes capturados por estaciones de monitoreo.

En primera medida realizan un reconocimiento del lugar tanto de la localización y topografía del área como la identificación de las estaciones de monitoreo que se encuentran en la cobertura del AMM (Área Metropolitana de Monterrey), asimismo variables demográficas y meteorológicas (Schiavo, 2022)

En segunda medida, realizan la recolección de información por medio de las 10 estaciones de monitoreo que se encuentran en el AMM (Área Metropolitana de Monterrey), la cual las clasifican según los contaminantes que miden cada estación de monitoreo, una descripción del sitio de donde se encuentra cada estación Y los límites permisibles de la normativa (Schiavo, 2022)

En tercera medida evalúan el periodo de estudio en base a:

- **Pre-bloqueo (PL):** (del 1 de enero al 31 de marzo de 2020) actividades económicas y comerciales normales, monitoreo continuo de la infección por coronavirus e informes ocasionales sobre la propagación local y global de COVID-19.
- **Bloqueo (L):** del 1 de abril al 30 de mayo de 2020, se implementaron cambios significativos en las políticas públicas (se impusieron restricciones sustanciales, como la suspensión de actividades no esenciales (movilidad, industria, escuela, entre otras). (Schiavo, 2022)
- **Desbloquear (UL):** del 1 de junio al 31 de julio de 2020 (retomar las actividades económicas normales con algunas restricciones: las personas con comorbilidades continúan trabajando de forma remota y las escuelas tienen una condición híbrida, clases presenciales y en línea. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente el distanciamiento social y el uso de una máscara facial).

decidieron limitar el tiempo de estudio en datos de 2017 a 2019 para comparar las concentraciones de contaminantes durante el confinamiento con datos o eventos históricos. (Schiavo, 2022)

La calidad del aire en el área de Monterrey ha mejorado considerablemente durante el confinamiento. Considerando la normatividad establecida por el gobierno mexicano, el CO y el SO<sub>2</sub> muestran concentraciones relativamente bajas y no superan los límites de la norma mexicana durante el 2020. Además, las concentraciones son inferiores a las recomendaciones de la OMS en un valor promedio de 24 h. Especialmente para SO<sub>2</sub>, este resultado se debe al acuerdo de políticas energéticas de los gobiernos a nivel mundial, reduciendo el contenido en los combustibles y consecuentemente sus emisiones a la atmósfera cuando las concentraciones no superan los límites de la norma mexicana, pero muestran valores superiores a las recomendaciones emitidas por la OMS. En promedio de 24 h, NO<sub>2</sub> excede los límites de 10 días solo durante la fase PL. Además, la media anual de NO<sub>2</sub> es 1,4 veces superior al valor límite sugerido por la OMS (Schiavo, 2022).

Según las variaciones estudiadas por los autores (Schiavo, 2022) la calidad del aire urbano ha experimentado una mejoría gracias a las medidas pandémicas de COVID-19 que han reducido los niveles de contaminación atmosférica. La reducción sustancial de la movilidad, alrededor del 44% y la paralización de la actividad industrial les permitió evaluar la línea base atmosférica de contaminantes específicos asociados directamente con las emisiones antrópicas. Las series temporales de CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>

y PM2.5 durante la fase de cuarentena de 2020, se observó una reducción significativa de sus concentraciones en la atmósfera en comparación con el período de control 2017-2019. Por el contrario, registró una tendencia opuesta en comparación con otros contaminantes, aumentando durante el confinamiento. La concentración de contaminantes del aire aumentó durante la fase de desbloqueo cuando se eliminaron las medidas preventivas severas.

## **Monitoreo y medición de la calidad del aire en una cuenca atmosférica urbana: contextualización de conjuntos de datos del área de Detroit Michigan desde 1952 hasta 2020**

La mala calidad del aire es un problema de salud en las áreas urbanas, donde se necesita un monitoreo frecuente para medir y evaluar los riesgos de la exposición humana a contaminantes en el Cambios en la cobertura del suelo, consumo de energía de los edificios, fabricación industrial y transporte móvil son algunos de los factores que generan concentraciones nocivas de contaminantes en cuencas atmosféricas urbanas, (O'Leary, 2021)el objetivo principal de este estudio es desarrollar un enfoque al área metropolitana de Detroit (EE.UU), consiste en evaluar la literatura para dirigir la futura planificación de la calidad del aire en la ciudad. A fin de poder comprender los conjuntos de datos y los programas existentes no sólo identificará los datos vacíos y limitaciones en la literatura, pero es de esperar que pueda mostrar el éxito según el histórico del uso de la investigación participativa basada en la comunidad y formas de comprender los resultados de salud relacionados con la contaminación del aire.

Para la metodología los autores plantean en primera medida una búsqueda exhaustiva a partir de diferentes fuentes en la ciudad de Detroit para el conocimiento de los contaminantes (CO, SO<sub>2</sub>, COV Y NO<sub>2</sub>), las fuentes consultadas son MEDLINE, Scopus, Web of Science, Science Direct, GreenFILE, IngenieríaVillage, ProQuest, SciFinder y Google Dataset Search con la recopilación de la base de datos hasta el 24 de septiembre de 2020, capturando información de 1952. Posteriormente extrajeron los datos mediante dos estrategias: extracción manual utilizando una metodología de revisión de alcance y extracción de datos digitales de los informes, la cual lo clasificaron en sintetizar el contenido basado en el tipo de publicación, ubicación de monitoreo, tipo de contaminante. (O'Leary, 2021).

En la búsqueda bibliográfica identificaron un total de 1555 publicaciones. Después de eliminar los registros duplicados, revisaron 764 títulos y resúmenes y 398 publicaciones de texto completo, lo que resultó en la inclusión de 214 publicaciones; la cantidad de contaminantes hallados según la búsqueda bibliográfica se resume en la siguiente figura. (O'Leary, 2021)

## **PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE CUBIERTAS VERDES**

En el presente estudio se visualizan los principios de diseño de techos verdes es una recopilación de investigaciones en base al enfoque principal son las ventajas y desventajas que pueden aportar dicha tecnología, así como parámetros de diseño óptimos según las características del lugar de estudio de los techos verdes son bien conocidos por su gran capacidad de retención de agua de lluvia y por el retraso del caudal máximo. El techo verde representa un amortiguador para los contaminantes, lo que determina una buena calidad de escorrentía de aguas pluviales.

Consecuentemente otra ventaja es la construcción de techos verdes en el área urbana es la reducción de la contaminación del aire y el ruido. El potencial de los techos verdes en la lucha contra la contaminación es bien conocido, lo que confirma el impacto positivo de estas estructuras. (IOANA ROXANA BACIÚ\*, 2019). Además, cualquier tipo de cubierta tiene sus propias características que le otorgan tanto ventajas como desventajas. Una gran desventaja para el techo verde es el peso que implica, ya que requiere más capas, y en ese sentido, elegir una estructura que pueda soportar dicho techo es absolutamente necesario. Además, en el caso de algunos tipos de cubiertas verdes, los costos de instalación y mantenimiento pueden suponer un problema, pero estos costes serán amortizados por la economía de costes de consumo de energía, costes de refrigeración, etc. (IOANA ROXANA BACIÚ\*, 2019)

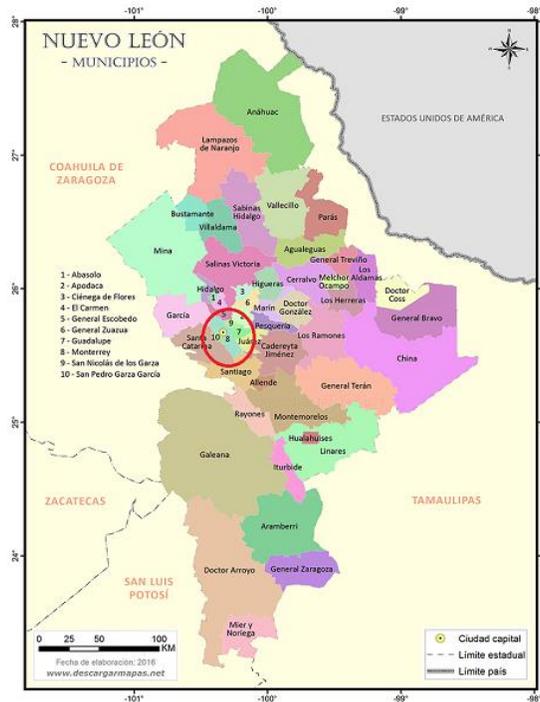
La investigación sobre techos verdes se ha llevado a cabo en todo el mundo, y con el objetivo principal de mejorar los elementos de un techo verde, así como adaptarlo a diferentes condiciones climáticas. Además, la investigación destaca la importancia de esta estructura, así como sus ventajas y desventajas. De acuerdo con varias publicaciones sobre trabajos de techos verdes, es bien sabido que los EE. UU. contribuyeron con el 34% del número total de trabajos publicados, mientras que investigadores de países como Europa y Asia publicaron alrededor del 33% y el 20% de los artículos (Blanket al., 2013). Existe evidencia significativa que muestra el valor de estos sistemas y sus diversos beneficios, como la gestión de aguas pluviales, el aumento de áreas verdes urbanas, Cualquier tipo de cubierta tiene sus propias características que le otorgan tanto ventajas como desventajas. Una gran desventaja para el techo verde es el peso que implica, ya que requiere más capas, y en ese sentido, elegir una estructura que pueda soportar dicho techo es absolutamente necesario. Además, en el caso de algunos tipos de cubiertas verdes, los costes de instalación y mantenimiento pueden suponer un problema, pero estos costes serán amortizados por la economía de costes de consumo de energía, costes de refrigeración (IOANA ROXANA BACIÚ\*, 2019)

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. Zona De Estudio**

El área metropolitana de Monterrey capital de Nuevo León, cuenta con una extensión de 894 km<sup>2</sup>, a una altura de 540 m.s.n.m y con 4,1 millones de habitantes, la cual es conocida como la tercera zona metropolitana más extensa en términos de población de México, después de Guadalajara y Ciudad de México (ANUIES UANL-FCC, 2019), también se considera la ciudad de las montañas debido a la cercanía con el Cerro de las mitras y el Cerro de la silla, ubicado en el noroeste de México; limita con los municipios de General Escobedo y San Nicolás de los Garza; al sur con los municipios de Santiago, San Pedro Garza y García ; al este con Juárez y Guadalupe ; y al oeste con García y Santa Catarina (Luna, 2019).

Figura 2 Localización geográfica de Monterrey- Nuevo León



Nota: Localización geográfica de monterrey con respecto al país de México. Tomado de:  
(Luna, 2019)

## CLIMA

El estado de Nuevo León presenta un clima muy variado, regularmente establecidas siendo el verano la estación más puntual, pues se expone una fuerte sequía y temperaturas incrementadas que alcanzan su clímax a fines de julio y en agosto la cual pueden sobrepasar las temperaturas de 35 °C de forma sostenida, también cabe recalcar eventos importantes como de tormentas eléctricas fuertes que se dan en el mes de abril y junio la cual Hay una variación de alrededor de 14 °C entre las temperaturas del mes más frío, enero, y el mes más cálido, agosto.

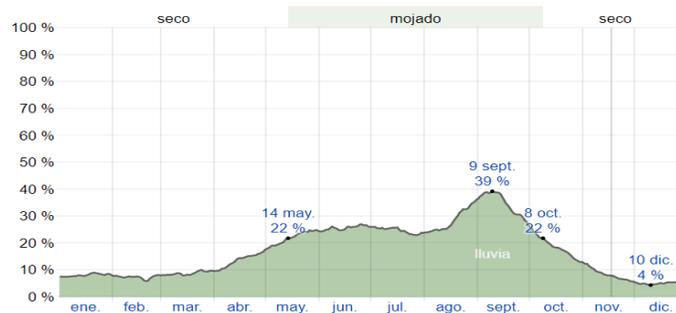
Durante el año, las temperaturas medias varían en 14.2 °C entre los meses más secos y los más húmedos. El mes de diciembre es el más seco, con solo 15 mm de lluvia y un promedio de 145 mm, la mayor precipitación cae en septiembre. En Julio, la temperatura promedio alcanza los 28.2 °C, siendo este el mes más cálido del año. Por otro lado, en enero se registra la temperatura más baja del año, llegando a los 14 °C. (CLIMATE-DATA, 2019).

*Tabla 1 Datos del clima en el área de Monterrey en 2019*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	14	16.3	19.3	23.4	25.8	27.6	28.2	28	25.7	22.4	18	15.2
Temperatura mín. (°C)	8	10	12.8	17.1	19.8	21.5	21.9	22	20.4	16.9	12	9.2
Temperatura máx. (°C)	20.1	22.6	25.9	29.7	31.8	33.7	34.5	34.1	31.1	28	24.1	21.2
Precipitación (mm)	19	17	18	33	54	71	51	91	145	68	22	15

Nota: información de temperatura y de precipitación de la ciudad de Monterrey. Tomado de: (CLIMATE-DATA, 2019)

*Figura 3 Precipitación de la ciudad de Monterrey*



Nota: precipitación de la ciudad de Monterrey. Tomado de: (Weather Spark, 2019)

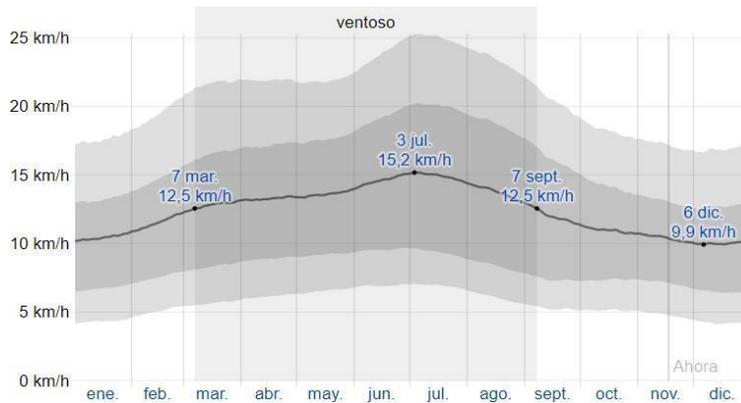
## Vegetación

Ubicado en una región predominantemente semiárida, cuenta con condiciones geográficas que favorecen una vegetación variada. Los matorrales cubren más de la mitad del territorio estatal, a la vez que se extienden los bosques de coníferas y encinos. En las zonas elevadas se ubican. La agricultura ocupa el 28% del territorio del estado. (Nuevo León, 2016).

## VIENTO

En esta sección se aborda el promedio horario del vector de viento en el área amplia (velocidad y dirección) a 10 metros de altura. La velocidad y dirección del viento en una ubicación específica están influenciadas por la topografía local y otros factores; La velocidad y dirección del viento cambian mucho más que los promedios por hora en Monterrey. Además, estas variaciones son estacionales y significativas a lo largo del año. (Weather Spark, 2019).

Figura 4 Velocidad promedio del viento de la ciudad de Monterrey [Gráfico lineal]



Nota: velocidad promedio del viento. Tomado de: (Weather Spark, 2019)

## DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Cada estación descrita a continuación fue analizada de la plataforma de SINAICA (Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire):

Tabla 2 contaminantes en estudio de cada estación de monitoreo

ESTACIONES	CODIGO	CONTAMINANTES DE ESTUDIO	DESCRIPCION DEL LUGAR
Escobedo	(N)	PM10-PM2.5-CO	Al norte y este de la estación se encuentran áreas urbanas, con baja actividad vehicular, actividad industrial.
san Bernabé	(NO)	PM10-PM2.5-O3-CO-SO2	Área urbana con flujo medio de tráfico vehicular y bajo impacto de actividades industriales
san Nicolás	(NE)	PM10-PM2.5-NO2-O3-CO-SO2	Al norte y este de la estación se encuentran áreas urbanas, con baja actividad vehicular, actividad industrial.
obispado	(CE)	PM10-PM2.5-NO2-O3-CO-SO2	Zona urbana con tránsito vehicular en el barrio y sin impacto industrial.
Pastora	(SE)	PM10-PM2.5-O3-CO-SO2	Actividades comerciales y flujo vehicular, densidad urbana al oeste de la estación.
Santa Catarina	(SO)	PM10-PM2.5-NO2-O3-CO-SO2	Actividades industriales al oeste y norte, áreas urbanas y actividades comerciales en los alrededores, tráfico vehicular en el barrio.
Apodaca	(NE2)	PM10-PM2.5-NO2-CO	Actividades comerciales e industriales, con alto impacto de tráfico vehicular y zonas vecinales.
Juárez	(SE2)	PM10-PM2.5-NO2-CO-SO2	Actividad comercial y flujo vehicular, densidad urbana en los alrededores, al oriente se ubica una refinería de petróleo.
Universidad	(N2)	PM10-PM2.5-NO2-O3-CO-SO2	Alto impacto de tráfico vehicular e industrial, densidad urbana al norte de la estación

Nota: contaminantes en estudio de cada estación de monitoreo Tomado de: Schiavo, B. (2022)

## CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DEL AIRE

El Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) inició su operación a partir del 20 de noviembre de 1992 con la finalidad de contar con información continua y fidedigna de los niveles de contaminación ambiental en el Área Metropolitana de Monterrey. Así, desde esta fecha la población es informada todos los días del año de la calidad del aire que respiran en el área metropolitana de Monterrey. (Sistema Integral de Monitoreo Ambiental, 2019)

Los principales contaminantes del aire en Monterrey, corresponden a los siguientes contaminantes:

- (PM10 y PM 2.5) Partículas suspendidas totales
- (NOx). Óxidos de nitrógeno
- (SOx). Óxidos de azufre
- (CO) Monóxido de carbono

## ENTORNO DE UBICACIÓN

Adicionalmente, el centro de Mario Molina da a conocer el entorno de Ubicación de acuerdo cada estación, es decir que información de cada uno de los contaminantes podemos obtener de las nueve estaciones de monitoreo.

*Tabla 3 Área de influencia y clasificación de las estaciones*

ESTACIÓN	CODIGO	ENTORNO DE UBICACION	CLASIFICACION
obispado	CE	Mide impactos del tráfico y la mezcla de los contaminantes de la mayoría de las fuentes industriales	Mixto
Escobedo	N	Localizada dentro de un área de concentración poblacional, monitorea la contaminación de fuentes fijas y móviles de la zona norte del AMM	Mixto
San Nicolas	NE	Localizada en un área altamente poblada, permitiendo determinar los índices de contaminación atmosférica en la parte norte, industrial	Industrial
Apodaca	NE2	Localizada en centro de la ciudad, principalmente una zona habitacional y comercial rodeada por una zona industrial	Industrial
San Bernabé	Nw	Localizada a favor del viento de salida, en un área de alta concentración de población al oeste de las fuentes industriales y de tráfico	Habitacional
La pastora	SE	Localizada a favor del viento en un área altamente poblada	Habitacional
Juárez	SE2	Localizada en el centro de Juárez, predomina zona habitacional	Habitacional
Santa Catarina	SW	Localizada a favor del viento de la mayoría de las fuentes industriales del AMM	Industrial
Universidad	N2	Localizada en zona mayormente de industrias como de minería y fertilizantes	Industrial

Nota: ubicación de cada estación de monitoreo según su clasificación. Tomado de:

(CENTRO MARIO MOLINA, 2019)

## ESTÁNDARES NORMATIVOS

La contaminación del aire es un asunto de salud pública. Según estudios del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), la contaminación atmosférica del área metropolitana de Monterrey le cuesta al gobierno y a particulares entre cuatro mil y ocho mil millones de dólares anuales, cantidad que resulta de la suma de los costos de la atención a la salud y de baja de productividad, principalmente por ausentismo laboral debidos a la contaminación (DGGCARETC, 2015). A continuación, se relacionan las normas oficiales para México y de los valores máximos permisibles de un contaminante atmosférico.

*Tabla 4 Normas Oficiales México (NOM)-Salud Ambiental*

Contaminante	Dato base utilizado para la evaluación	Exposición	Frecuencia tolerada	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Norma Oficial Mexicana	
Partículas PM10	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Máximo	NOM-025-SSA1-2014	
		Crónica	--	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Promedio anual		
Partículas PM2.5	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Máximo		
		Crónica	--	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Promedio anual		
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Promedio de 8 hora	Aguda	1 vez al año	0.200 ppm Segundo máximo		NOM-022-SSA1-2010
	Promedio de 24 hora	Aguda	No se permite	0.110 ppm Máximo		
	Dato horario	Crónica	--	0.025 ppm Promedio anual		
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Dato horario	Aguda	1 vez al año	0.210 ppm Segundo máximo	NOM-023-SSA1-1993	
Monóxido de carbono (CO)	Promedio móvil de 8 hora	Aguda	1 vez al año	11 ppm Segundo máximo	NOM-021-SSA1-1993	

Nota: límites máximos permisibles según contaminante

En la tabla 5 se logra evidenciar las estrategias a contemplar tomadas de un análisis comparativo de nuevas tecnologías para combatir el impacto de la contaminación atmosférica (CORTES, 2020), la cual consiste en conocer las ventajas y desventajas de cada estrategia teniendo como base los

contaminantes a combatir, limitaciones y presupuestos para cada una de ellas, teniendo como base estudios anteriormente realizados (CORTES, 2020)

Tabla 5 estrategias de mitigación

Estrategias	Ventajas	Desventajas
Plantación de arboles	Atribuye a la reducción de la temperatura del suelo la cual regenera nutrientes del suelo e interviene en la circulación del aire (Naturales, 2018)	Se deben plantar árboles maduros para poder asegurar el correcto funcionamiento del árbol en la zona. El AMM no cuenta con el área suficientes en la zona urbana para plantar arboles además que en sus zonas verdes solo se han de sembrar especies nativas( Anacahuita, Mezquite, Eban y encino) ( cordova, 2019)
	Tiene la propiedad de Absorción de contaminantes como monóxido de carbono, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> además de que pueden retener las partículas en sus hojas PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	Los costos pueden ser un limitante ya que se debe examinar de donde se va a traer el árbol, el costo del árbol, el transporte y la mano de obra.  Al Sembrar semillas o árboles en la primera etapa de crecimiento no tendrá mayor beneficio ya que será una
Transformación de combustible fósil a energía eléctrica	Dejar de expulsarse contaminantes como material particulado, dióxido de azufre y otros por combustión incompleta SEMARNAT. (2016).	No todos los habitantes cuentan con el dinero para cambiar un auto convencional por un carro eléctrico
	Un vehículo eléctrico necesita menos energía que un vehículo que utiliza combustible fósil (Rodríguez, 2018)	Es una estrategia a largo plazo Al usar energía proveniente de fuentes no renovables se contamina mucho más con dióxido de carbono
Techos Verdes	producción de O <sub>2</sub> y absorción de CO <sub>2</sub> la cual mediante el proceso de fotosíntesis, las especies plantadas sobre techos verdes absorben CO <sub>2</sub> para formar azúcares (proceso denominado fijación de CO <sub>2</sub> ), y liberan O <sub>2</sub> como subproducto Henk, A. (2016)	en los techos verdes intensivos, el costo de inversión inicial es un factor a tener en cuenta en cuanto a la planificación de la cubierta verde. Además, existen edificios que simplemente no están contruidos para soportar el peso de un techo verde Henk, A. (2016)  El mantenimiento constante desde los recambios vegetales y los riegos, hasta la inspección de la estructura de soporte, los techos verdes requieren de tiempo y dinero para mantenerlos funcionando correctamente Henk, A. (2016)
	Reducción de amplitud termica dado que la tierra se considera como un aislante termico este es el efecto mas valioso ya que tiene un comportamiento amortiguador a causa de la evapotranspiracion	Se añade peso al techo del edificio o reduce el area pavimentada en la cual presenta un exceso de amplitud termica Henk, A. (2016)
	tiene un efecto sumamente considerable durante los momentos del año con mayores extremos de temperaturas (verano e invierno), y aporta al edificio: a. Frío en épocas de calor, al proteger contra la radiación solar directa. b. Brindar mayor vida útil al techo (alrededor de 40 años), debido a la protección que ofrece contra la radiación solar Henk, A. (2016)	en los techos verdes intensivos, el costo de inversión inicial es un factor a tener en cuenta en cuanto a la planificación de la cubierta verde. Además, existen edificios que simplemente no están contruidos para soportar el peso de un techo verde Henk, A. (2016)
Muro de musgo	Es factible integrar biodiversidad en la zona urbana sin necesidad de utilizar una gran cantidad de espacio (TXEMA, 2019)	Para obtener musgo, es preciso cultivarlo.
	La colaboración con las comunidades puede ser una estrategia a corto plazo muy efectiva y beneficiosa.	La humedad es esencial para la supervivencia de estas especies. (Ybarra, 2019) Aunque, hay algunas que se adaptan más fácilmente a áreas con mucha luz solar.
	En un espacio de 50 m <sup>2</sup> , la contaminación del aire puede ser disminuida, tal como indica Peñas (2019).	La población puede perjudicar la estructura de musgo.
	El rendimiento ecológico de una estructura de musgo de 4 metros de altura, 3 metros de ancho y 2,20 metros de profundidad es similar al de 275 árboles adultos (Esther, 2019).	
	La capacidad de absorber 250 gramos por día de material particulado (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> ) y 240 toneladas por año de dióxido de carbón es una característica del musgo (TXEMA, 2019) Favorecen la reducción de la temperatura, incrementan la humedad y embellecen el paisaje. Absorben contaminantes como CO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> (Esther, 2019)	Para el mantenimiento de una red de musgo, se estima que se necesitan alrededor de diez a once millones de pesos (TXEMA, 2019)

Nota: Estrategias de mitigación con respecto a ventajas y desventajas

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Formular una estrategia de mitigación a partir de un análisis de las tendencias de los agentes contaminantes atmosféricos de calidad del aire del área metropolitana de Monterrey, capital de Nueva León en México durante los años de 2013 a 2022

### Objetivos específicos

- Evaluar los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos que afectan la ciudad de Monterrey Nuevo León
- Formular alternativas o estrategias de fortalecimiento para la mitigación del impacto atmosférico en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León.

## METODOLOGÍA

### Etapa 1 - Recolección de datos

Inicialmente la recopilación de información se basó en conocer la zona de estudio por medio de dos elementos:

- Delimitar zona de estudio del área metropolitana de Monterrey con las diversas estaciones de monitoreo a través del sistema integral de monitoreo ambiental
- Se comprobó la información disponible y renovada por medio de la descarga de datos para cada una de las siguientes estaciones: Escobedo, San Bernabé, San Nicolás, Obispado, Pastora, Santa Catarina, Apodaca, Juárez y Universidad. datos de contaminantes se obtuvieron de la plataforma SINAICA la cual es la red de monitoreo de la ciudad de Monterrey Nuevo León, el tiempo establecido de recopilación fue de 2013 a 2022 del primer día del año del mes de enero hasta el 31 del mes de diciembre de dichos años con un lapso de 24 hrs en tiempos de concentración máxima.

### Etapa 2 - Definición de contaminantes

Se recopiló información de las estaciones de monitoreo de los siguientes contaminantes: PM10, PM2.5, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno

Se filtraron los datos por cada estación de monitoreo en el lapso de 10 años, para evidenciar las tendencias de cada uno de los contaminantes, por medio de límites permisibles de normatividad

mexicana a partir de filtrado de tablas dinámicas de cada estación de monitoreo para cada año en estudio, la cual se realizará por medio del % de datos que supera el límite máximo permisible y de ese modo evidenciar los contaminantes que superen dichos límites

### **Etapa 3 - Diagnóstico de contaminación atmosférica de ciudad de Monterrey**

Se evaluaron si los contaminantes de cada estación de monitoreo exceden o no el límite permisible según la normatividad mexicana, por lo que se definieron los contaminantes que lo superen por medio de un análisis gráfico de datos la cual se realizará por clasificación de gráficos dinámicos que permite resumir los datos gráficamente por medio de picos representativos de cada contaminante y estación de monitoreo para los contaminantes monóxido de carbono, PM10, PM2.5 la cual busca explorar los datos complejos, dicho lo anterior las concentraciones máximas de cada uno de los contaminantes por cada estación de monitoreo y año, se podrá visualizar con ayuda de una lista de campos para una mejor presentación de la información.

Cabe destacar que para los contaminantes dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno se realizó un análisis en lapsos de tiempo de 2013 a 2017 y 2018 a 2022 para evidenciar de manera más clara las tendencias en las estaciones de monitoreo de manera general, se realizó dicho análisis dado que el impacto atmosférico es mínimo en el AMM la cual significa que no supera el límite máximo permisible para aquellos contaminantes y también al presentarse como contaminantes secundarios por lo tanto para dar mejor visibilidad de los resultados

Se estimaron los contaminantes atmosféricos que excedían los límites permisibles, con el fin de los contaminantes predominantes y sus fuentes según las estaciones, para ello se dio una búsqueda de información sobre eventos o acontecimientos de la ciudad que hayan afectado a la calidad atmosférica durante el periodo de tiempo examinado.

### **Etapa 4- Generación de estrategia de mitigación**

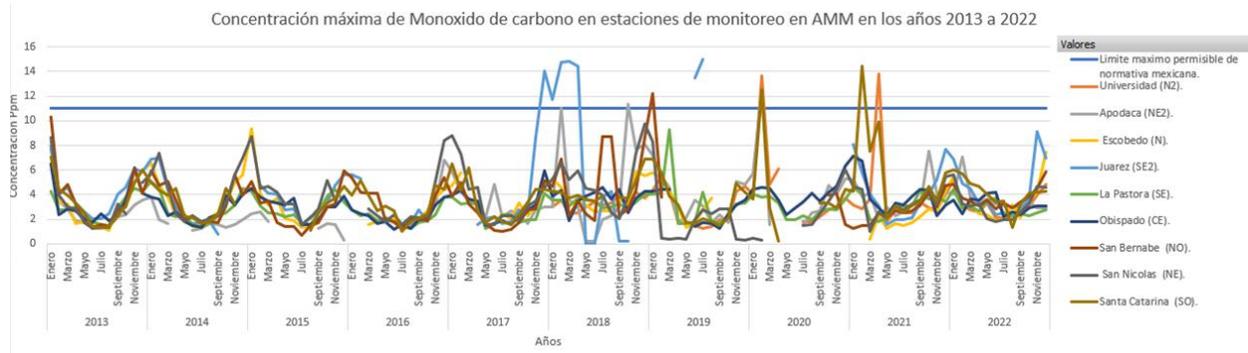
A partir de los resultados del diagnóstico de los contaminantes que superan los límites permisibles de la normatividad mexicana se propusieron medidas o estrategias realizadas en anteriores estudios la cual se propondrán para posibilitar soporte para decisiones federales para amortiguar la contaminación atmosférica en la ciudad.

## **DISCUSIÓN Y RESULTADOS**

### **ANÁLISIS DEL CONTAMINANTE MONÓXIDO DE CARBONO**

Se recopilaron las concentraciones máximas reportadas en las estaciones de monitoreo de Apodaca, Escobedo, Juárez, La Pastora, Universidad, Obispado, San Bernabé, San Nicolás y Santa Catarina.

**Figura 5 concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2013 a 2022 monóxido de carbono**

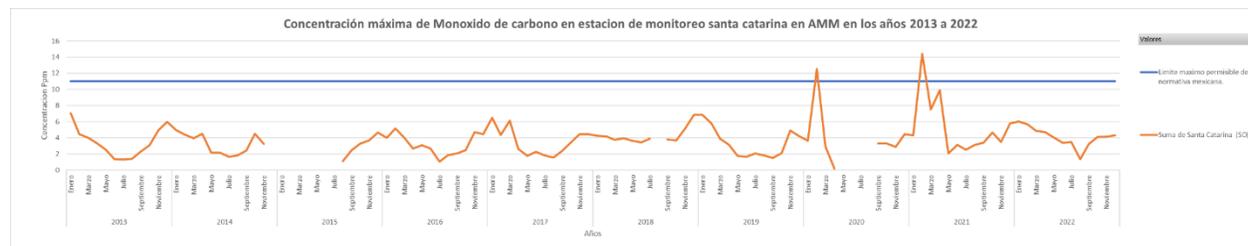


*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de monóxido de carbono 2013 a 2022*

El monóxido de carbono según la normatividad mexicana tiene un límite máximo permisible establecido por la norma NOM-021-SSA1-1993 correspondiente 11 ppm de promedio móvil de 8 horas, se identifica la superación de límites permisibles en el lapso de tiempo del año 2013 a 2023 de las siguientes estaciones de monitoreo:

**Santa Catarina (SO):** En la figura 6 se puede evidenciar en el mes de febrero del año 2020 con un valor de 12.21 ppm y 2021 con un valor de 14.41 ppm. en el año 2020 se presentó un incendio en zona aledaña de un sitio hostelero por lo que evidenció tal valor y en el año 2021 se presentó un incendio forestal de 3 hectáreas por lo que pudo incidir en el incremento de la concentración. (Rodríguez, 2020).

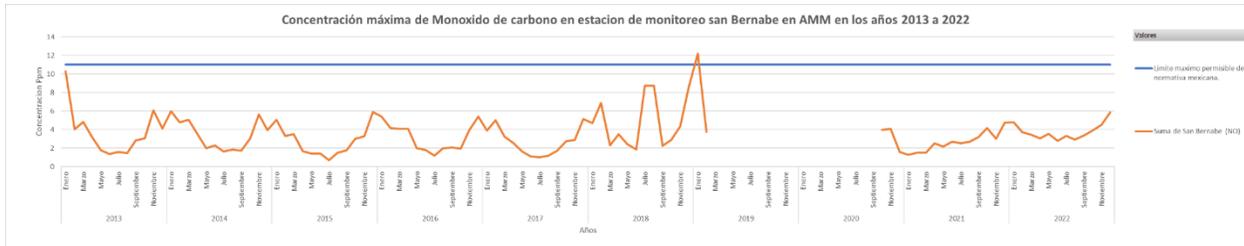
**Figura 6 concentraciones máximas de monóxido de carbono de estación santa Catarina en lapso de tiempo de 2013 a 2022**



*Nota: Concentración máxima de estación santa Catarina para monóxido de carbono 2013 a 2022*

**San Bernabé (NO):** En la figura 7 se puede evidenciar en el mes de enero de año 2019 con un valor de 12.21, la cual en enero de 2019 registró altos niveles de contaminación del aire debido a una combinación de factores, incluyendo la quema de basura en zonas aledañas, la actividad industrial y la inversión térmica. (Marco Córdova, 2019).

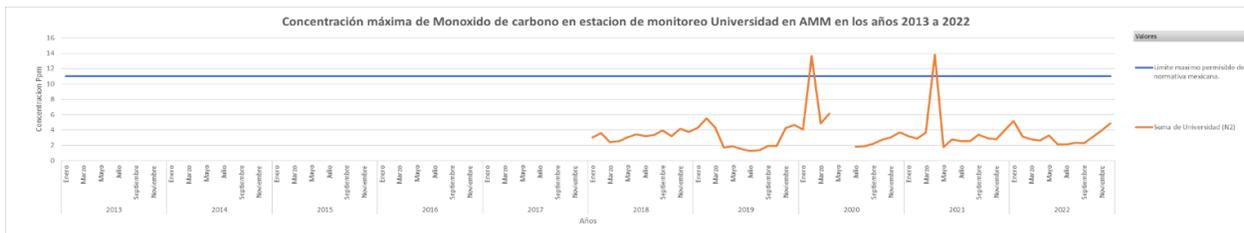
**Figura 7 concentraciones máximas de monóxido de carbono de estación santa Bernabé en lapso de tiempo de 2013 a 2022**



*Nota: Concentración máxima de estación santa Bernabé para monóxido de carbono 2013 a 2022*

- Universidad (N2):** Dado que la estación de monitoreo presentada en la figura 8, se puso en marcha en enero de 2018 no se cuenta con la información de años anteriores, por lo que tienen dos fechas que superan el límites en el mes de febrero de 2020 con un valor de 13.66 y el mes de abril de 2021 con un valor de 13,79; POSIBLEMENTE por parte de las emisiones presentadas en incendio en zona aledaña de un sitio hostelero en la zona de santa Catarina, la dirección de los vientos de este a oeste puede tener relación con la estación de monitoreo de santa Catarina dado por la dirección de los vientos que se presenta en el AMM. (Rodríguez, 2020).

*Figura 8 concentraciones máximas de monóxido de carbono de estación Universidad en lapso de tiempo de 2013 a 2022*

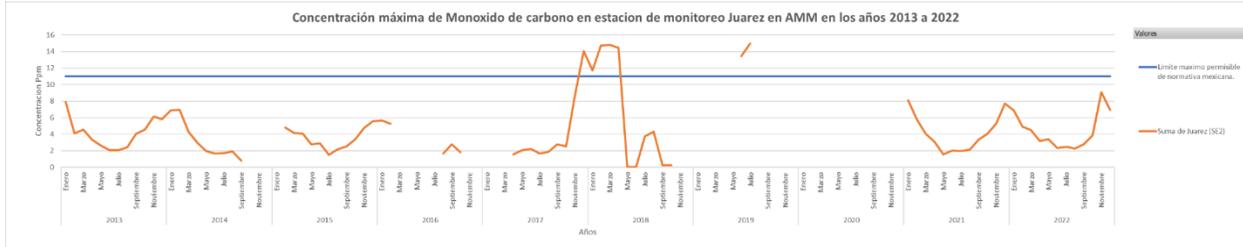


*Nota: Concentración máxima de estación Universidad para monóxido de carbono 2013 a 2022*

- Juárez (SE2):** En la figura 9 se evidencia que no se cuenta con información disponible del año 2020 y 2021 se evidencia que en el mes de noviembre de 2017 hasta el mes de abril de 2018 permaneció superando el límite. Algunas razones de tal incremento pueden relacionarse con: El 27 de noviembre de 2017, la ciudad de Monterrey declaró una contingencia ambiental debido a los altos niveles de contaminación del aire. Los niveles de partículas PM2.5 superaron los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), (Perez, 2018) lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. dado que los eventos relacionados de esa fecha son:
  - En diciembre de 2017, el Gobierno de Nuevo León anunció medidas para reducir la contaminación del aire en la zona metropolitana de Monterrey. Las medidas incluyeron la modernización del transporte público, la promoción del uso de bicicletas y la reducción de emisiones de las fábricas y las empresas. (Perez, 2018)
  - En enero de 2018, se registraron altos niveles de contaminación del aire en Monterrey debido a la inversión térmica y las emisiones de las fábricas y los vehículos. Las autoridades recomendaron a los residentes reducir la actividad al aire libre y limitar el uso de vehículos. (Perez, 2018)

- En abril de 2018, el Gobierno de Nuevo León anunció nuevas medidas para reducir la contaminación del aire en la zona metropolitana de Monterrey. Las medidas incluyeron la prohibición de la quema de basura, la modernización del transporte público y la promoción del uso de bicicletas. (carrillo, 2018).

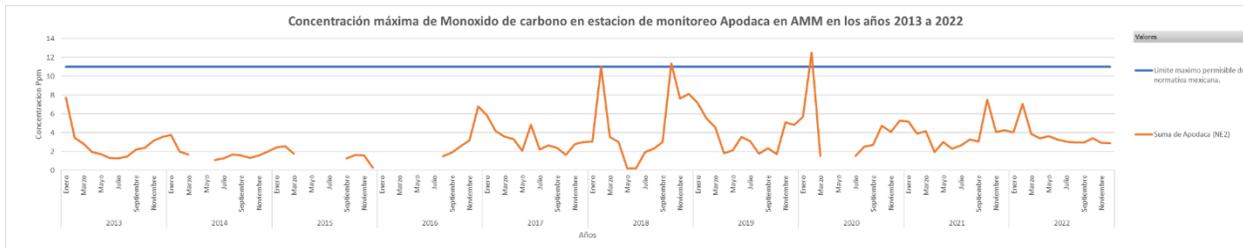
*Figura 9 concentraciones máximas de monóxido de carbono de estación Juárez en lapso de tiempo de 2013 a 2022*



*Nota: Concentración máxima de estación Juárez para monóxido de carbono 2013 a 2022*

- **Apodaca (NE2):** En la figura 10 se presenta en el mes de octubre de 2018 con un valor de 11,36 ppm y mes de febrero de 2019 con un valor de 12,54 ppm, por lo que puede incidir que se encuentra una termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad. (Cortez, 2017).

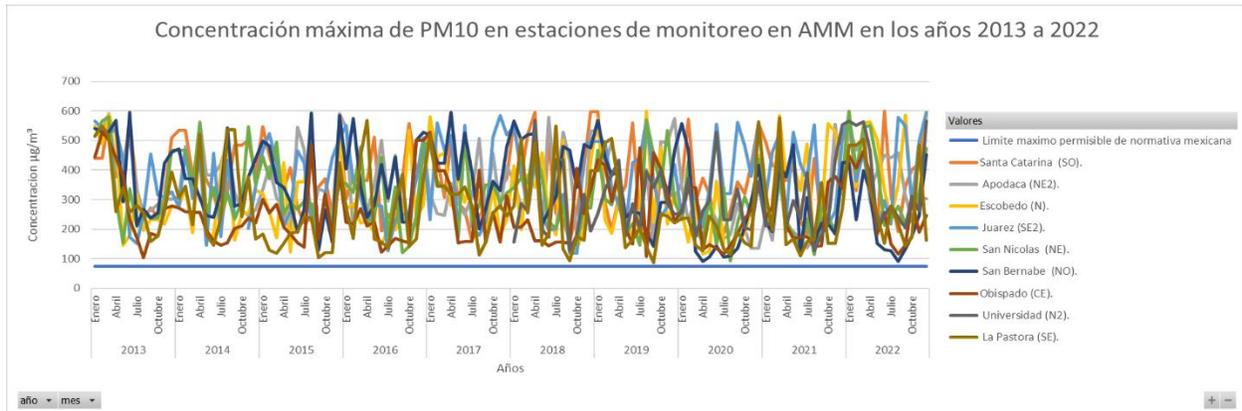
*Figura 10 concentraciones máximas de monóxido de carbono de estación Apodaca en lapso de tiempo de 2013 a 2022*



*Nota: Concentración máxima de estación Apodaca para monóxido de carbono 2013 a 2022*

## ANÁLISIS DEL MATERIAL PARTICULADO DE 10 MICRAS (PM10)

**Figura 11 concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10**



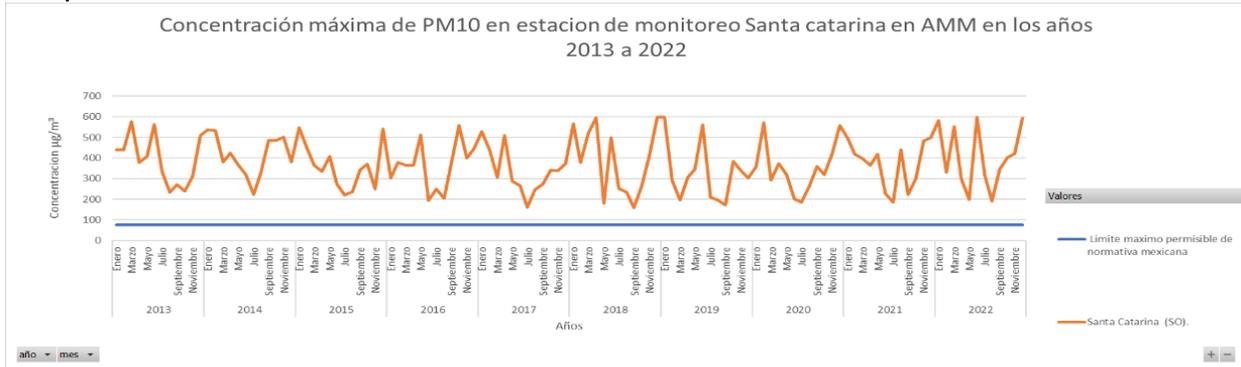
*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de PM10, 2013 a 2022*

En la figura 11 se pone en evidencia el comportamiento del material particulado de 10 micras (PM10) según la normatividad mexicana tiene un límite máximo permisible establecido por la norma NOM-025-SSA1-2014 correspondiente a 75 µg/m<sup>3</sup> de promedio máximo de 24 h, por lo que la normativa anterior fue la NOM-083-SEMARNAT-1996 que establecía el mismo límite máximo permisible anteriormente dicho con actualización para el contaminante PM2.5. Se identifica la superación de límites permisibles en el lapso de tiempo del año 2013 a 2022 de las siguientes estaciones de monitoreo:

**Santa Catarina (SO):**

En la figura 12 se evidencia que se sobrepasa el máximo permisible, el PM10 tiene altas concentraciones en todos los periodos del año en especial los meses de enero a marzo; puede ser a consecuencia de alta concentraciones de emisiones de fuentes industriales y del tráfico de transporte pesado en las avenidas próximas: Avenida Manuel Ordóñez, Carretera Nacional y Avenida Las Torres. En los meses de julio a octubre de 2017 se evidencia menores concentraciones de PM10 la cual es debido a las altas precipitaciones en la zona de estudio por lo que es muy característico, lo que causa un incremento del peso del material particulado y realice una caída más rápida a la superficie la cual puede quedar depositado en el suelo o en contacto con las hojas de la vegetación. (Cortez, 2017).

**Figura 12 concentraciones máximas de estación de Monitoreo santa Catarina en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10**

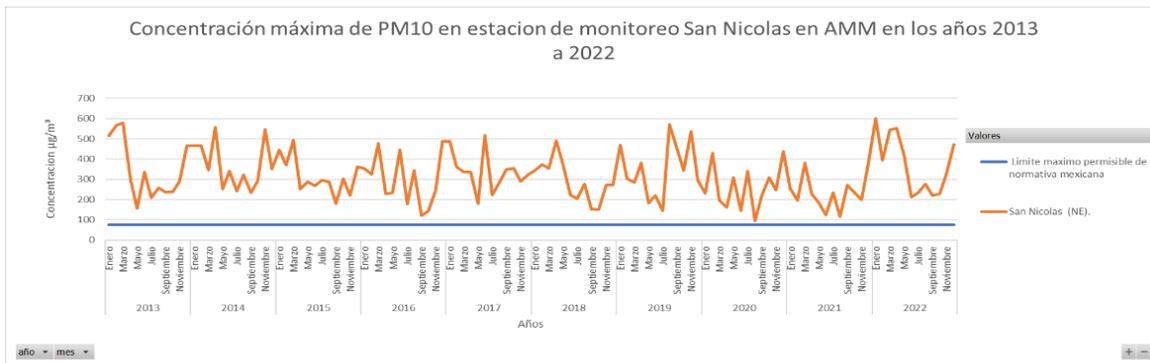


*Nota: Concentración máxima de estación Santa Catarina para PM10 2013 a 2022*

**San Nicolás (NE):**

En la figura 13 se presenta el comportamiento de la estación san Nicolás en la que se observa que sobrepasan los límites máximos permisibles, los picos más altos se dieron en los meses de octubre de 2013, 2014, 2019 y 2022 debido a la ubicación de parques de parques industriales en la zona a causa de la movilización de la población por lo que generan el arrastre del contaminante hacia la dicha zona, (CASILLAS, 2015), también se denota la reducción del contaminante en el mes de julio todos los años a causa de las precipitaciones en AMM. (Cortez, 2017).

**Figura 13 concentraciones máximas de estación de Monitoreo san Nicolás en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10**

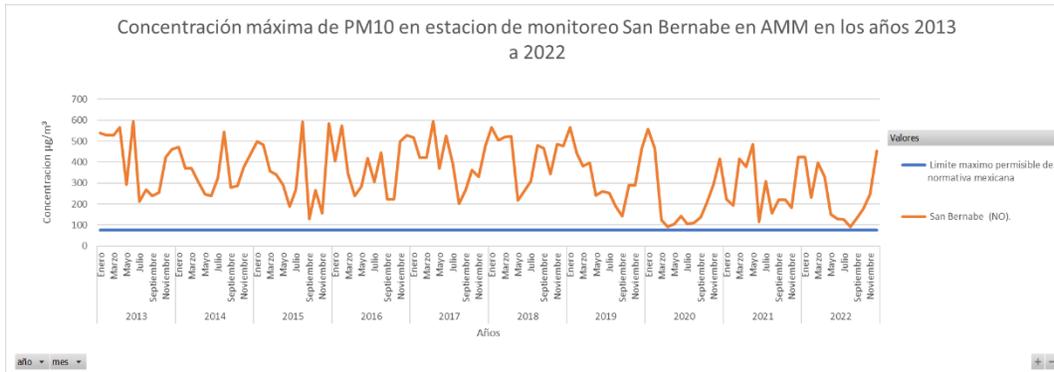


*Nota: Concentración máxima de estación Santa Catarina para PM10 2013 a 2022*

**San Bernabé (NO):**

En la figura 14 los datos sobrepasan el máximo permisible en el lapso de tiempo; una causa puede ser que se encuentra a cercanías de zona alta afluencia vehicular como: Avenida Bernardo Reyes y Avenida Félix U. Gómez, es importante mencionar que la zona donde se ubica San Bernabé es una zona urbana densamente poblada y que no existen grandes zonas industriales en su cercanía inmediata (CENTRO MARIO MOLINA, 2019).

*Figura 14 concentraciones máximas de estación de Monitoreo san Bernabé en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10*

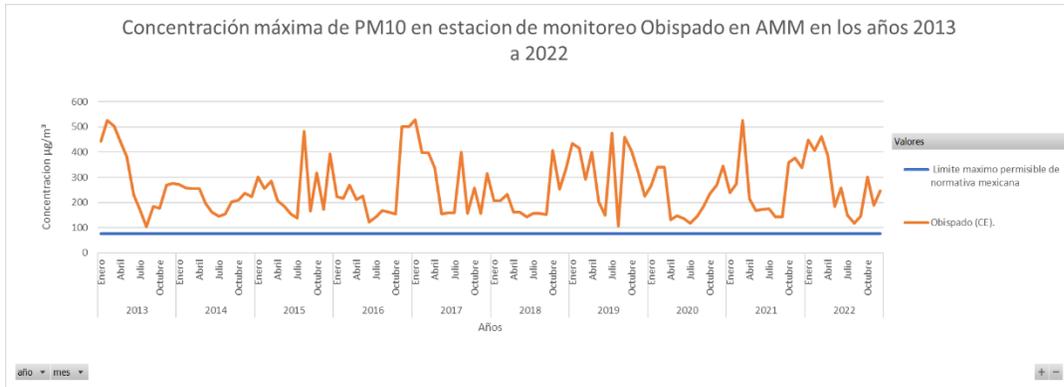


*Nota: Concentración máxima de estación Santa Bernabé para PM10 de 2013 a 2022*

**Obispado (CE):**

En la estación de monitoreo obispado figura 15 se evidencia un comportamiento de incremento en el mes de enero con un promedio de 346 µg/m<sup>3</sup> la cual se encuentra relacionado por la falta de viento y la inversión térmica, (Cortez, 2017). por lo que en enero de 2018 dado por una fuga de gas en una planta industrial a cercanías de la estación se vio reflejado en tal incremento del contaminante, por otra parte se observa la tendencia que en dicho mes se encuentra relacionado por quemas agrícolas en zonas cercanas y también por las emisiones de fuentes locales. (Zúñiga, 2022)

*Figura 15 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Obispado en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10*

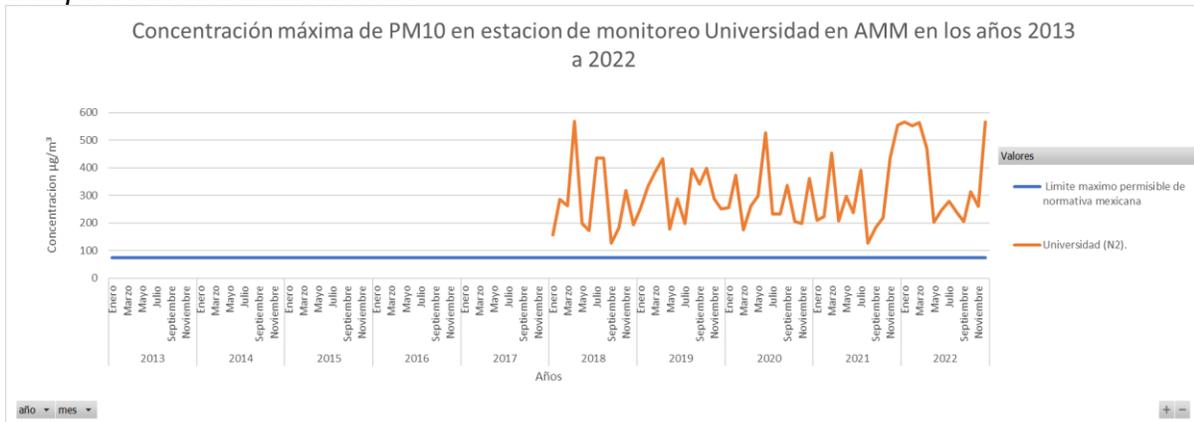


*Nota: Concentración máxima de estación obispado para PM10 de 2013 a 2022*

**Universidad (N2):**

En la estación universidad figura 16 no se cuenta con 50% de los datos correspondientes en el periodo de 2013 a 2017; se observó que todos sus valores exceden con los valores límites permisibles Y se evidencia una fluctuación de diciembre de 2021 a abril de 2022 con concentración máxima de 565 µg/m<sup>3</sup>; se puede relacionar por la cercanía de vialidades por aforos relevantes la cual impacta de forma directa para la medición de los contaminantes.

*Figura 16 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Universidad en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10*

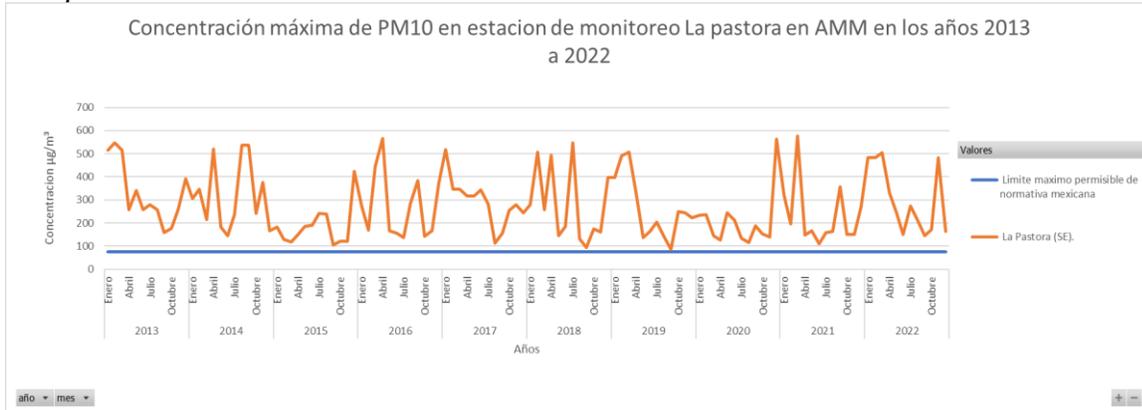


*Nota: Concentración máxima de estación Universidad para PM10 de 2013 a 2022*

**La pastora (SE):**

En la figura 17 se evidencia en la estación la pastora que se sobrepasa el máximo permisible, el valor más alto se registra en el mes de marzo de 2021 con un valor de  $571 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el mes de marzo de 2020 con un valor de  $567 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; esto se pudo dar a consecuencia de varios incendios forestales en la sierra de Santiago a cercanías de AMM, que causaron una gran cantidad de humo y ceniza en el aire (Huerta, 2021)

*Figura 17 concentraciones máximas de estación de Monitoreo La pastora en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10*

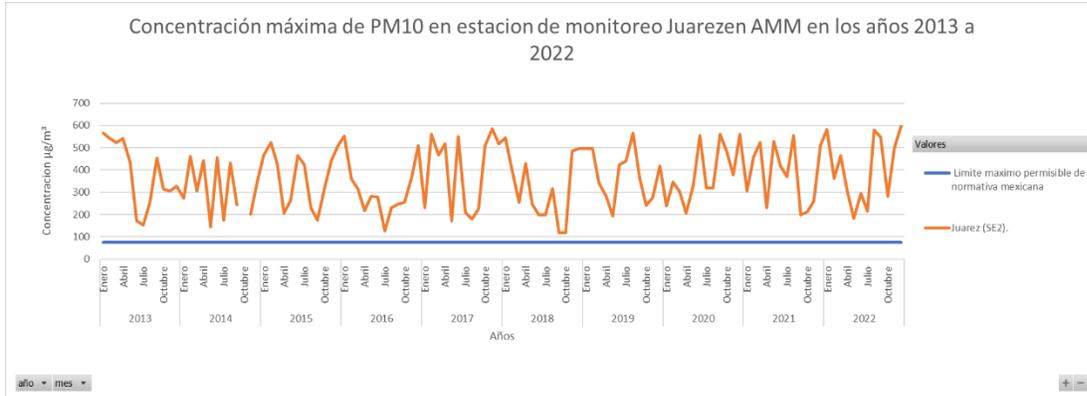


*Nota: Concentración máxima de estación La pastora para PM10 de 2013 a 2022*

**Juárez (SE2):**

En la estación Juárez figura 18 se observa que todos sus datos en el lapso de tiempo sobrepasan el límite máximo permisible, la cual presenta lapso de tiempo con el incremento estable como de octubre de 2017 a abril de 2018 con una concentración máxima de  $585 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del mes de noviembre la cual es dado a cabo por el registro de un incendio de una fábrica de pinturas que emitió una gran cantidad de humo y productos químicos al aire y también por incendios a causa de quema de basura. (Arizpe, 2017).

*Figura 18 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Juárez en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10*

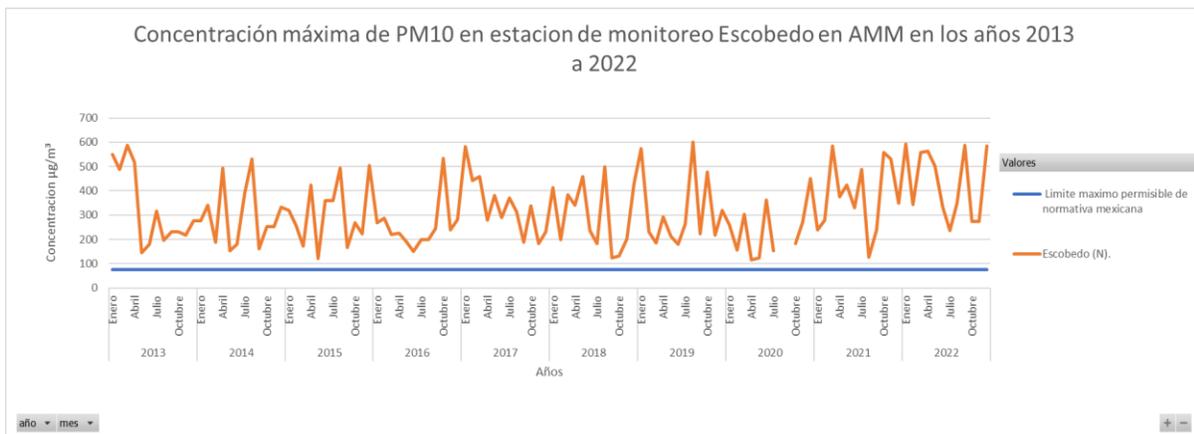


*Nota: Concentración máxima de estación Juárez para PM10 de 2013 a 2022*

**Escobedo (N):**

En la estación Escobedo ver figura 19 se evidencia que se sobrepasa el máximo permisible, el valor más alto se registra en el mes de septiembre de 2019 con un valor de 600 µg/m<sup>3</sup> la cual presenta la misma tendencia en los tres años siguientes la cual es efectuado por la fecha del grito de independencia la cual lo celebran el día 15 y 16 de septiembre. (ESTRADA, 2015)

*Figura 19 concentraciones máximas de estación de Monitoreo san Bernabé en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10*



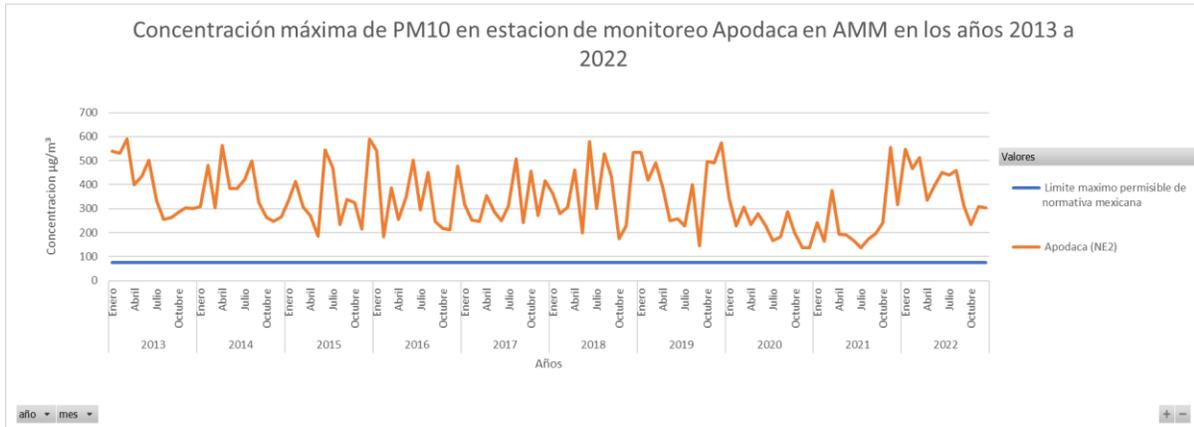
*Nota: Concentración máxima de estación Escobedo para PM10 de 2013 a 2022*

**Apodaca (NE2):**

Se evidencia e la figura 20 que que se sobrepasa el máximo permisible, el valor más alto se registra en el mes de enero de 2015 con un valor de 590 µg/m<sup>3</sup> y el mes de junio de 2018 con un valor de 579

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esta elevación de las concentraciones de debe a que la estación se encuentra en una zona de industria la cual se encuentra una termoeléctrica la cual genera altas emisiones según Cortez, H. A. (2017).

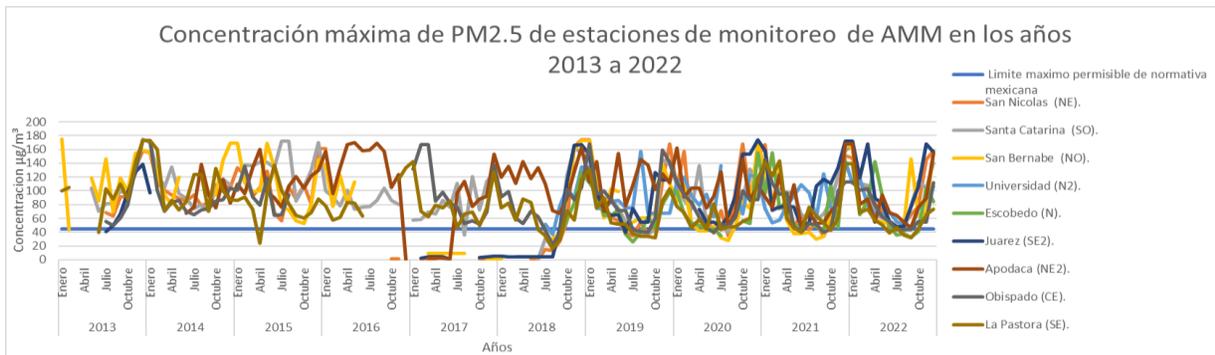
**Figura 20** concentraciones máximas de estación de Monitoreo Apodaca en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM10



*Nota: Concentración máxima de estación Apodaca para PM10 de 2013 a 2022*

### ANÁLISIS DE MATERIAL PARTICULADO DE 2.5 MICRAS (PM2,5)

**Figura 21** concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2013 a 2022 PM 2.5



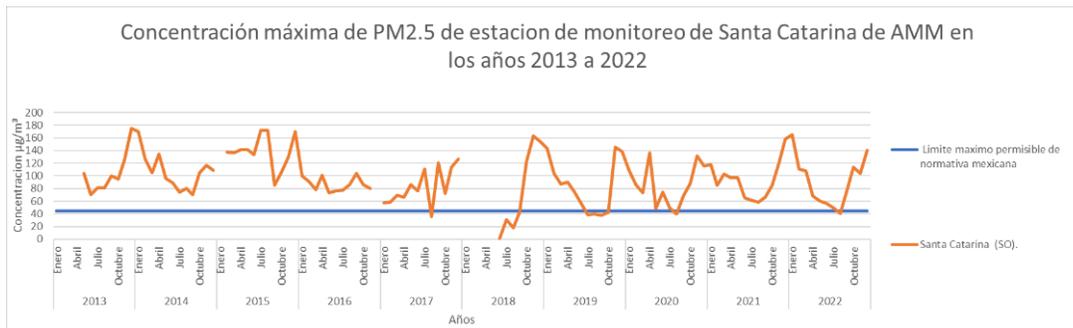
*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de PM2.5, 2013 a 2022*

Para el material particulado de 2,5 micras (PM2.5) presentado en la figura 21, según la normatividad mexicana tiene un límite máximo permisible establecido por la norma NOM-025-SSA1-2014 correspondiente a  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de promedio máximo de 24 h, la cual se identifica la superación de límites permisibles en el lapso de tiempo del año 2013 a 2023 de las siguientes estaciones de monitoreo:

**Santa Catarina (SO):**

En la estación Santa Catarina ver figura 22 se puede evidenciar que se sobrepasa el máximo permisible, se presentan varios picos característicos que se dan en general en los meses de enero, la cual se debe a la baja velocidad del aire en estos lapsos de tiempo al igual que las bajas temperaturas la cual provocaba inversión térmica, aun así, es corroborado por periodo de contingencia dictaminado por la secretaría de desarrollo sustentable (VITAL, 2020)

**Figura 22 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Santa Catarina en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5**



**Nota: Concentración máxima de estación Apodaca para PM2.5 de 2013 a 2022**

### San Nicolás (NE):

En la estación san Nicolás ver figura 23 se observa que el 63% sobrepasa el máximo permisible, la PM2.5 se asocia con el alto índice de industrias manufactureras y también a causa de la gran proliferación de parques industriales en la zona (Cortez, H. A. 2017).

**Figura 23 concentraciones máximas de estación de Monitoreo San Nicolás en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5**

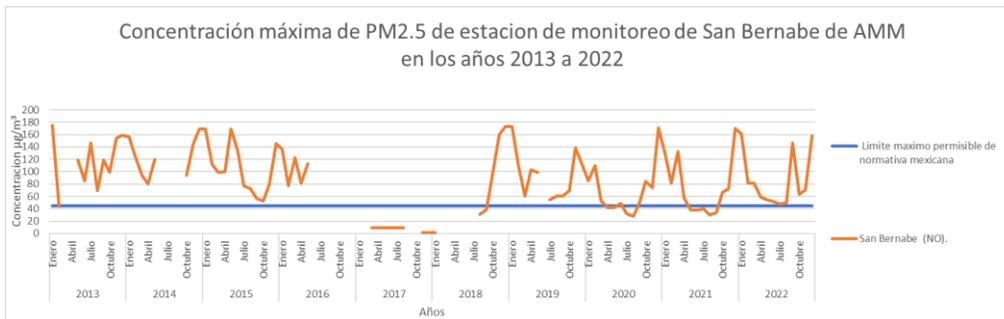


*Nota: Concentración máxima de estación San Nicolas para PM2.5 de 2013 a 2022*

**San Bernabé (NO):**

En la figura 24 se evidencia en la estación San Bernabé los datos que sobrepasan el límite máximo es el 63%, el valor más alto se ve en el mes de diciembre de 2020 con un valor de 171 µg/m<sup>3</sup> y el mes de diciembre de 2021 con un valor de 158 µg/m<sup>3</sup>, la cual fue a causa de la quema de material pirotécnico lo que provocó que la estabilidad atmosférica haya perdido intensidad (Barrios, 2021)

*Figura 24 concentraciones máximas de estación de Monitoreo San Bernabé en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5*

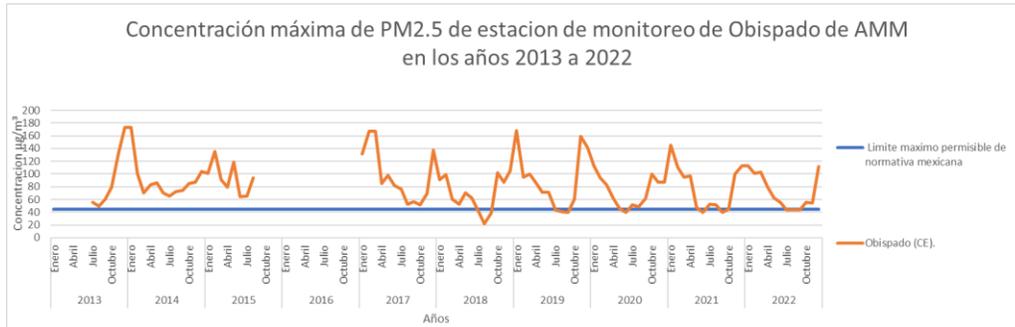


*Nota: Concentración máxima de estación San Bernabé para PM2.5 de 2013 a 2022*

**Obispado (CE):**

En la figura 25 se puede evidenciar que el 71% de los datos superan el límite máximo la cual presentan varios picos característicos que se dan en general en los meses de enero del año 2019 y 2020 con unos valores de  $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $159 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual se relaciona con el comportamiento de variables meteorológicas de la estación santa Catarina por la inversión térmica (VITAL, 2020)

*Figura 25 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Obispado en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5*



*Nota: Concentración máxima de estación Obispado para PM2.5 de 2013 a 2022*

### Universidad (N2):

En la figura 26 se dan dos picos de concentración máxima en el mes de agosto de 2019 con un valor de  $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el mes de diciembre de 2021 con un valor de  $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual se asocia a la contaminación de quema de pirotecnia durante las fechas de fin de año, así como a las inversiones térmicas que impidieron la dispersión de los contaminantes. (Casado, 2021)

*Figura 26 concentraciones máximas de estación de Monitoreo universidad en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5*

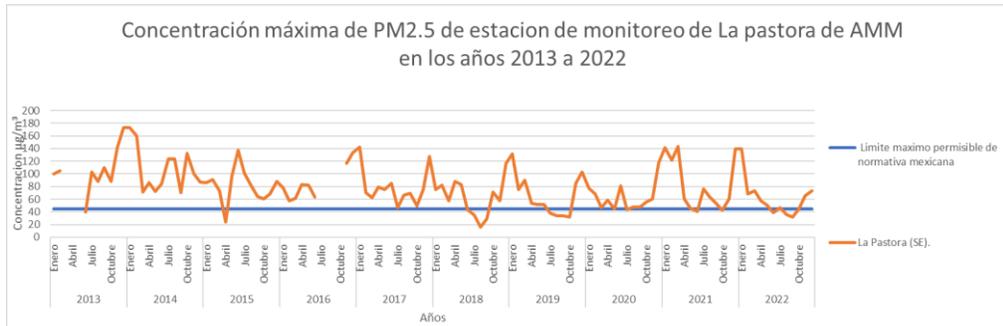


*Nota: Concentración máxima de estación Universidad para PM2.5 de 2013 a 2022*

### La pastora (SE):

En la estación la pastora presentada en la figura 27 se puede evidenciar que el 79% superan el límite máximo, presentan varios picos característicos que se dan en general en los meses de enero de 2014, 2021 y 2022 con un valor de 147  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  la cual se asocia a varios incendios forestales que se produjeron en Estados unidos la cual afectó a la calidad del aire de varias ciudades de México por lo que según la dirección del viento fueron transportadas las partículas hasta el sur (Nilsen, 2022).

*Figura 27 concentraciones máximas de estación de Monitoreo La pastora en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5*



*Nota: Concentración máxima de estación La pastora para PM2.5 de 2013 a 2022*

### Juárez (SE2)

En la estación Juárez ver figura 28 presenta un periodo de 3 años (2014,2015,2016) de vacíos de información correspondiente al 45%, evaluando de enero de 2019 a 2022 se encuentran los picos más altos con un promedio de 166  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , puede relacionarse tanto con los incendios forestales ocurridos en Estados unidos (Nilsen, 2022) como a la quema de basura en zonas aledañas, la actividad industrial y la inversión térmica por el invierno. (Marco Córdova, 2019).

*Figura 28 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Juárez en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5*



*Nota: Concentración máxima de estación Juárez para PM2.5 de 2013 a 2022*

### Escobedo (N)

En la estación Escobedo ver figura 29 se presenta análisis de datos a partir de julio de 2018 debido a la implementación de nueva tecnología para detección de partículas PM2.5 presenta comportamiento de pico altos en enero por los 5 años en estudio debido a incendios aledaños en épocas de sequía (Marco Córdova, 2019). La cual se evidencia que el 32% supera el máximo permisible.

*Figura 29 concentraciones máximas de estación de Monitoreo Escobedo en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de PM2.5*



*Nota: Concentración máxima de estación Juárez para PM2.5 de 2013 a 2022*

### Apodaca (NE2)

En la estación Apodaca evidenciada en la figura 30 dado que se cataloga como zona industrial y como zona de alto movimiento urbano presenta picos de máxima concentración de visualizan en abril de 2016

con un valor de  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que se mantiene estable hasta el mes de agosto dado a causa de incendio forestal en el parque nacional las cumbres de Monterrey la cual consumió más de 200 ha de vegetación por lo que generó una nube de humo que elevó los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$  (Forestal, 2016)

Figura 30 se observa las concentraciones máximas de estación de Monitoreo Apodaca en el lapso de tiempo de 2013 a 2022 de  $\text{PM}_{2.5}$



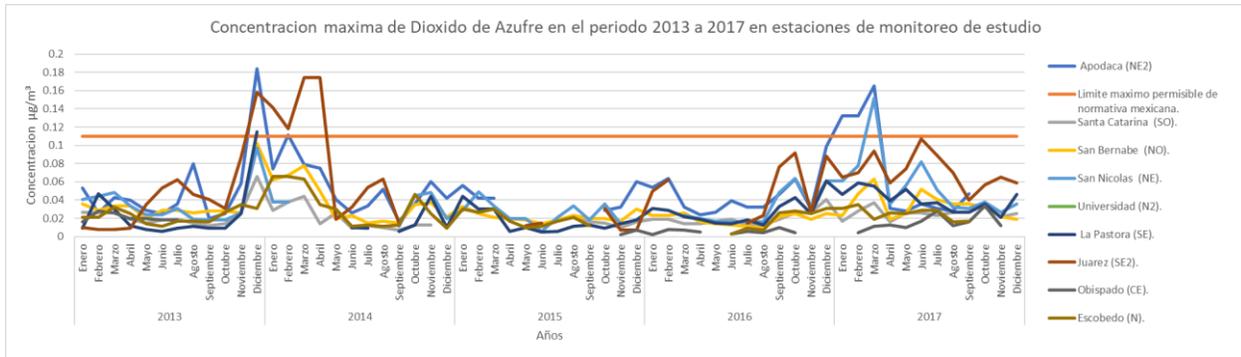
Concentración máxima de estación Apodaca para  $\text{PM}_{2.5}$  de 2013 a 2022

## ANÁLISIS DE CONTAMINANTE $\text{SO}_2$

Para el contaminante de dióxido de azufre presentado en la figura 31 según la normatividad mexicana tiene un máximo establecido por la norma NOM-022-SSA1-2010, correspondiente a 0.110 ppm de promedio máximo de 24 h, En este estudio se recopilaron datos de las estaciones de monitoreo en el área metropolitana de Monterrey denotadas así:

- Apodaca
- Escobedo
- Juárez
- La pastora
- Universidad
- Obispado
- San Bernabé
- San Nicolás
- Santa Catarina

Figura 31 concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2013 a 2017  $\text{SO}_2$



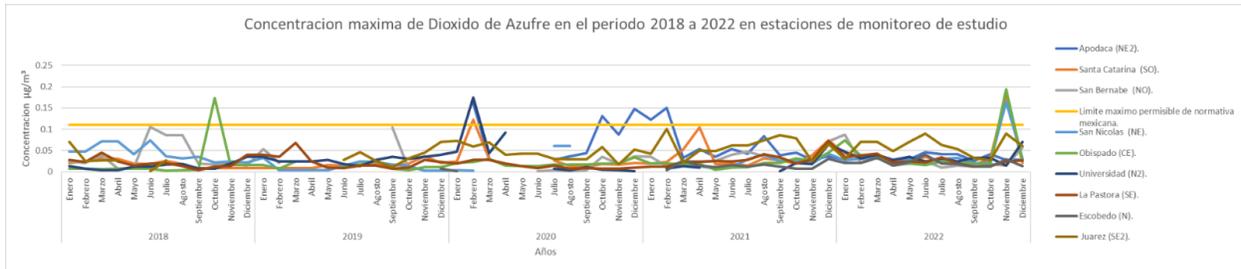
*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de SO<sub>2</sub>, 2013 a 2017*

En la figura 31 se presentan los resultados del contaminante de dióxido de azufre para el periodo de 2013 a 2017 la cual establece por parte de algunas estaciones de monitoreo el exceso del límite máximo permisible.

La estación Apodaca supera el límite máximo permisible correspondiente a un 5% con los picos más representativo en los meses de diciembre de 2013 con un valor de 0.184 µg/m<sup>3</sup> y el mes de abril de 2017 con un valor de 0.165 ppm. puede relacionarse con la estación de monitoreo Juárez QUE presenta uno de sus mayores picos en el mes de diciembre de 2013, aquella tendencia se puede deber a un incendio ocurrido en el parque natural cumbres de monterrey la cual dio una gran liberación de dióxido de azufre, (Ortiz, 2013). Además, que en aquella época del año la región en estudio es bastante seca por lo que la precipitación pluvial es bastante seca. (López, 2013)

En el mes de abril de 2017 se evidencia la superación del límite máximo permisible en la estación de San Nicolás, la cual presenta una concentración máxima de SO<sub>2</sub> de 0,152 ppm en el mes de abril de 2017 aquella estación superan el límite máximo permisible EN 1%, la causa que se haya afectada la calidad del aire en las estaciones de monitoreo anteriormente dichas se debe a que el 27 de noviembre de 2017, la ciudad de Monterrey declaró una contingencia ambiental debido a los altos niveles de contaminación del aire. Los niveles de partículas PM<sub>2.5</sub> superaron los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), (carrillo, 2018) lo que aumentó el riesgo de enfermedades respiratorias. Cabe destacar que las estaciones de monitoreo que no fueron nombradas en el análisis son debido a que no superaron el límite máximo permisible.

*Figura 32 concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2018 a 2022 SO<sub>2</sub>*



*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de SO<sub>2</sub>, 2018 a 2022*

Según la figura 32 se evidencia los resultados del contaminante de dióxido de azufre para el periodo de 2018 a 2022 la cual establece por parte de algunas estaciones de monitoreo el exceso del límite máximo permisible por lo que se encuentran relacionadas entre sí, las siguientes estaciones de monitoreo superan el límite máximo permisible.

Ocasionalmente la primer estación que supera el límite máximo permisible es la estación de obispado la cual de los datos analizados se supera con un 2%, con unos picos representativos en el mes de octubre de 2018 con valor de 0.173 ppm y en mes de noviembre de 2022 con valor de 0.194 ppm la cual presenta un pico de tendencia con otras estaciones de monitoreo en ese mismo mes como lo son la estación san Nicolás la cual supera el límite con un 1% y del correspondiente mes de noviembre equivalente a 0.164 ppm de misma manera la estación santa Catarina que presenta el comportamiento del excedente de concentración máxima en el mes de noviembre de dicho año con un valor de 0.178 ppm con una superación de límite máximo permisible de 2%, dada tendencia se encuentra relacionada debido principalmente por la pirotecnia que se da uso en el día de muertos en la ciudad lo cual en dicho año en 223 días superaron el valor de la norma. (Marroquín, 2022)

Por consiguiente se visualiza la tendencia el exceso del contaminante en febrero de 2020 por encima del límite permisible en las estaciones de Apodaca con un valor de 0,161 ppm la cual del total de los datos se superan en un 5%, la estación universidad con un valor de 0,175 ppm con un 1% de datos que superan el límite máximo y por último la estación Santa Catarina con un valor con un valor de 0.123 ppm la cual un 2% de los datos supera los límites máximos permisibles, a relación de la tendencia evidenciada anteriormente se debe a las velocidades del viento que excedieron los 20 km/h la cual causaba la re-suspension del polvo contaminante la cual reunía las emisiones tanto de fuentes móviles como fuentes fijas y por actividades de construcción (López, 2020)

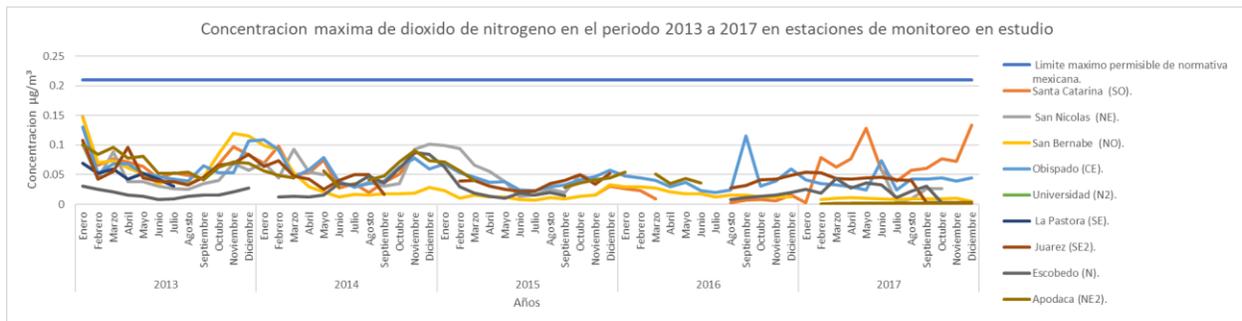
## ANÁLISIS DE CONTAMINANTE NO2

Para el contaminante de dióxido de azufre presentado en la figura 33 según la normatividad mexicana tiene un máximo establecido por la norma NOM-023-SSA1-1993 correspondiente a 0.210 ppm de promedio máximo de 24 h. Las estaciones fueron:

- Apodaca
- Escobedo
- Juárez
- La pastora
- Obispado
- San Bernabé
- San Nicolás
- Santa Catarina

La estación de monitoreo universidad no se realiza el dicho análisis dado que en su periodo de funcionamiento (29 enero de 2018), por lo que no se encuentra diseñada para la captura de información de NO2.

**Figura 33** concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2013 a 2017 NO2



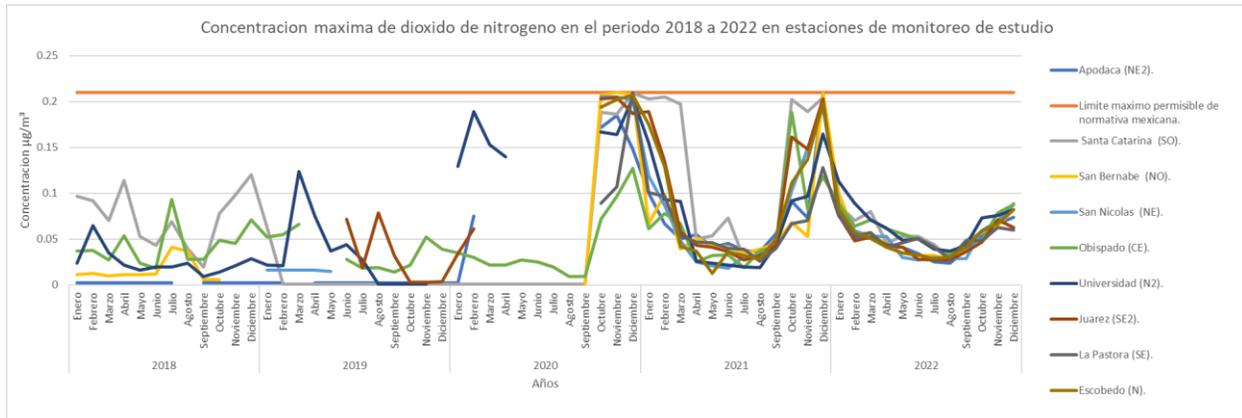
*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de SO2, 2013 a 2017*

En la figura 33 se presenta los resultados del contaminante de dióxido de nitrógeno para el periodo de 2013 a 2017 la cual establece por parte de algunas estaciones de monitoreo algunas tendencias, aunque no se exceda el máximo permisible, por lo que se encuentran relacionadas entre sí, las siguientes estaciones de monitoreo presentan las siguientes tendencias:

Se presenta una tendencia del contaminante a superar el 0.100 ppm en el mes de enero de 2013 en varias estaciones de monitoreo como Apodaca que registra un valor de 0.100 ppm, la estación de Juárez con un valor de 0,108 ppm la estación de obispado con un valor de 0,13, la estación de san Bernabé con un valor de 0.146 ppm y la estación de santa Catarina con un valor de ppm.

En el año 2016 se evidenció una reducción del contaminante en todas las estaciones de monitoreo de AMM. Esto puede ser por el Programa de gestión para Mejorar la Calidad del Aire, que planteó una medición progresiva de vehículos por la que buscaba inspección y seguimiento del mismo.

(SEMARNAT. 2016). la cual *Figura 34* concentraciones máximas de estaciones de Monitoreo de lapso de tiempo de 2018 a 2023 de S02



*Nota: Concentración máxima de estaciones de monitoreo de S02, 2018 a 2022*

En la figura 34 presenta el estudio del periodo de 2018 a 2023 se evidencia que en ninguna estación se supera el máximo permisible; los valores más elevados se presentaron en el mes de diciembre de 2020 y noviembre y diciembre de 2021. En el mes de diciembre de 2020 en todas las estaciones de monitoreo se superaron el valor de 0.15 ppm a excepción de la estación de monitoreo obispado la cual presentó un valor de 0.127 ppm; en meses de invierno el contaminante asciende debido a la temperatura y a que también hay demasiada movilidad por la carretera Tamaulipas, que es utilizada para conectar México a Estados Unidos. (Cortez, H. A. 2017)

## ESTRATEGIAS DE CONTROL

Se evidencia a partir del análisis, que PM10, PM2.5, dióxido de azufre y monóxido de carbono sobrepasan los límites, principalmente en las estaciones Juárez y santa Catarina, por las fuentes industriales y móviles, ya que se ubican en zonas industriales y avenidas principales de alto tráfico vehicular. Al comparar con estaciones como la pastora que es una zona de alto flujo vehicular, sin embargo, la diferencia es que en la estación la pastora hay un parque ecológico y el zoológico la pastora que brindan mejora del aire.

En la tabla 5 se observan estrategias como la plantación de árboles, techos verdes, cambio a tecnologías de energía eléctrica y uso de paneles de musgo la cual se establecerá a elección, la alternativa más sofisticada según los resultados obtenidos.

Según los contaminantes en el área metropolitana de Monterrey se propone el uso de musgo, ya que se puede implementar a corto plazo; las otras estrategias tienen duraciones mucho más extensas y los costos de operación son mucho mayores como se presenta en la tabla 5 la cual el AMM no cumple con las exigencias de las estrategias convencionales como el cambio de tecnología en los vehículos la cual conlleva un alto costo, al igual la implementación de la tecnología de techos verdes que cuenta con altos costos de mantenimiento, ejecución de educación ciudadana y adecuación del sitio donde se vaya a ubicar. La puesta en marcha del proyecto de red de musgo no requiere de grandes cantidades de dinero (CORTES, 2020) Los musgos pueden retener la humedad, capacidad de absorción de los contaminantes del aire y el aprovechamiento para el desarrollo de muchos animales. (Aguirre, 2010). Además es un bioindicador del aire y retiene PM10 y PM2.5 y dióxido de carbono (Poblano, 2013).

El árbol urbano es una pared móvil que está conformada por diferentes musgos, puede absorber 250 gramos/día de PM10 y PM2.5, 240 toneladas/año de dióxido de carbono, y absorbe dióxido de nitrógeno entre otros (TXEMA, 2019). En Londres, Inglaterra, se construyeron dos estructuras en una estación de buses que registraron valores altos de Dióxido de nitrógeno (Landon, 2020). Cada una de ellas tiene la capacidad similar a la de 275 árboles para captar contaminantes. Para implementar paredes de musgo en el Are Metropolitana de Monterrey será necesario ubicarlas en las estaciones más contaminadas por material particulado de 10 micras la cual equivale a todas las estaciones de monitoreo y en estaciones afectadas por PM2.5 como de Apodaca (81%), la pastora (79%), obispado (71%) y santa Catarina (82%) En dichas estaciones se plantearía ubicar 4 paredes de musgo.

*Figura 35 Localización de muros de vida*

<b>A</b>	Escobedo
<b>B</b>	Apodaca
<b>C</b>	San Bernabé
<b>D</b>	Juárez
<b>E</b>	Universidad
<b>F</b>	Santa Catarina
<b>G</b>	Obispado
<b>H</b>	La pastora
<b>I</b>	San Nicolás



En la figura 35 se observa un muro hecho de musgo propuesto por la empresa Green city solutions que tiene como medidas 4 metros de altura, 3 metros de ancho y 2.20 metros de profundidad, esta estructura está conformada por 5 torres de musgo que ingiere material particulado, dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono como si fueran 1.375 árboles.

Figura 36 muro hecho de musgo propuesto por la empresa Green city solutions



Fuente: (TXEMA, 2019) Greencity solutions.

*Tabla 6 Planteamiento de estrategia*

Estrategia para la reducción de concentración de contaminantes en el aire		
N o m b r e d e l	Paneles de musgo para reducir la contaminación	Justificación

p r o g r a m a												
Objetivo	Desarrollar redes de musgo para la captura y reducción de material particulado											<p>se presentan dos sectores de alta concentración de material particulado PM10 en todas las estaciones de Apodaca (81%), la pastora (79%), obispado (71%) y santa Catarina (82%)</p> <p>Con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población, se ha propuesto una estrategia conjunta para implementar tecnologías innovadoras que reduzcan la concentración de contaminantes.</p>
Impacto a reducir	Disminuir elevadas concentraciones de contaminantes en la estación Santa Catarina, la pastora, Apodaca y san Nicolás y obispado											
Responsable	Secretaria de medio ambiente y recursos naturales al igual Gobierno de México											
Tiempo de ejecución	5 a 10 años,											
Seguimiento	El control y seguimiento para verificar la adaptación del musgo en el lugar.											
Meta	Indicador				Limitaciones							
Reducir el 20% de las concentraciones de material particulado (PM2.5 y PM10) y dióxido de nitrógeno en las estaciones sevellana, Kennedy, Tunal, las Ferias y Puente Aranda	% Reducción de contaminante= (1- (Concentración de contaminantes del año a revisar / Concentración del año en que se implementa el proyecto) * 100)				Costos: son tecnologías innovadoras por lo que su implementación demanda altos recursos económicos, el mantenimiento de las estructuras puede costar alrededor de \$10,696.075							
Jalisco											Estado de Jalisco	
Actividad	6 meses	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	<p>Se plantea la construcción de paredes de musgo ubicadas en sitios dentro de las zonas de alta concentración de material particulado (PM10 y PM2.5)</p>
Análisis de prefactibilidad												
Análisis de factibilidad												



## CONCLUSIONES

Según los resultados de acuerdo a los registros de monitoreo de la calidad del aire de Monterrey permitió conocer los diferentes niveles de contaminación atmosférica en el AMM la cual es un objetivo de este estudio la cual se cumplió parcialmente dado que no había información disponible de algunas estaciones de monitoreo.

Se hizo la formulación de la estrategia de mitigación de red de musgo puede ser una alternativa viable dado que las limitaciones son mínimas tanto en costos de instalación y mantenimiento como también los altos índices de remoción de PM10, PM2.5 y dióxido de azufre la cual también ha sido implementado en otros países como Inglaterra y Japón la cual lo convierte en una tecnología innovadora para la reducción de los contaminantes anteriormente dichos.

## REFERENCIAS

ADN, M. (2019). *Aeropuerto Internacional del Norte*. Tomado de: <https://www.adelnorte.com.mx/esp/index.html>

Aeropuerto de Monterrey. (2019). *Guía del Aeropuerto Internacional de Monterrey*. Tomado de <https://www.monterrey-airport.com/es/aeropuerto-monterrey.php>

Aguirre, F. (2010). *Importancia De Los Musgos Para El Medio Ambiente Y La Navidad*. ACR Latinoamérica. Tomado de: <https://www.acrlatinoamerica.com/201012133461/noticias/lo-verde/importancia-de-los-musgos-para-el-medio-ambiente-y-la-navidad.html>

ANUIES UANL-FCC. (2019). Conoce Monterrey. *CONOCE NUEVA LEÓN*, 1. Tomado de: <https://encuentrotic.anuies.mx/conoce-monterrey/>

ARCINIÉGAS, C. A. (2012). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10*. Manizales: scielo. Tomado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742012000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012)

Arizpe, Ó. E. (2017). *Gaceta Municipal*. AMM: Monterrey la gran ciudad. Tomado de: [https://www.monterrey.gob.mx/pdf/gacetas/2017/Gaceta\\_Nov\\_2017.pdf](https://www.monterrey.gob.mx/pdf/gacetas/2017/Gaceta_Nov_2017.pdf)

Arq. Ileri Araceli Rodríguez Quintanilla. (2013). *“Percepción del usuario del transporte público con respecto a la calidad y al nivel de servicio ofertado, en las zonas metropolitanas de Aix-en-Provence, Francia y Monterrey, México*. &quot; 203. Tomado de: <http://eprints.uanl.mx/3795/1/1080242748.pdf>

Barrios, R. (2021). *Se suspende la contingencia ambiental regional por partículas PM2.5 en la zona sureste del Valle de México*. Monterrey: Comisión Ambiental de la Megalópolis. Tomado de: [Se suspende la contingencia ambiental regional por partículas PM2.5 en la zona sureste del Valle de México | Comisión Ambiental de la Megalópolis | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](https://www.gob.mx/ambiente/acciones/comision-ambiental-de-la-megalopolis)

Carrillo, J. (2018). *reporte de calidad del aire*. Monterrey: Gobierno de México. Tomado de: [aire.nl.gob.mx | Reportes Mensuales](https://www.gob.mx/ambiente/acciones/comision-ambiental-de-la-megalopolis)

Casado, F. (2021). *Los fuegos artificiales también calientan el planeta*. Monterrey: El país. Tomado de: [Contaminación: Los fuegos artificiales también calientan el planeta | Seres Urbanos | Planeta Futuro | EL PAÍS \(elpais.com\)](https://www.elpais.com)

CASILLAS, A. V. (2015). *LA INFLUENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL*. Monterrey: Universidad autónoma de nuevo león. Tomado de: <http://eprints.uanl.mx/11346/1/1080215499.pdf>

Castro, z. (2020). *ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO*. Bogotá : Universidad militar nueva granada. Tomado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37301/ZeaCastroMilenaEstefany2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CECFOR. (2016). *Controlan 75 por ciento incendio en Cumbres de Monterrey*. Monterrey: Gobierno de México. Tomado de: <https://www.gob.mx/conafor/prensa/controlan-75-por-ciento-incendio-en-cumbres-de-monterrey>

Centro Mario Molina. (2018). *Análisis de la contaminación por PM2.5 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, enfocado a la identificación de medidas estratégicas de control*. Tomado de: [http://aire.nl.gob.mx/docs/reportes/An%C3%A1lisis\\_de\\_la\\_Contaminaci%C3%B3n\\_PM2\\_5\\_Monterrey.pdf](http://aire.nl.gob.mx/docs/reportes/An%C3%A1lisis_de_la_Contaminaci%C3%B3n_PM2_5_Monterrey.pdf)

CENTRO MARIO MOLINA. (2019). PROYECTO: “Propuestas para el desarrollo sustentable de una ciudad mexicana.” *CENTRO MARIO MOLINA*. Tomado de: <https://www.redalyc.org/journal/3761/376168604013/html/>

CFE. (2016). Reporte Anual 2016. Cd. de México: Comisión Federal de Electricidad. Tomado de: <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/Reportes%20Anuales%20Documentos/Reporte%20Anual%202016.pdf?csf=1&e=kMyNIS>

CLIMATE-DATA. (2019). *Clima Monterrey*. Tomado de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/nuevo-leon/monterrey-3106/>

Comercio exterior. (2019). *Monterrey Nuevo León*. Tomado de: <https://www.comercioexterior.ub.edu/fpais/monterrey/geografia.htm>

Córdova, M. (2019). *¿Qué árboles sembrar en el área metropolitana de Monterrey?* Monterrey: Vida universitaria. Tomado de: *¿Qué árboles sembrar en el área metropolitana de Monterrey?* - Vida Universitaria - Universidad Autónoma de Nuevo León (uanl.mx). Tomado de: <https://vidauniversitaria.uanl.mx/expertos/que-arboles-sembrar-en-el-area-metropolitana-de-monterrey/>

Cortez, H. A. (2017). *Tendencia de la Calidad del Aire en AMM: Escola camins*. Tomado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/112133/Tendencia%20de%20la%20calidad%20del%20aire%20de%20Monterrey%20y%20su%20C3%81rea%20Metropolitana-%20Hugo%20Vasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y> pag 52

CORTES, A. C. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL*. Bogotá: Universidad católica de Colombia. Tomado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4bfa6f1d-9cfc-455b-9710-f62b82a4862e/content>

DGGCARETC. (2015). Guía para la elaboración de programas de gestión para mejorar la calidad del aire (ProAire). *Dirección General de Gestión de La Calidad Del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes*. Tomado de: <https://www.gob.mx/semarnat%7Cretc>

Environment, R. E. &. (2019). *El material particulado - Salud y medio ambiente - La calidad del aire en Aragón*. Tomado de: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe%20niveles%20de%20contaminacion%20quimica\\_entregado2013%5B1%5D\\_tcm30-187876.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Informe%20niveles%20de%20contaminacion%20quimica_entregado2013%5B1%5D_tcm30-187876.pdf)

Esther, P. (2019). *Paneles de musgo para devorar la contaminación*. Red 2030. Tomado de: <https://red2030.com/paneles-de-musgo-para-devorar-la-contaminacion/>

ESTRADA, L. Y. (2015). *Un mundo sin capa de ozono*. Monterrey: AIDA. Tomado de: <https://aida-americas.org/es/blog/un-mundo-sin-cap-a-de-ozono>

Fundación para la salud Geoambiental. (2002). El dióxido de azufre SO<sub>2</sub> | Fundación para la Salud Geoambiental. Tomado de: <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2/#:~:text=El%20SO2%20es%20el,trav%C3%A9s%20de%20las%20v%C3%ADas%20respiratorias>.

García, D. (2018). *Calidad del aire y políticas públicas en Bogotá: una historia de injusticia ambiental*. Tomado de: [https://co.boell.org/sites/default/files/ideas\\_verdes\\_14\\_web.pdf](https://co.boell.org/sites/default/files/ideas_verdes_14_web.pdf)

Gautam. (2022). *Air pollution in five Indian megacities during the Christmas and New*. indian: springer.

Tomado de: [file:///C:/Users/Admin/OneDrive/Im%C3%A1genes/Saved%20Pictures/Investigaci%C3%A3n-ambiental-estocstica-y-evaluaci%C3%B3n-de-riesgos%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Admin/OneDrive/Im%C3%A1genes/Saved%20Pictures/Investigaci%C3%A3n-ambiental-estocstica-y-evaluaci%C3%B3n-de-riesgos%20(2).pdf)

Geiger, R. (1936a). Clasificación climática de Köppen- Geiger. *Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported*, 1-7. Tomado de: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Geiger, R. (1936b). Classificação climática de Köppen- Geiger. *Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported*, 1-7. Tomado de: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Global-Scale, C. I. (2019). Clima de Monterrey. Clima semiárido cálido. Tomado de: <https://doi.org/doi:10.1175/2009jcli3102.1>

Goleman, Daniel; Boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). Gobierno de Monterrey. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699. Tomado de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Green. (2012). *La calidad del aire en América Latina*. clear air institute. Tomado de: [https://issuu.com/politicaspUBLICAS/docs/calidad\\_aire\\_al](https://issuu.com/politicaspUBLICAS/docs/calidad_aire_al)

Henk, A. (2016). *El futuro de los techos verdes en la ciudad de*. Buenos aires: UCA. Tomado de: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/395/1/doc.pdf>

Honghong Yi a, (2021)Yi, H., Zhong, T., Liu, J., Yu, Q., Zhao, S., Gao, F., . . . Tang, X. (2021). *Emissions of air pollutants from sintering flue gas in the beijing-tianjin-hebei area and proposed reduction measures*. *Journal of Cleaner Production*, 304 doi:10.1016/j.jclepro.2021.126958 Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965262101177X>

Huerta, F. (2021). *México en llamas: 85 incendios forestales activos del 2021*. Monterrey: Greendates. Tomado de: <http://greendates.com.mx/mexico-en-llamas-85-incendios-forestales-activos-del-2021/>

Institut francais d'études andines. (2017). El poblamiento durante la colonia. Retrieved from *La Ciudad y la Creatividad Especial* Tomado de: <https://books.openedition.org/ifea/2094?lang=es>

IPCC. (1996). Tecnologías, Políticas Y Medidas Para Mitigar El Cambio Climático. In *Documento técnico I del IPCC*. Tomado de: <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-I-sp.pdf>

IOANA ROXANA BACIÚ\*. (2019). *PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE CUBIERTAS VERDES*. Rumania: Universidad Técnica "Gh. Asachi". Tomado de: <http://www.bipcons.ce.tuiasi.ro/Archive/695.pdf>

ISEMARNAT, SINAICA, I. (2019). Red de monitoreo: Monterrey (MTY). Tomado de: <https://sinaica.inecc.gob.mx/>

Jannhall, S. (2015). *Review on urban vegetation and particle air pollution-Deposition and dispersion*. *Atmospheric Environment*, 130-137. Tomado de: <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>.

Journalist, K. (2022). *Contaminación en Nuevo León: activaron alerta ambiental por mala calidad del aire*. Monterrey: Infobae. Tomado de: Contaminación en Nuevo León: activaron alerta ambiental por mala calidad del aire - Infobae

KNOWPIA. (2017). Monterrey. Tomado de: <http://es.knowpia.com/pages/Monterrey>

La Información. (2015). CONTAMINACIÓN AMBIENTAL - Qué es el dióxido de nitrógeno y por qué afecta tanto a la salud y el medio ambiente - Sociedad - Diario La Información. Tomado de: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts175.html#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20nitr%C3%B3geno%20reacciona,el%20agua%20formando%20%C3%A1cido%20n%C3%ADtrico](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20nitr%C3%B3geno%20reacciona,el%20agua%20formando%20%C3%A1cido%20n%C3%ADtrico).

Landon, A. (2020). *Los nuevos árboles artificiales de Londres consumen tanta contaminación como 275 árboles regulares*. Londres: Secret London. Tomado de: Árboles de la ciudad: Londres tiene nuevos árboles artificiales que se comen la contaminación (secretldn.com)

López, J. (2013). *NL: activan alerta ambiental*. Nuevo León: Milenio. Tomado de: [https://www.milenio.com/politica/comunidad/area-metropolitana-monterrey-registra-mala-calidad-aire\\_2](https://www.milenio.com/politica/comunidad/area-metropolitana-monterrey-registra-mala-calidad-aire_2)

Lopez, J. (2020). *NL: activan alerta ambiental*. Monterrey: Milenio. Tomado de: [https://www.milenio.com/politica/comunidad/area-metropolitana-monterrey-registra-mala-calidad-aire\\_2](https://www.milenio.com/politica/comunidad/area-metropolitana-monterrey-registra-mala-calidad-aire_2)

LT & Molina, (2004) *Molino, LT; Molina, MJ Mejorando la Calidad del Aire en Megaciudades: Un Estudio de Caso de la Ciudad de México*. Ana. Academia de Nueva York. ciencia 2004, 1999 .1023, 142-158. Tomado de: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Sostenibilidad-Suiza.ilo.es.pdf>

Luna, E. (2019). *Localización geográfica de Monterrey*. Mty: vida alterna. Tomado de: [http://www.elclima.com.mx/localizacion\\_geografica\\_de\\_monterrey.htm](http://www.elclima.com.mx/localizacion_geografica_de_monterrey.htm)

Marco Córdova, J. M. (2019). *Nuevo León: con permiso para contaminar*. AMM: La verdad. Tomado de: <https://laverdadjuarez.com/2019/10/29/nuevo-leon-con-permiso-para-contaminar/#:~:text=El%20problema%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20en%20Nuevo%20Le%C3%B3n&text=El%2001%20de%20enero%20de,de%20la%20Calidad%20del%20Aire>.

Martínez Muñoz, A., & Valdez Cavazos, A. (2016). *Calidad del aire en el área metropolitana de Monterrey*. *Ciencia UANL*, 19(77), 9-12. Tomado de: <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=5391>

Metro de Monterrey. (2013). Tomado de: <http://mapa-metro.com/es/Mexico/Monterrey/Monterrey-Metro-mapa.htm>

MILENIO DIGITAL. (2019). ¿Por qué celebramos el Grito de Independencia el 15 de septiembre? *MILENIO*. Tomado de: <https://www.milenio.com/cultura/grito-de-independencia-por-que-lo-celebramos-el-15-de-septiembre>

Nilsen, E. (2022). *Estos son los lugares con mayor riesgo de incendios forestales en Estados Unidos*. California: CNN. Tomado de: <https://www.cnn.com/espanol/estados-unidos/2022/08/15/estados-unidos-riesgo-incendios-forestales/index.html> (cnn.com)

Nuevo León. (2016). *Recursos Naturales*. Tomado de: [http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/nl/territorio/recursos\\_naturales.aspx?tema=me&e=19](http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/nl/territorio/recursos_naturales.aspx?tema=me&e=19)

O'Leary, B. F. (2021). *Air quality monitoring and measurement in an urban airshed*. Detroit Michigan: ELSEVIER. Tomado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34871691/>

Ortiz, S. E. (2013). *Atención de un incendio forestal en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey*. Guadalupe: Secre Tomado de: [InfLR002.pdf](https://infLR002.pdf) (conabio.gob.mx)

Para, P. O., Mejoramiento, E. L., Calidad, D. E. L. A., Aire, D. E. L., Abel, G., & Flórez, R. (2018). C Onpes. *Consejo Nacional de Política Económica y Social - Republica de Colombia, (ESTRATEGIA PARA LA ATENCIÓN DE LA MIGRACIÓN DESDE VENEZUELA)*, 115. Tomado de: <https://www.cancilleria.gov.co/documento-conpes-estrategia-atencion-migracion-venezuela>

Pérez, D. (2018). *Urgen a decretar la contingencia ambiental en Monterrey*. Monterrey: Publmetro. Tomado de: [Urgen a decretar la contingencia ambiental en Monterrey](https://publmetro.com.mx) (publmetro.com.mx)

Poblano, J. (2013). *USO DE BRIOFITAS COMO INDICADORES ATMOSFÉRICOS*.

Tomado de: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/089/45089744.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/089/45089744.pdf)

Population City. (2014). *Monterrey Población*. Tomado de <https://es.weatherspark.com/y/5154/Clima-promedio-en-Monterrey-México-durante-todo-el-año>

Rodríguez, H. (2020). *Un incendio en la cocina de un restaurante causa la alarma entre los vecinos de Bolueta*. AMM: El correo. Tomado de: <https://www.elcorreo.com/bizkaia/incendio-cocina-restaurante-20200222165223-nt.html>

Rodríguez, A. (2018). *MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LACIUDAD DE OVIEDO MEDIANTE LOS ENFOQUES PSO-SMV*. Tomado de [file:///C:/Users/lenovo/Downloads/Tesis%20Alejandro%20Rodr%C3%ADguez%20Miranda.pdf](https://file:///C:/Users/lenovo/Downloads/Tesis%20Alejandro%20Rodr%C3%ADguez%20Miranda.pdf)

Sanitarios, C. F. (2023). *Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de Calidad del Aire Ambiente*. Monterrey: Gobierno de México. Tomado de: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/4-normas-oficiales-mexicanas-nom-de-calidad-del-aire-ambiente>

Schiavo, B. (2022). *Analysis of COVID-19 Lockdown Effects on Urban Air Quality*. Monterrey, Mexico: sustainability. Tomado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/1/642>

Secretaría de Desarrollo Sustentable. (2018). *Reporte de Calidad del Aire y Meteorología del Área Metropolitana de Monterrey*. 1-28. Tomado de: [http://aire.nl.gob.mx/docs/reportes/mensuales/01\\_Reporte\\_Enero\\_2018.pdf](http://aire.nl.gob.mx/docs/reportes/mensuales/01_Reporte_Enero_2018.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana, Protección Ambiental - Salud Ambiental - Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos - Clasificación y Especificaciones de Manejo. NOM-087-ECOL-SSA1-2002. , Diario Oficial de la Federación § (2003). Tomado de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021#gsc.tab=0)

SEMARNAT. (2016). Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del estado de nuevo león. *Gobierno Del Estado de Nuevo León*. Tomado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250974/ProAire\\_Nuevo\\_Leon.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250974/ProAire_Nuevo_Leon.pdf)

Sistema Integral de Monitoreo Ambiental. (2019). *Red de Monitoreo*. Tomado de: <http://aire.nl.gob.mx/index.html>

Srbínovska, M. A. (2020). *The effect of small green walls on reductio of particulate matter concentration in open areas*. Cleaner Production. Tomado de: <https://bit.ly/2IWMUUR>

Topographic-Map. (2019). Monterrey. Tomado de: <https://es-mx.topographic-map.com/maps/6cst/Monterrey/>

TXEMA, Y. (2019). *Un árbol de musgo para descontaminar ciudades*. Arquitectura diseño. Tomado de: [https://www.arquitecturaydiseno.es/pasion-eco/arbol-ciencia-que-absorbe-contaminacion\\_991](https://www.arquitecturaydiseno.es/pasion-eco/arbol-ciencia-que-absorbe-contaminacion_991)

UNAL. (2018). *Obtienen biogás con residuos del café y estiércol de gallina*. Tomado de: <https://www.palmira.unal.edu.co/index.php/noticias/palmira/496-obtienen-biogas-con-residuos-del-cafe-y-estiercol-de-gallina>

UrbanRail. (2013). Monterrey. Tomado de: <http://urbanrail.net/am/mony/monterrey.htm>

Villareal, H. (2017). Transmetro Monterrey Mapa. *Behance*. Tomado de: [https://www.behance.net/gallery/31941429/Transmetro-Monterrey-Mapa-\(Bus-Map-Diagrams\)](https://www.behance.net/gallery/31941429/Transmetro-Monterrey-Mapa-(Bus-Map-Diagrams))

VITAL, J. M. (2020). *NORMA AMBIENTAL ESTATAL NAE- SDS-003-2020*. Nuevo León: Secretaría de desarrollo sustentable. Tomado de: <http://aire.nl.gob.mx/docs/normatividad/NAE-EM-SDS-003-2019.pdf>

Weather Atlas. (2019). Previsión meteorológica y clima mensual Monterrey, México. Tomado de: <https://www.weather-mx.com/es/mexico/monterrey-clima>

Weather Spark. (2019). El clima promedio en Monterrey. Tomado de <https://es.weatherspark.com/y/5154/Clima-promedio-en-Monterrey-México-durante-todo-el-año>

Yassi, A., Kjellström, T., Kok, T. de, & Guidotti, T. L. (2002). Salud Ambiental Básica. Textos Básicos para la Formación Ambiental. In *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente* (Vol. 56). Tomado de: <http://www.rolac.unep.mx>

zuñiga, A. (2022). *Decenas de familias perdieron sus hogares tras fuerte incendio en Nuevo León*. Monterrey: Infobae. Tomado de: <https://www.infobae.com/america/mexico/2022/01/02/decenas-de-familias-perdieron-sus-hogares-tras-fuerte-incendio-en-nuevo-leon/>

