

INFORME FINAL



INVENTARIO DE EMISIONES DEL MUNICIPIO DE LEÓN GUANAJUATO 2024

CONTAMINANTES CRITERIO,
TÓXICOS Y GASES Y COMPUESTOS
DE EFECTO INVERNADERO.

Septiembre 2024



**CENTRO MARIO MOLINA PARA
ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
SOBRE ENERGÍA Y MEDIO
AMBIENTE A.C.**

Dr. Eduardo Bárzana
Director Ejecutivo

Ing. Carlos Mena Brito
Secretario del Consejo

Josefina Granados Maldonado
Coordinadora Administrativa

M. en C. Hugo Alberto Barrera Huertas
Especialista en calidad del aire

M. en C. Adriana Barradas Gimete
Especialista en calidad del aire

Septiembre de 2024

Rubén Darío N. 36, oficina 6
Rincón del Bosque, Polanco, V Sección
Miguel Hidalgo, Ciudad de México, CP. 11580.

AGRADECIMIENTOS

El **Centro Mario Molina** reconoce y agradece al Municipio de León, Guanajuato y la Dirección de Gobernanza Ambiental del Ayuntamiento por brindar el financiamiento para la realización de este inventario, así mismo, agradece a las siguientes instituciones, dependencias y direcciones que proporcionaron información y retroalimentación para la elaboración de Inventario de Contaminantes Criterio y Tóxicos, especialmente:

- Dirección General de Movilidad León, Guanajuato
- Dirección General de Protección Civil de León, Guanajuato
- Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, Guanajuato
- Secretaría de Seguridad Pública y Protección Ciudadana de León, Guanajuato
- Instituto Municipal de Planeación de León, Guanajuato
- Centros de Verificación Vehicular a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Dirección General de Industria, Energías Limpias y Gestión de la Calidad del Aire (SEMARNAT)
- Dirección de RETC y Subdirección de Gestión y Regulación (SEMARNAT)
- Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC)
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
SIGLAS, ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS	11
PRESENTACIÓN	12
RESUMEN EJECUTIVO	14
INTRODUCCIÓN	17
Fuentes fijas	18
Fuentes de área	18
Fuentes naturales	18
Fuentes móviles	18
CARACTERIZACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO	19
Ubicación geográfica	19
Aspectos fisiográficos	19
Clima	20
Geología	21
Edafología	21
Uso de suelo y vegetación	22
Aspectos socioeconómicos	23
Población	23
Economía	23
ANTECEDENTES	24
DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN	25
Fuentes fijas	25
Fuentes móviles	25
Fuentes de área	28
Fuentes naturales	30

CONTENIDO

CONSIDERACIONES METEOROLÓGICAS	31
RESULTADOS	34
ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES POR TIPO DE FUENTE	39
Fuentes Fijas	39
Fuentes Móviles	42
Fuentes de Área	44
Fuentes Naturales	47
ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE ACUERDO CON EL TIPO DE CONTAMINANTE	49
SO ₂	49
CO	50
NO _x	50
HC	51
PM10	51
PM2.5	52
PST	52
COVs	53
COT	53
MEDICIONES DOAS EN CAMPO PARA NO₂ Y SO₂	54
Mediciones DOAS de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en la zona metropolitana de León, Guanajuato	
Resumen	54
Resultados	54
CONCLUSIONES	61
Conclusiones DOAS	63
REFERENCIAS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	16	Tabla 7	42
Resumen de Contaminantes criterio por tipo de fuente de emisión en el Municipio de León de los Aldama, Guanajuato, año base 2022		Emisión de contaminantes para Fuentes Móviles por tipo de combustible en el Municipio de León de los Aldama, Guanajuato en el año 2022	
Tabla 2	26	Tabla 8	44
Clasificación de la flota vehicular y número de unidades del Municipio de León, Guanajuato, año base 2022		Emisiones totales de contaminantes por categoría para fuentes de área en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022	
Tabla 3	29	Tabla 9	45
Categorías e incendios suscitados en el año 2022		Emisiones totales de contaminantes por actividad para fuentes de área, Municipio León, Guanajuato en año base 2022	
Tabla 4	35	Tabla 10	47
Inventario de emisiones de contaminantes criterio del Municipio de León de los Aldama, Guanajuato, 2022		Emisiones de contaminantes criterio por fuentes naturales por categorías de estimación (t/año), en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022	
Tabla 5	40	Tabla 11	49
Emisiones de contaminantes criterio por fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal (t/año), por actividad principal en León, Guanajuato, 2022		Emisiones totales de contaminantes criterio por tipo de fuente en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022	
Tabla 6	42	Tabla 12	54
Emisión de contaminantes para Fuentes Móviles en el Municipio de León, Guanajuato en el año 2022		Resumen de mediciones en cada sitio	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	19	Figura 9	27
Ubicación geográfica del Municipio de León, Guanajuato		Uso de combustible	
Figura 2	20	Figura 10	27
Mapa topográfico del Municipio de León, Guanajuato		Tipo de vialidad donde circulan los vehículos mayormente	
Figura 3	20	Figura 11	27
Mapa del Clima en el Municipio de León, Guanajuato		Condiciones de las vialidades	
Figura 4	21	Figura 12	28
Mapa de la edafología presente en el Municipio de León, Guanajuato		Categorías y subcategorías pertenecientes en las fuentes de área	
Figura 5	22	Figura 13	38
Mapa de la distribución de uso de suelo y vegetación en el Municipio de León, Guanajuato		Contribución porcentual de las emisiones totales de contaminantes criterio por tipo de fuente, León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 6	23	Figura 14	38
Pirámide poblacional total de León 2020. Fuente. INEGI, (2021), Censo de Población y vivienda 2020, Consultado en 2024, de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos		Distribución de las emisiones de contaminantes criterio y su aporte por tipo de fuente (t/año), León, Guanajuato, año base 2022. Nota: El eje de t/año se encuentra en escala logarítmica para mejor visualización del CO	
Figura 7	26	Figura 15	38
Uso principal de los vehículos en León de los Aldama, Guanajuato		Contribución porcentual de las emisiones totales de contaminantes criterio por contaminante, León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 8	26		
Localidad donde circulan mayormente los vehículos			

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 16	41	Figura 23	48
Emisiones de contaminantes criterio por fuentes puntuales de jurisdicción federal y estatal en León, 2022 (t/año)		Emisión de contaminantes criterio por fuentes naturales por categoría de emisión, en el Municipio de León, Guanajuato en el año base 2022	
Figura 17	41	Figura 24	49
Distribución porcentual de las emisiones de contaminantes criterio por fuentes fijas en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022		Emisiones totales de SO ₂ por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 18	43	Figura 25	50
Proporción de NO y NO ₂ emitidas por las fuentes móviles en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022		Emisiones totales de CO por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 19	43	Figura 26	50
Emisión de contaminantes criterio para Fuentes Móviles en el Municipio León, Guanajuato en año base 2022		Emisiones totales de NO _x por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 20	46	Figura 27	51
Perfil de contaminantes emitidos por fuentes de área en el Municipio de León, Guanajuato en año base 2022		Emisiones totales de HC por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 21	46	Figura 28	51
Distribución de contaminantes criterio emitidos por categoría para fuentes de área en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022		Emisiones totales de PM10 por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022	
Figura 22	47	Figura 29	52
Distribución porcentual de contaminantes criterio por fuentes naturales en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022		Emisiones totales de PM2.5 por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022	
		Figura 30	52
		Emisiones totales de PST por tipo de fuente en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 31	53	Figura 36	56
Emisiones totales de COVs por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022		Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 circulando alrededor de El Refugio entre las 10:40 y 10:53 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores	
Figura 32	53	Figura 37	57
Emisiones totales de COT por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022		Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 circulando alrededor de Valladolid entre las 12:38 y 12:56 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores	
Figura 33	55	Figura 38	57
Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 18 de marzo de 2024 circulando la ZML entre las 13:23 y 15:01 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores		Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 circulando alrededor de la Zona Centro entre las 14:55 y 15:23 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores	
Figura 34	55	Figura 39	58
Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 19 de marzo de 2024 circulando la zona de las Tenerías entre las 13:36 y 13:57 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores		Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 23 de marzo de 2024 circulando alrededor de la Zona de Puerto Interior-Aeropuerto (en Silao) entre las 11:46 y 12:26 hora local. El rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores	
Figura 35	56		
Ejemplo de una medición de NO ₂ llevada a cabo el 19 de marzo de 2024 circulando alrededor de Presa Blanca entre las 14:31 y 14:57 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO ₂ fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores			

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 40 **58**

Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 23 de julio de 2024 circulando alrededor del Sector Industrial Sureste entre las 13:01 y 13:41 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores

Figura 41 **59**

Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 24 de julio de 2024 circulando alrededor del Sector Industrial Suroeste entre las 12:39 y 13:34 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores

Figura 42 **59**

Trayectorias/transectos de NO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo de 2024 en diferentes vialidades de la Zona Metropolitana de León (ZML). El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores

Figura 43 **60**

Resumen de mediciones de NO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo de 2024 en la Zona Metropolitana de León (ZML). Incluye las diversas áreas en donde se cuantificaron emisiones, así como mediciones en diferentes vialidades. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores

Figura 44 **60**

Trayectorias/transectos que muestran la distribución espacial de SO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo y el 23 y 24 de julio de 2024 en diferentes áreas, así como vialidades de la Zona Metropolitana de León (ZML). El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de SO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

GLOBEIS

Global Biosphere Emissions and Interactions System

MOVES

Motor Vehicle Emission Simulator

COA

Cédula de Operación Anual

CONAPO

Consejo de Población y Vivienda

DENUE

Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas

Gas L.P.

Gas Licuado de Petróleo

GN

Gas Natural

INECC

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEGI

Instituto Nacional de Estadística y Geografía

LAU

Licencia Ambiental Única

SCT

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

SEDATU

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEMARNAT

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SUV

Vehículo Utilitario Deportivo (del inglés, Sport Utility Vehicle)

USEPA

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

KRV

Kilómetros recorridos por vehículo

CN

Carbono negro

CO

Monóxido de carbono

CO₂

Dióxido de carbono

CO₂e

Dióxido de carbono equivalente

COT

Carbono orgánico total

COVs

Compuestos orgánicos volátiles

N₂O

Óxido nitroso

NH₃

Amoniaco

NO_x

Óxidos de nitrógeno

O₃

Ozono

PM10

Partículas con diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micrómetros

PM2.5

Partículas con diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 micrómetros

SO₂

Dióxido de azufre

HFC

Hidrofluorocarbonos

HC

Hidrocarburos

HCNQ

Hidrocarburos no quemados

PRESENTACIÓN

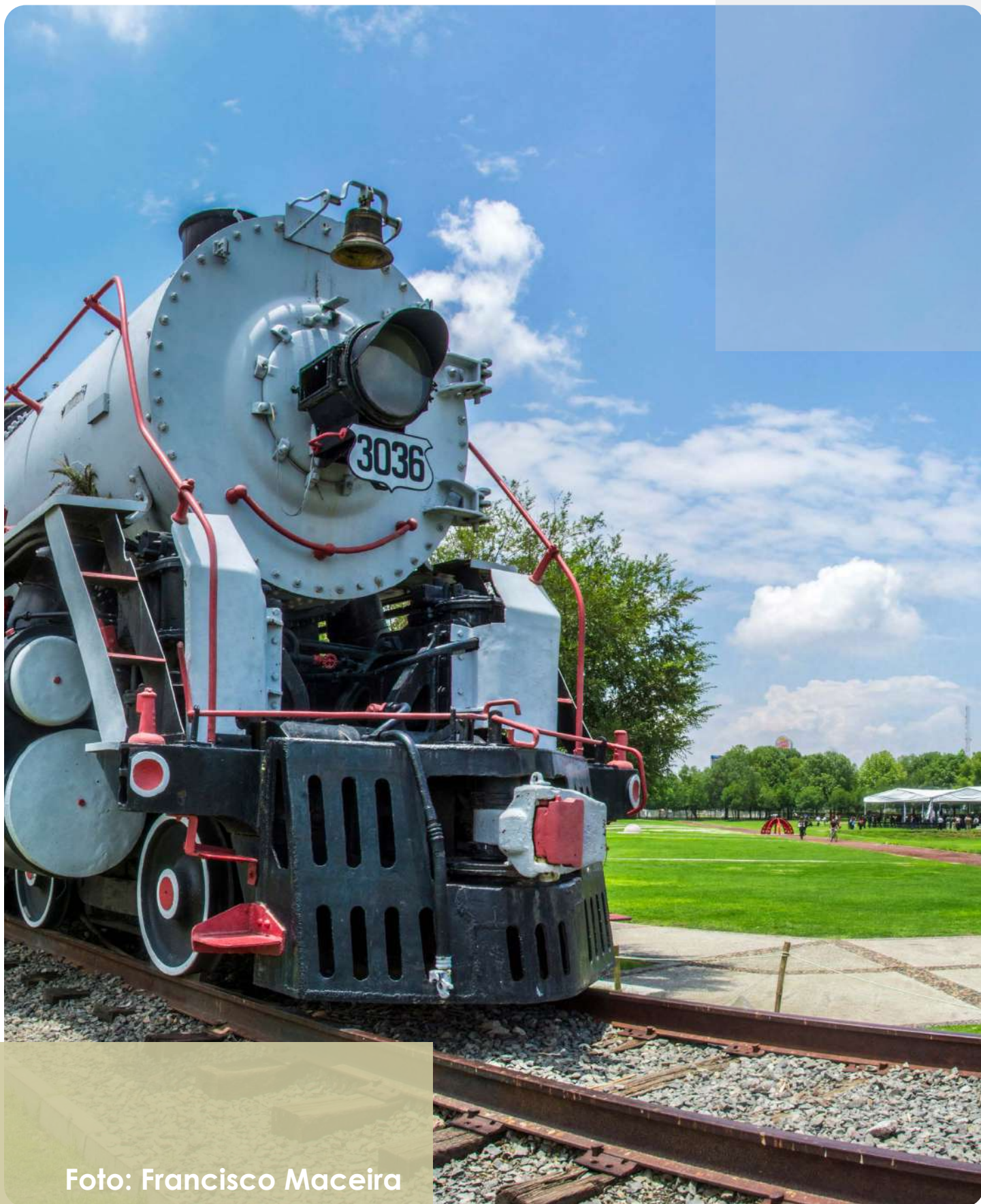


Foto: Francisco Maceira

Un inventario de emisiones es una herramienta de gestión para el diseño e implementación de políticas públicas que permitan reducir la contaminación del aire y la protección a la salud de la población apoyando de manera paralela los esfuerzos de mitigación del cambio climático. Sin embargo, la elaboración de un inventario involucra la coordinación entre distintas fuentes de información que permitan considerar la mayor cantidad de actividades que contribuyen con sus emisiones, lo cual representa un reto logístico para reunir dicha información que proviene de distintas instituciones federales, estatales y municipales, y debe realizarse de manera periódica para reducir la incertidumbre en las estimaciones de manera paulatina.

El presente documento muestra la actualización del **inventario de emisiones de contaminantes criterio y tóxicos para el Municipio de León, Guanajuato año base 2022**, con respecto a la última versión disponible del año 2017; este proyecto ha sido financiado con fondos del Municipio de León, Guanajuato, a cargo de la Dirección de Gobernanza Ambiental del Ayuntamiento. Se contó con la participación y apoyo de distintas dependencias y entidades a nivel local, estatal y federal, compartiendo la información necesaria para estimar las emisiones de las diferentes fuentes.

Este inventario compila las emisiones de contaminantes criterio y tóxicos generadas por las distintas fuentes y actividades que generan contaminación dentro del Municipio, tomando como base la información reportada en 2022. Los resultados se agrupan en cuatro tipos de fuentes: puntuales, móviles, de área y naturales, con el

fin de proporcionar un panorama general sobre el origen, cantidad y tipo de contaminantes emitidos.

Las metodologías empleadas para la estimación de las emisiones reportadas en este documento siguen las directrices establecidas por las autoridades ambientales nacionales **SEMARNAT e INECC**, así como las establecidas por la Agencia de Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA). Las memorias de cálculo que documentan las metodologías y datos empleados para las estimaciones se integran en un archivo digital complementario a este. Así mismo se realizaron mediciones en campo, mediante la técnica de Espectroscopía de Absorción Óptica Diferencial (DOAS por sus siglas en inglés) para determinar flujos de emisión de NO_2 y SO_2 en diferentes zonas dentro del Municipio de León, Guanajuato y sus alrededores.

De esta manera, los resultados de este trabajo permitirán de manera paralela brindar seguimiento a las variaciones de los niveles de contaminación y la evaluación del impacto de las medidas establecidas en instrumentos como los ProAire y otros esfuerzos que tengan como fin la mitigación de emisiones. Por lo que, se subraya la importancia no solo de la elaboración de estos inventarios, sino de realizar su actualización periódica y seguimiento oportuno en el plano de una gestión integral de la calidad del aire. En este sentido, la información plasmada en este reporte será de utilidad para sistematizar las estimaciones de futuros inventarios, ya que cuenta con un conjunto de memorias de cálculo que facilitarán la actualización periódica de las emisiones desagregadas por tipos de fuentes.

RESUMEN EJECUTIVO

La gestión de la calidad del aire involucra de manera general la evaluación de los efectos en la salud pública y ambiental, la evaluación económica de los efectos, las modificaciones al marco legal, el monitoreo de la calidad del aire y la elaboración de inventarios de emisiones, siendo esta última actividad una parte importante porque permite evaluar la efectividad de las medidas e instrumentos implementados para mejorar la calidad del aire de un sitio o región.

La elaboración de un **inventario de emisiones de contaminantes** criterio permite ubicar espacialmente aquellas fuentes que contribuyen de manera importante en la calidad del aire de un sitio, siempre que se cuente con información precisa y actualizada como resultado de un esfuerzo conjunto de distintas instituciones federales, estatales y municipales, y debe realizarse de manera periódica para reducir la incertidumbre en las estimaciones de manera paulatina.

El **Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del Municipio de León, Guanajuato**, es un instrumento de gestión cuyo objetivo es apoyar en la identificación de las principales fuentes de contaminantes que afectan la calidad del aire en dicho Municipio, dicho instrumento sirve, a su vez, para el diseño, implementación y mejoramiento de políticas públicas que permitan reducir la contaminación de la calidad del aire y la protección a la salud de la población apoyando de manera paralela los esfuerzos de mitigación del cambio climático, dando cumplimiento a las obligaciones establecidas en el artículo 4º Constitucional, el artículo 1,110, 111, y 112 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente con respecto a la integración de un inventario nacional, así como los Artículos 17,

20, 41, 44 y 45 que se refiere a la preparación y actualización de los inventarios de acuerdo con su jurisdicción.

El presente documento muestra la actualización año base 2022 del inventario de emisiones de contaminantes criterio y tóxicos para el municipio de León Guanajuato, con respecto a la última versión disponible del año 2017. Se incluyeron las categorías de: a) fuentes fijas que se refieren a industria o que tienen como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales de manufactura, que fueron calculados mediante el uso de COAs, factores de emisión y balances de masa; b) fuentes de área que se refieren a fuentes numerosas y dispersas que abarcan actividades como comercio, servicios, viviendas, etc.; cuyas emisiones fueron calculadas mediante factores de emisión de acuerdo con las metodologías establecidas por **SEMARNAT y/o la USEPA**; d) fuentes móviles: que se refieren a las emisiones provenientes de los escapes de motocicletas, vehículos ligero, pesados, etc.; que fueron calculadas mediante el software MOVES-Mexico2023 y empleando los Kilómetros Recorridos por Vehículo a partir de las encuestas realizadas en los Centros de Verificación Vehicular dentro del Municipio de León, Guanajuato; e) fuentes naturales: aquellas que no provienen directamente de actividades humanas como erosión eólica, entre otras, cuyas emisiones fueron calculadas mediante el uso de software GLOBEIS 3.2. Adicionalmente, se cuantificaron los flujos de emisión de NO₂ y SO₂ mediante la técnica de Espectroscopía Óptica de Absorción Diferencial (DOAS por sus siglas en inglés) para determinar su distribución espacial durante el 18 y 24 de marzo y el 23 y 24 de julio de 2024 en la Zona Metropolitana de León (ZML).

RESUMEN EJECUTIVO

De los resultados obtenidos durante la compilación del inventario de emisiones, se resalta lo siguiente: El total de emisiones generadas dentro del Municipio de León, Guanajuato para el año 2022 se estimaron en 233,495.32 t/año.

Las fuentes móviles (sector transporte) son los responsables del 57% de las emisiones presentes en León, Guanajuato, estas contribuyen con un total de 133,567.00 t/año de contaminantes, en donde, los vehículos particulares fueron la flota vehicular más grande registrada en el Municipio con un total de 410,2300 unidades siendo en su mayoría aquellos que ocupan gasolina como combustible. Dentro de esta categoría el contaminante que tuvo una mayor presencia fue el CO con 86,402.00 t/año, seguido por NO_x con 20,723.00 t/año y COVs con 12,622.00 t/año.

El segundo tipo de fuente con mayor proporción de emisiones de contaminantes criterio fueron las fuentes de área con un total de 85,835.91 t/año representando el 37% de las emisiones, en donde, la categoría que emitió la mayor proporción de contaminantes corresponde a fuentes misceláneas (Incendios estructurales y forestales, quemas controladas, emisiones domésticas, vialidades pavimentadas y no pavimentadas, asado al carbón) con 27,295.37 t/año, seguido por la combustión de HCNQ contabilizando un total de 23,222.33 t/año, y en tercer lugar el Uso de solventes y productos que lo contienen (por ejemplo: artes gráficas, repintado automotriz, lavado en seco) registrando un total de 16,197.59 t/año. Con respecto al contaminante que tuvo una presencia más grande en este tipo de fuente está la PM10 con 21,957.78 t/año, en segundo

lugar el CO con 18,933.94 t/año y COT con un total de 17,353.49 t/año.

Con respecto a las fuentes fijas, sus emisiones se mantuvieron en el tercer lugar con una contribución de 8,400.19 t/año (4%) como puede observarse se tiene un total de 8,400.19 t/año, para las 777 fuentes fijas tanto de jurisdicción federal como estatal, de las cuales se puede destacar que las fuentes de jurisdicción federal no reportan los contaminantes de PM10 ni PM2.5, mientras que las de jurisdicción estatal no reportan los contaminantes gaseosos, únicamente partículas PST, PM10 y PM2.5. El contaminante que se emitió en mayor cantidad fueron los COVs con 8,177.69 t/año, el cual corresponde a un 97.4% del total de las emisiones por fuentes fijas, seguidas por PST, PM2.5 y PM10 que contabilizaron 97.54, 57.79 y 12.08 t/año, respectivamente, que en conjunto contribuyen con el 2% de las emisiones totales de esta categoría.

Finalmente, la categoría de fuentes naturales fue la que tuvo una menor contribución, con un total de 5,692.22 t/año representando un total del 2% de todas las emisiones registradas en León, Guanajuato. Las emisiones en esta categoría se dividieron en dos grandes grupos, siendo las emisiones por erosión las de mayor contribución en esta categoría con 3,330.59 t/año, cuyas emisiones de PST fueron las más abundantes contabilizando un total de 2068.69 t/año de este contaminante, seguidos por PM10 y PM2.5.

RESUMEN EJECUTIVO

Con respecto a los contaminantes emitidos sin desagregarlos por tipo de fuente, estos se emitieron en orden descendiente de la siguiente manera: el CO con un total de 105,362.11 t/año (45.12%), los COVs con 36,626.80 t/año (15.69%), PM10 con 24,691.20 t/año (10.57%), NO_x con 22,421.62 t/año (9.60%), COT con 17,354.21 t/año (7.43%), PM2.5 con 14,185.06 t/año (6.08%), HC con 10,525.00 t/año (4.51%), PST con 2,166.23 t/año (0.93%) y, finalmente, SO₂ con 163.09 t/año (0.07%), (**Tabla 1**).

Tabla 1. Resumen de Contaminantes criterio por tipo de fuente de emisión en el Municipio de León de los Aldama, Guanajuato, año base 2022 (t/año)

Categoría	PST	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COVs	HC	Total por actividad	Porcentaje por actividad
Fuentes Fijas	97.54	12.08	57.79	0.30	26.17	27.90	0.72	8177.69	NA	8400.19	4
Fuentes Móviles	NA	1687.00	1520.00	99.00	86402.00	20723.00	NA	12611.00	10525.00	133567.00	57
Fuentes área	NA	21957.78	12379.71	63.79	18933.94	932.86	17353.49	14214.34	NA	85835.91	37
Fuentes naturales	2068.69	1034.34	227.56	NA	NA	737.85	NA	1623.78	NA	5692.22	2
Total por cont.	2166.23	24691.20	14185.06	163.09	105362.11	22421.62	17354.21	36626.80	10525.00	233495.32	100
Porcentaje por cont.	0.93	10.57	6.08	0.07	45.12	9.60	7.43	15.69	4.51		

Notas:

NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.

Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

Con respecto a las mediciones de flujos de NO₂ mediante la técnica DOAS, se observó que durante el transecto correspondiente al circuito entero de la ZML se emitió 8.89 t/día de NO₂, el Puerto Interior-Aeropuerto emitió 4.17 t/día y el sector industrial Sureste presentó un total de 3.1 t/día y la zona del Refugio emitió 0.51 t/día de NO₂. En cuanto al SO₂ no se encontró un gradiente específico entre las diferentes áreas por lo que se determinó solamente una distribución espacial.

De esta manera la información presentada en este documento permitirá dirigir los esfuerzos encaminados a la reducción o mitigación de las emisiones de contaminantes para cada uno de los diferentes tipos de fuentes, como parte de una adecuada gestión de la calidad del aire en el Municipio de León, Guanajuato.

INTRODUCCIÓN

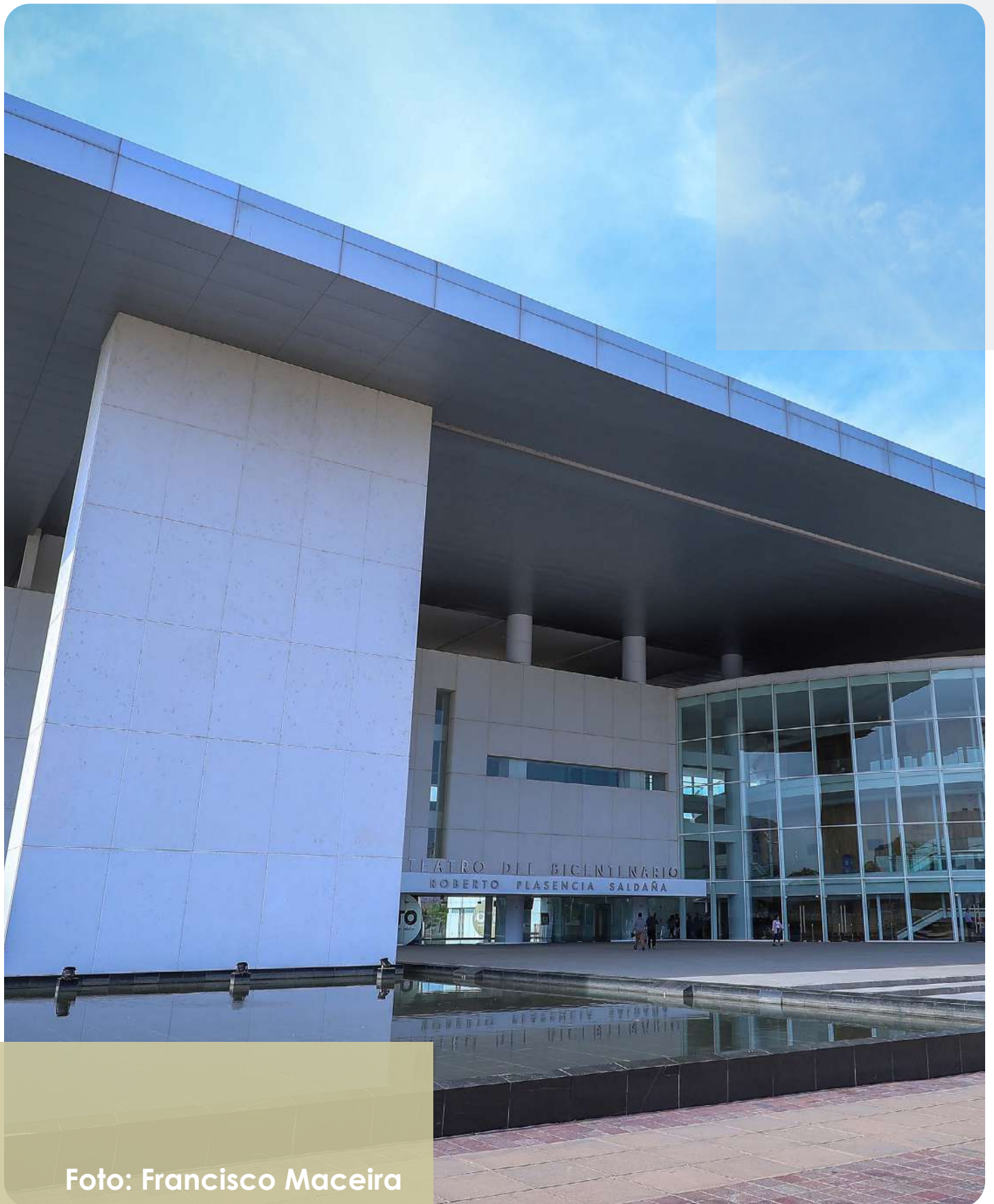


Foto: Francisco Maceira

En este documento se presentan los principales hallazgos del **Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del Municipio de León, Guanajuato**, año base 2022; para las emisiones primarias clasificadas por tipo de fuente y categoría de emisión. Las estimaciones consideran las emisiones de partículas suspendidas totales (PST), material particulado menor a 10 y 2.5 micrómetros (PM10 y PM2.5, respectivamente), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de nitrógeno (NO₂), óxido de nitrógeno (NO), y, compuestos orgánicos volátiles (COVs), carbono orgánico total (COT), hidrocarburos (HC).

El cálculo de emisiones para cada tipo de fuente siguió diferentes metodologías, las cuales fueron elegidas en función de la información disponible. De manera general es posible emplear mediciones directas en campo, balances de materia a partir del consumo de materias primas en un proceso productivo; o partir de factores de emisión que se multiplican por un dato de actividad para una fuente o proceso específico. En este caso, un dato de actividad es una medida asociada a la actividad productiva que da lugar a la emisión de contaminantes, tal como el volumen de combustible consumido o la cantidad de un insumo determinado que entra a dicho proceso. Por su parte, la estimación mediante factores de emisión considera las características de los equipos de combustión o proceso, el tipo de combustible, el uso de equipos de control de emisiones, entre otros; y generalmente son reportados como masa de contaminante emitido por unidad de producto.

Para la obtención de este inventario se recopiló información a través de actividades de levantamiento de datos, estudios en campo (encuestas, aforos vehiculares, muestreos) y solicitud a dependencias municipales. Las fuentes de emisión incluidas en el inventario son las siguientes:

Fuentes fijas

Las **fuentes fijas** son las fuentes industriales estacionarias, las cuales generan emisiones desde puntos estacionarios (por ejemplo, plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo, chimeneas o respiraderos, etc.), que tienen como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales de manufactura que pueden generar emisiones a la atmósfera.

Fuentes de Área

Las **fuentes de área** son esencialmente fuentes demasiado numerosas y dispersas que abarcan actividades de comercio, servicios, viviendas, etc., como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas (por ejemplo, uso de madera, imprentas, tintorerías o actividades agrícolas, por mencionar algunas). Sin embargo, de manera colectiva representan un porcentaje significativo de las emisiones atmosféricas

Fuentes Naturales

Las **fuentes naturales** son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos que no provienen directamente de actividades humanas (por ejemplo, fuentes biogénicas y los incendios forestales, erosión eólica).

Fuentes Móviles

Las emisiones por **fuentes móviles** corresponden a las emisiones del escape de los vehículos automotores que circulan por carreteras y calles pavimentadas o no pavimentadas, incluidos los automóviles particulares, los taxis, las motocicletas, los microbuses, los autobuses y los camiones de carga pesada que utilizan diésel, gas L.P. o gasolina.

CARACTERIZACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio del **Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de León 2022** considera la totalidad de la extensión del Municipio, el cual cuenta con un área territorial aproximada de 128 mil hectáreas, ocupa el 4.8% de la superficie del estado.

Ubicación geográfica

El Municipio de León se encuentra ubicado entre los paralelos 21°20' y 20°51' de latitud norte, los meridianos 101°22' y 101°50' de longitud oeste; altitud entre 100 y 2900m.

Colinda al norte con el estado de Jalisco y el Municipio de San Felipe, Guanajuato, al sur con los Municipios de Silao, Romita y San Francisco del Rincón, al oeste con los Municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y el estado de Jalisco, entre los flancos guanajuatenses de los Altos de Jalisco y la Sierra de Guanajuato, (IMPLAN, 2020).



Figura 1. Ubicación geográfica del Municipio de León, Guanajuato.

Aspectos fisiográficos

De acuerdo en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico y Territorial (PMDUOET), (IMPLAN, 2020), en el Municipio se identifican dos provincias fisiográficas, Mesa del Centro y eje Neovolcánico, la primera se localiza en la porción norte y colinda con el Municipio de San Felipe, es una región alta con mesetas laterales, descendiendo hacia el sur hasta una región de sierras pequeñas escarpadas, para integrarse al norte de la zona urbana de la ciudad, la cual corresponde a la llanura de la provincia del Bajío Guanajuatense.

La provincia del eje Neovolcánico, se prolonga más allá de los límites con los Municipios de San Francisco del Rincón, Romita y Silao. Se destacan algunos lomeríos aislados en la porción sureste del Municipio, en la colindancia con Silao, se extiende hacia el norte dando origen a una región de sierras altas sin mesetas que se prolonga hacia el Municipio de Guanajuato; otra área de lomeríos aislados se encuentra hacia el sur de la carretera León-Silao hacia Romita.

Por otro lado, en la zona poniente del Municipio se localiza una región de mesetas pertenecientes al eje Neovolcánico desde los límites de la zona urbana, iniciándose en los lindes de la presa El Palote, hasta la colindancia municipal con el estado de Jalisco.

Topografía del municipio de León, Guanajuato

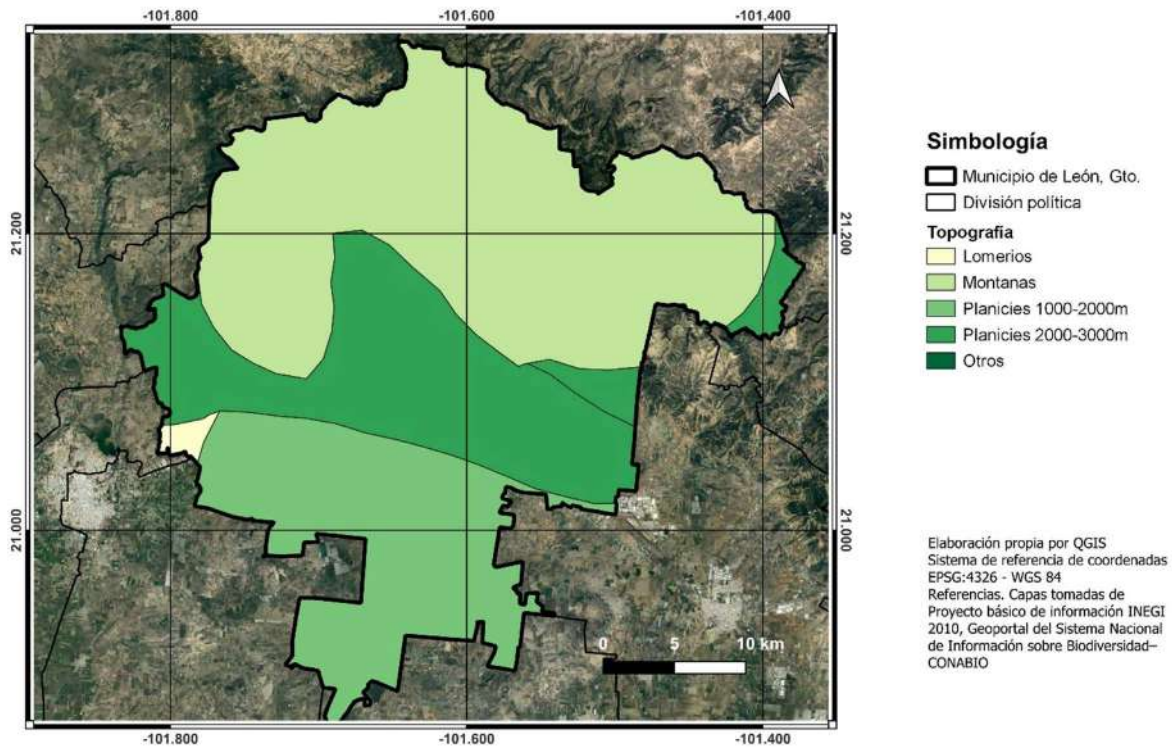


Figura 2. Mapa topográfico del Municipio de León, Guanajuato.

Clima

El clima predominante es semi seco, sin embargo, en la zona sur y parte del norte es semi cálido y semi húmedo, al norte se presenta un clima templado subhúmedo.

Las temperaturas más bajas en el área urbana se presentan al noroeste con rangos de 18 a 19°C, al sur de 20 a 21°C, al poniente con temperaturas arriba de los 21°C en promedio, (IMPLAN, 2020).

Clima del municipio de León, Guanajuato

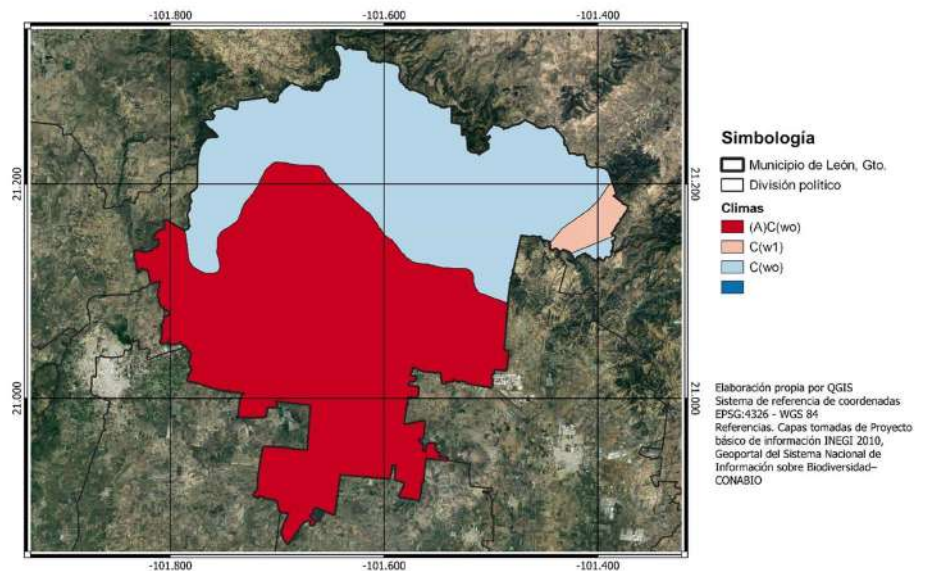


Figura 3. Mapa del Clima en el Municipio de León, Guanajuato.

Geología

De acuerdo con el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), 2020, en el PMDUOET el Municipio de León se encuentra ubicado entre las provincias fisiográficas: Faja Volcánica Transmexicana y la Faja Ignimbrítica mexicana; al norte la Plataforma Zacatecana y al oriente el alineamiento Taxco-San Miguel de Allende.

El Valle de León está limitado al norte y noroeste por el complejo vulcano-sedimentario de la Sierra de Guanajuato; al noroeste por la elevación topográfica de La Joya, Las Huertas, Arroyo Hondo, entre otros; al sur por las elevaciones de La Sandía y al este por los lomeríos de El Capulín, caminos a Bajío de Bonillas, La Aldea y Romita. Se conforma por clastos continentales y depósitos del tipo lacustre.

El territorio de León se ubica en dos provincias geológicas que demarcan las diferencias litológicas de estructuras que tiene relación con la formación del relieve municipal. La zona norte y poniente del Municipio forma parte de la provincia conocida como complejo Orogénico Zacatecano, donde se cuenta con rocas cristalinas, volcánicas, sedimentarias marinas y otro representado por una secuencia de productos volcánicos y clásticos continentales.

La zona centro y sur del Municipio está comprendida en la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana, cuya intensa actividad en el cuaternario y la presencia de sistemas de fracturas y fallas ocasionaron la formación de fosas tectónicas de grandes dimensiones, las cuales sirvieron como zona de depósito a sedimentos en condiciones de medio lacustre, constituyéndose el Bajío Guanajuatense.

Edafología

La zona norte presenta suelos someros y de baja fertilidad de tipo regosol, luvisol, litosol, planosol, cambisol y castañozem; cuya aptitud principal es forestal, cubren el 25% de la superficie municipal, por otro lado, la zona sur presenta suelos de tipo feozem háplico y vertisol pélico, los cuales se distribuyen desde la Sierras de Lobos, hasta las cercanías de la comunidad de Santa Ana del Conde, presentando una cobertura del 75%, siendo empleados como terrenos de vocación agrícola, (IMPLAN, 2020).

El suelo de tipo feozem es apto para la agricultura de temporal y riego, siempre y cuando se ubiquen en lugares con pendientes no mayor a 10 grados y sin fase física o química, estos son los de mayor cobertura en el Municipio, aquellos ubicados en lugares planos frecuentemente son profundos y muy fértiles, en comparación con los que están en laderas y cerros, donde suelen ser someros, menos productivos y fácilmente se erosiona.

Los suelos de tipo vertisol pélico se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía, son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises, pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. Son aptos para la agricultura de riego y temporal por su alto contenido de arcillas y un drenaje interno de lento a moderado.

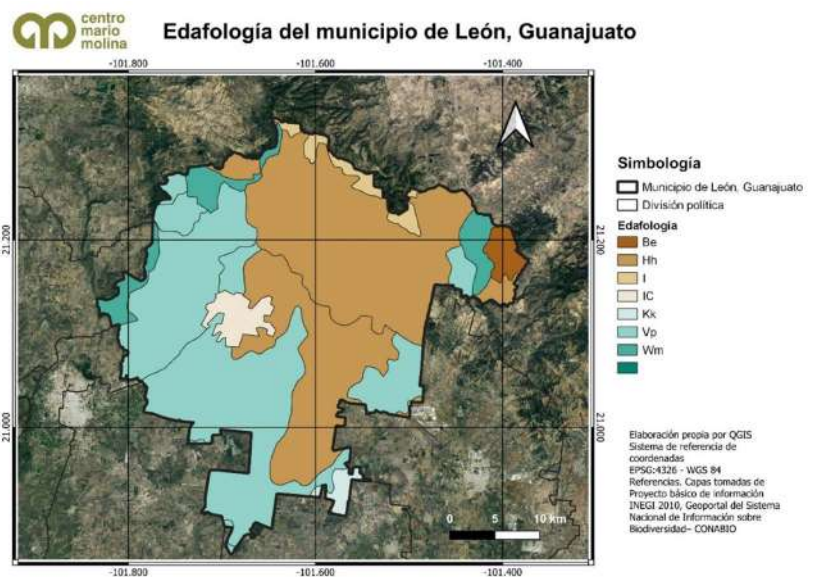


Figura 4. Mapa de la edafología presente en el Municipio de León, Guanajuato

Uso de suelo y vegetación

Para el Municipio se distinguen tres zonas, (IMPLAN, 2020):

En la zona norte del Municipio se pueden encontrar representaciones de bosque de encino, con distintos grados de perturbación, que se distribuye en las colindancias con el Municipio de San Felipe, sin embargo, los tipos de vegetación predominantes en la zona son el pastizal natural, inducido y matorral subtropical, en donde es característico la labranza del suelo para agricultura de temporal.

La zona centro del Municipio está identificada por las actividades que dan sustento a la ciudad, desde oriente a poniente del Municipio, conteniendo algunos bancos de materiales pétreos, así como ciertas zonas remanentes de agricultura de riego y temporal.

La zona sur del Municipio es muy notable por el uso de suelos para actividades agrícolas de riego y de temporal, las cuales se cubren casi en su totalidad, así mismo existe la presencia de asentamientos humanos rurales dispersos.

De acuerdo con lo establecido en el programa de ordenamiento vigente (PMDUOET, 2020), los grupos de usos de suelo a nivel municipal son:

- **Habitacional.** Zonas con usos habitacionales y uso mixtos con diversas densidades mínima, baja, media, alta y libre
- **Comercial.** Con intensidades: mínima, baja, media y alta
- **Industrial.** Corresponde a actividades manufactureras con sus diferentes intensidades: baja, media, alta y de riesgo
- **Uso agrícola**
- **Uso pecuario**
- **Servicios de alojamiento temporal**
- **Turístico recreativo**
- **Actividades extractivas**

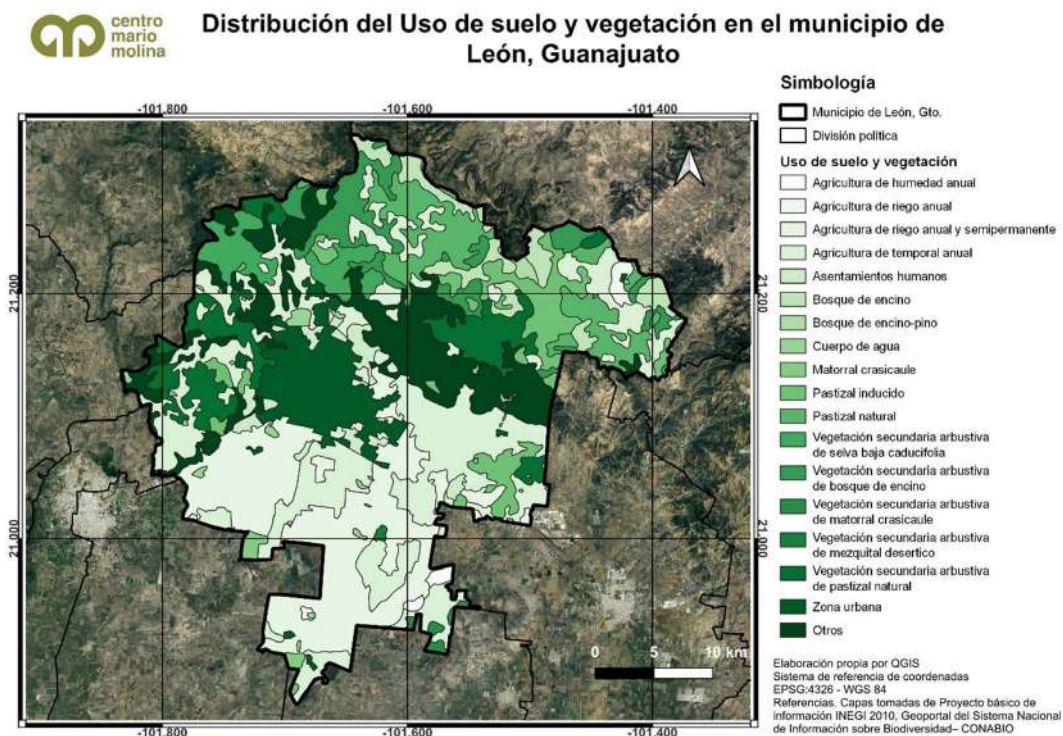


Figura 5. Mapa de la distribución de uso de suelo y vegetación en el Municipio de León, Guanajuato

Aspectos socioeconómicos

Población

En 2020, la población de León fue 1,721,215 habitantes, siendo 49.2% hombres (846,673 habitantes) y 50.8% mujeres (874,542 habitantes), en comparación a 2010 la población en León creció un 19.8%. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 15 a 19 años (155,240 habitantes), 20 a 24 años (155,124 habitantes) y 10 a 14 años (150,348 habitantes). Entre ellos concentraron el 26.8% de la población total, (INEGI, 2021).

Pirámide poblacional total de León 2020

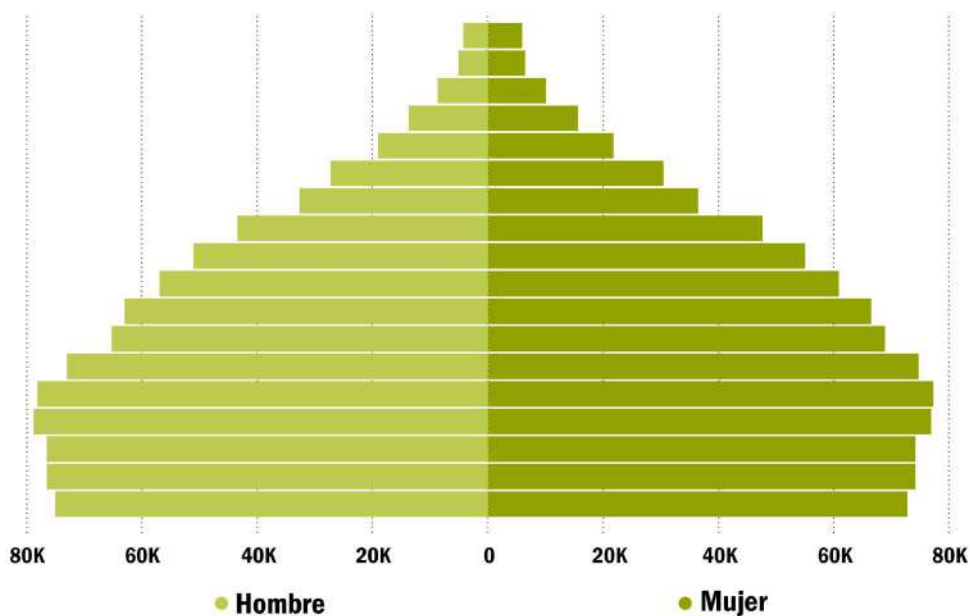


Figura 6. Pirámide poblacional total de León 2020. Fuente. INEGI, (2021), Censo de Población y vivienda 2020, Consultado en 2024, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>

Economía

De acuerdo con la Secretaría de Economía (SE), 2023, las ventas internacionales de León en 2023 fueron de US\$2,010M, las cuales crecieron en 2.66% en comparación al año anterior, siendo los productos con mayor número de ventas internacionales en 2023 el calzado con suela de caucho, plástico, cuero natural o regenerado y parte superior de cuero natural (US\$625M), carretillas apiladoras (US\$335M) y partes y accesorios de vehículos automotores (US\$155M). Los principales destinos de ventas internacionales fueron Estados Unidos (US\$1678M), China (US\$38.5M) y Guatemala (US\$30.4M), siendo los más significativos.

Por otro lado, las compras internacionales de León fueron de US\$2,909M, las cuales decrecieron un -1.18% con respecto al año anterior, los productos con mayor nivel de compras internacionales fueron neumáticos de goma (US\$354M), cueros y pieles en bruto de bovino o de equino, incluso depilados o divididos (US\$101M) y las demás placas, láminas, hojas y tirad de plástico (US\$77.6M). Los principales países de origen de las compras internacionales fueron China, Estados Unidos y Alemania, (SE, 2023).

ANTECEDENTES

El constante crecimiento de la población en las zonas urbanas trae consigo la concentración de actividades económicas y productivas, las cuales en ciertas circunstancias agudizan problemáticas relacionadas con la mala calidad del aire.

La exposición al aire contaminado tiene implicaciones sociales y económicas importantes, siendo la más relevante al ser la principal causa ambiental de muertes prematuras a nivel mundial, esta también tiene impacto en el ámbito económico, debido a los problemas de salud de la población generan la disminución de la productividad como un incremento del presupuesto que se destina a los gastos en salud, afectando la competitividad de los países, (SNIARN, 2015).

Además de los efectos sobre la salud de las personas, la contaminación atmosférica también afecta a los bosques y ecosistemas acuáticos, todos estos impactos ambientales, sociales y económicos hacen necesario conocer no solo las concentraciones de los principales contaminantes, sino también sus fuentes de origen y sus volúmenes de emisión.

Esta información nos brinda la oportunidad de diseñar e implementar acciones políticas públicas orientadas a reducir la presencia de los contaminantes en la atmósfera y minimizar así sus impactos sobre la salud de la población y los ecosistemas, (SNIARN, 2015).

Los inventarios de emisiones son herramientas informativas que proporcionan datos para diversos instrumentos de gestión de la calidad del aire. El último **Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM)** reporta datos para el año 2018, existen inventarios locales elaborados para algunas zonas metropolitanas y ciudades del país, destacan los inventarios de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), cuya actualización ha sido regulada y la última incluye datos al año 2018.

En el caso del Municipio de León, Guanajuato, el inventario municipal de contaminantes criterio es una estimación a nivel local de las concentraciones antropogénicas de contaminantes ambientales. Actualmente se cuenta con un **Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del año 2017**.

DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN

En el presente capítulo se incluyen la descripción de cada una de las fuentes de emisión, el tipo de información utilizada.

Fuentes fijas

Las **fuentes puntuales, o fuentes fijas**, son aquellas fuentes de emisión que tienen un punto específico y delimitado de emisión, estas fuentes son estables y se encuentran en ubicaciones fijas y conocidas, que se caracterizan por mantener emisiones controladas, por lo tanto, cuentan con datos específicos y están sujetas a regulación y normativa ambiental. En esta categoría se consideran las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles durante procesos productivos debidos a la transformación física o química de materiales, así como por el uso de productos (por ejemplo, solventes, lubricantes e hidrofluorocarbonos) llevados a cabo en industrias, generadores de energía e incluso instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Las estimaciones hechas para las fuentes fijas consideran las emisiones de dióxido de azufre (SO_2), carbono orgánico total (COT), compuestos orgánicos volátiles (COVs), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas suspendidas totales (PST) y material particulado menor a 10 y 2.5 micrómetros (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, respectivamente), Dióxido de nitrógeno (NO_2) y amoníaco (NH_3); sin embargo, en el presente informe se acota a los primeros contaminantes enlistados tanto por la disponibilidad de la información como para su comparabilidad con otros inventarios de emisiones.

Fuentes Móviles

La flota vehicular del Municipio de León se obtuvo a partir de las bases de datos proporcionada por la Dirección General de Movilidad de León, Guanajuato y del Censo de Transporte por INEGI, en donde, se considera el número de unidades vehiculares registradas por los gobiernos estatales y municipales, de acuerdo con el tipo de vehículo y el servicio que presta, así como, los Kilómetros Recorridos por Vehículo a partir de las encuestas realizadas en los Centros de Verificación Vehicular dentro del Municipio de León, Guanajuato.

Para la estimación de las emisiones por **fuentes móviles** del Municipio, se desagregó la flota vehicular por tipo de vehículo, observando que el parque vehicular de León, Gto. presentó unidades con una antigüedad de más de 40 años, por lo que fue necesario agrupar aquellos con más de cuarenta años de antigüedad hasta ajustar la clasificación de antigüedad a 30 años, como lo requiere el modelo MOVES-México.

Tabla 2. Clasificación de la flota vehicular y número de unidades del Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

Clasificación de la flota vehicular según el software MOVES-México	Clasificación de Vehículos en León, Guanajuato homologada a MOVES-México	Número de Unidades
Motorcycle	Motocicletas	113,666
Passenger Car	Autos Particulares	410,230
Passenger Truck	Camionetas tipo SUV	8,544
	Camionetas Transporte Público	
Transit Bus	Autobús Convencional	1,345
Metrobus	Autobús Articulado	92
Single Unit Short Haul	Vehículos >3.8 Ton locales	30,134
Single Unit Long Haul	Vehículos <3.8 Ton federales	30,134
Combination Short Haul	Tractocamiones Locales	30,134
Combination Long Haul	Tractocamiones Federales	30,134

De acuerdo con los resultados obtenidos por las encuestas realizadas en distintos puntos del Municipio de León, Guanajuato, principalmente a los usuarios de los centros de verificación vehicular los resultados obtenidos indican lo siguiente:

El uso principal que los habitantes de León, Guanajuato le dan al vehículo, está distribuido de la siguiente manera:

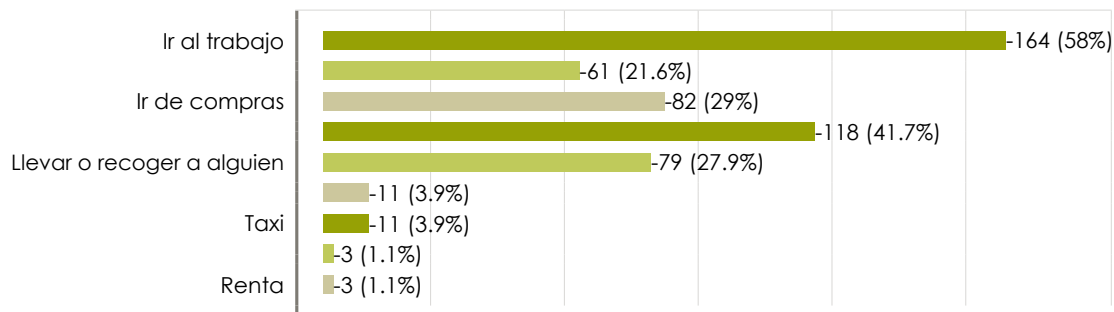


Figura 7. Uso principal de los vehículos en León de los Aldama, Guanajuato

Los Municipios en que circulan mayormente los vehículos son:

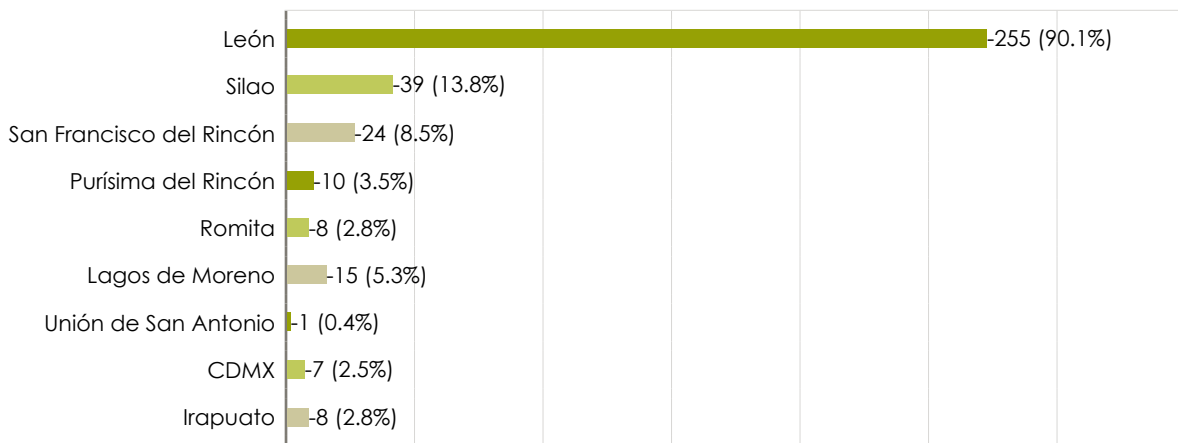


Figura 8. Localidad donde circulan mayormente los vehículos

El uso de combustible está distribuido de la siguiente manera:

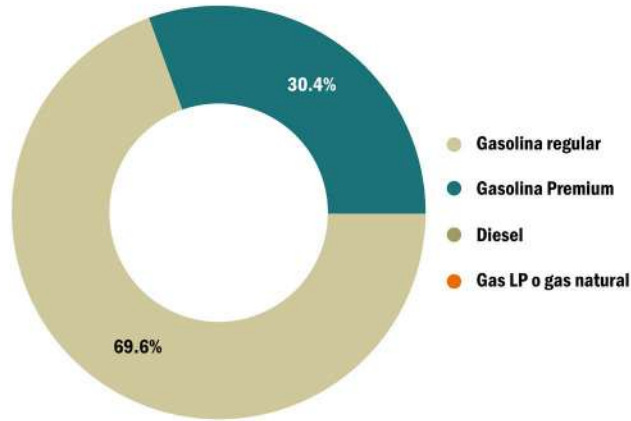


Figura 9. Uso de combustible

El tipo de vialidad por la que circulan los vehículos mayormente son:

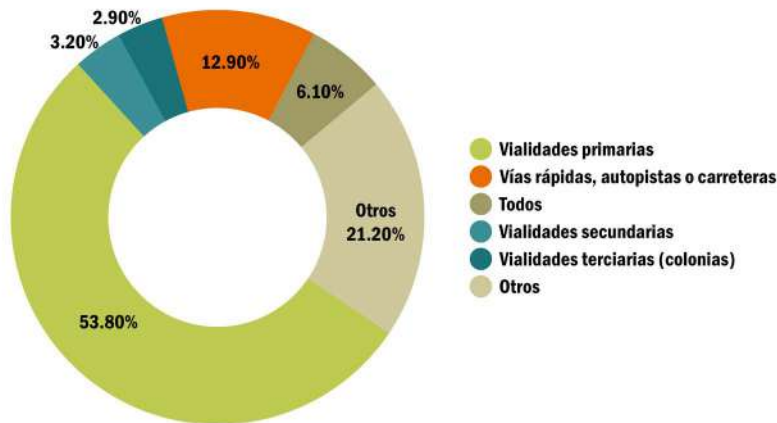


Figura 10. Tipo de vialidad donde circulan los vehículos mayormente

La mayoría de las personas encuestadas califican como buenas las condiciones de las vialidades por las que circulan:

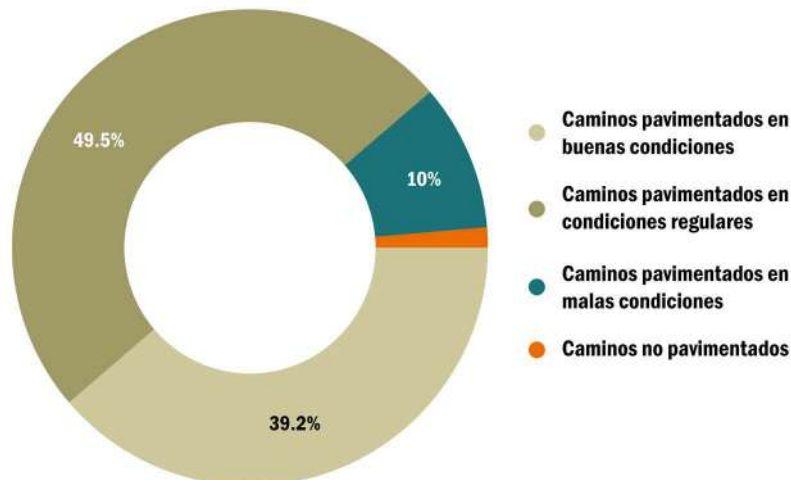


Figura 11. Condiciones de las vialidades

Fuentes de Área

Son aquellas fuentes de emisión que son muy pequeñas, numerosas y dispersas, lo que dificulta que puedan ser incluidas de manera eficiente como fuentes fijas en un inventario de emisiones, para el Municipio de León se identificaron las categorías y subcategorías siguientes:



Figura 12. Categorías y subcategorías pertenecientes en las fuentes de área

La emisión de contaminantes criterio de las categorías y subcategorías pertenecientes en las fuentes de área varían de acuerdo con diversos factores, para el caso de la quema de combustibles en fuentes estacionarias tales como el sector residencial, comercial, agropecuario e industrial aportan a la generación de contaminantes criterio que son productos de la combustión de gas natural, gas licuado de petróleo, leña, diésel y carbón. Por otro lado, las categorías de uso de solventes, almacenamiento y transporte de derivados del petróleo, manejo de residuos y esterilización de material hospitalario, se generan emisiones de compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), derivados del manejo y uso de solventes.

En el caso de las subcategorías pertenecientes a las categorías de fuentes misceláneas, industriales ligeras, comerciales y agropecuarias se cuentan con emisiones de material particulado (PM10 y PM2.5), las cuales se derivan de actividades de construcción de edificación, caminos pavimentados y no pavimentados (causadas por el tránsito vehicular) y emisiones domésticas de amoníaco (NH₃), este último no se incluye en el informe.

En el Municipio de León, Guanajuato, de acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), (INEGI, 2023), se cuentan con 1,358 establecimientos pertenecientes al sector comercios y servicios, de los cuales 238 establecimientos realizan actividades de impresión de periódicos, revistas, libros, entre otros materiales, las cuales hacen uso de tintas que en su composición se constituye por tres componentes básicos: pigmentos, aglutinantes y solventes; 273 establecimientos de repintado automotriz, en donde las emisiones de COVs, se atribuye a la limpieza, el resanado, pintado y pulido de las partes automotrices, en el caso de los 320 establecimientos de lavado en seco, al uso de solventes orgánicos no acuosos de limpieza de ropa y 282 comercios encargados a la preparación de pan.

En el caso de distribución y almacenamiento de combustible en el Municipio de León, se cuentan con 245 comercios al por menor de venta de gasolina y diésel, para el sector de salud se tiene registro de 19 hospitales de entre primer y tercer nivel, en donde, se cuenta con una total de 7700 camas censables.

La Dirección General de Protección Civil del Municipio de León, reporto 840 incendios tanto estructurales (casa-habitación, empresa, vehículo, baldío, escuela) y forestales, en el año 2022, en donde se cuenta con una superficie incendiada de 977,072 m².

Categoría / Año	2022
Forestal	12
Casa – Habitación	402
Empresa	153
Vehículo	44
Baldío	228
Escuela	1
Total	840

Tabla 3. Categorías e incendios suscitados en el año 2022

La cantidad de residuos quemados considerando los datos reportados de acuerdo con la serie de incendios transcurridos en el Municipio, se tiene que 52.481 t de residuos fueron quemados en el 2022. Una de las fuentes importantes de emisión de partículas son las vialidades sin pavimentar, su generación se debe al paso de vehículos y la fricción que ejercen las llantas sobre el camino de terracería. En León, se estima que el 88% de vialidades están pavimentadas y el 12% no lo están, consideradas como vialidades de terracería.

Las actividades de construcción en Municipio de León constituyen primordialmente a la edificación; de los cuales se subdividen en otras categorías, en el caso de edificación conforma 228 hectáreas del apartado de edificación, en construcción de obras de ingeniería civil se cuenta con 68 ha y finalmente, los trabajos especializados para la construcción conforman 160 ha.

Las **fuentes naturales** son aquellas fuentes de emisión que no son creadas por actividades humanas y que se originan de manera natural en el medio ambiente, por ejemplo, los volcanes, los bosques e incendios forestales, los cuerpos de agua y el suelo, que emiten contaminantes a la atmósfera de manera natural y sin intervención humana y que, por tanto, son más difíciles de controlar y/o medir con precisión debido a los propios procesos naturales que dependen a su vez de factores climáticos y geológicos. El proceso de emisión de contaminantes por fuentes naturales conjunta los procesos de erosión de los suelos, así como las emisiones hechas por el sistema vegetal.



Fuentes Naturales

Las emisiones de contaminantes por erosión del suelo se refieren a la liberación de partículas y compuestos químicos al medio ambiente como resultado de la degradación y el transporte de suelo. La erosión del suelo es el proceso mediante el cual la capa superficial del suelo es removida y transportada por agentes como el agua, el viento, o la actividad humana. Este proceso puede ser natural o inducido por actividades humanas, como la deforestación, la agricultura intensiva, y la construcción.

La estimación de emisiones por fuente biogénicas considera a los contaminantes y gases que se liberan al medio ambiente como resultado de procesos biológicos naturales, tales como crecimiento, defensa y reproducción de las plantas. Estos procesos ocurren sin intervención humana directa, aunque ciertas actividades humanas pueden influir en su intensidad o frecuencia y los principales contaminantes que se emiten en esta categoría son los COVs y óxido nítrico (NO), que provienen de la desnitrificación del suelo.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

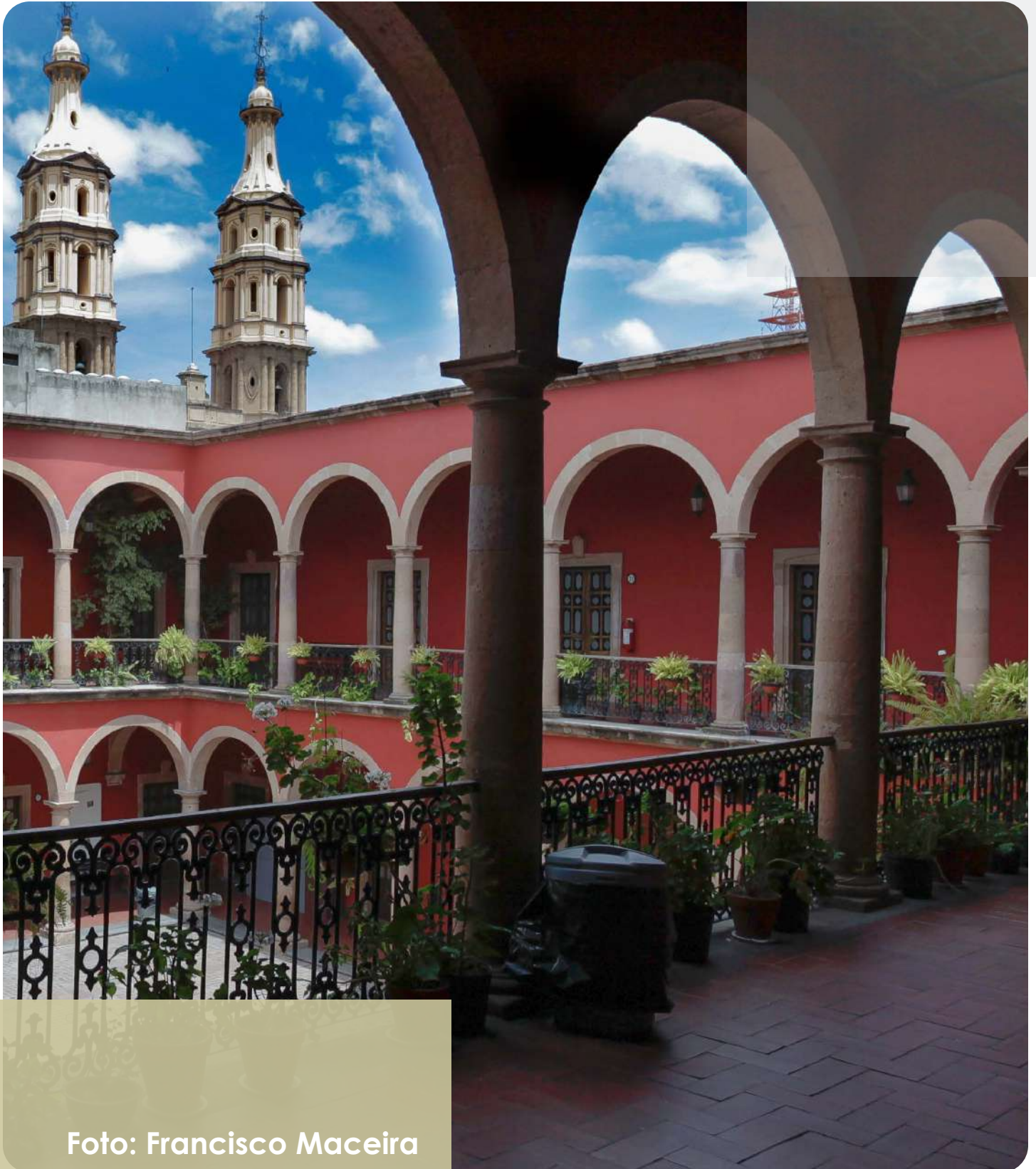


Foto: Francisco Maceira

A continuación, se detallan los criterios metodológicos de la estimación por cada tipo de fuente de emisión, así como las características de la información de origen con la cual se dispuso para la elaboración de este inventario, las metodologías empleadas para la estimación de las emisiones incluyen modelos mecánicos, factores de emisión, balances de materia, encuestas, entre otras, estas se encuentran descritas en la **Guía de Elaboración y Usos de Inventarios de Emisiones** y en cada caso se realizaron los ajustes a las condiciones específicas del Municipio.

En la estimación de las fuentes puntuales, o fuentes fijas, se consideran las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles durante procesos productivos debidos a la transformación física o química de materiales, así como por el uso de productos (por ejemplo, solventes, lubricantes e hidrofluorocarbonos). Para el desarrollo del inventario de fuentes fijas se dispuso de la información contenida en las Cédulas de Operación Anual (COA) para las fuentes fijas de jurisdicción federal; mientras que en el caso de las fuentes fijas de jurisdicción estatal se contó con información de las COAs estatales. En total se contó con información de 777 fuentes puntuales, distribuidas en 285 fuentes puntuales de jurisdicción federal, que reportaron información para los contaminantes: SO₂, COT, COVs, CO, NO_x y PST; y 492 fuentes puntuales de jurisdicción estatal, que reportan únicamente información de PST, PM10 y PM2.5.

Las emisiones de fuentes móviles se estiman de acuerdo con las recomendaciones de

SEMARNAT-INE en el MANUAL VI “Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Vehículos Automotores” del programa de inventarios de Emisiones para México (SEMARNAT-INE-1997). De manera complementaria, la autoridad ambiental mexicana ha reconocido al software Motor Vehicle Emission Simulator adaptado para México (MOVES-México), como el software que integra de manera adecuada las estimaciones de emisiones para fuentes móviles.

El software MOVES-México 2023 (versión 2014b) requiere información relacionada con el área geográfica, flota vehicular desagregada por año-modelo, tipo de combustibles, actividad por tipo de vehículo expresado en kilómetros, tipo de vialidad, de tal forma que se pueden obtener emisiones de contaminantes criterio desagregadas de acuerdo con las variables antes mencionadas.

En este inventario se estimaron las emisiones por fuentes móviles para el año 2022 empleando la versión MOVES-México-2023. Las estimaciones se realizaron para vehículos a gasolina, Diesel y Gas Natural para el año 2022, se estimaron mediante corridas con MOVES-Mexico-2023 empleando el modo “inventario” seleccionando todos los tipos de caminos (caminos urbanos y rurales con y sin peaje, así como fuera de camino), y generando una corrección en las emisiones que arroja el modelo, de acuerdo con la tasa de crecimiento de la flota vehicular de INEGI, encuestas realizadas en los centros de verificación y los padrones vehiculares obtenidos directamente de las dependencias correspondientes en el Municipio de León, Guanajuato.

Para las fuentes de área se utilizó la metodología de factores de emisión, desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA) y los manuales del Programa de Inventarios de Emisiones en México, debido al gran número de subcategorías de fuentes de área, se precisó de la gestión de información a diversas dependencias de gobierno, sistemas de información geográfica, parámetros meteorológicos y fuentes de información.

La estimación de emisiones por fuentes naturales para el Municipio de León consideró las emisiones por erosión eólica del suelo y las emisiones biogénicas. En el primer caso se estableció una metodología de cálculo que se detalla en la memoria de cálculo adjunta al presente documento. Sin embargo, y de manera general la estimación de emisiones por erosión eólica estuvo determinada por la erosionabilidad del suelo predominante en el Municipio de León, las variables climáticas como precipitación y temperaturas medias, así como la velocidad media del viento; que en conjunto con factores establecidos por las guías para el cálculo de dichas emisiones permitieron estimar la contribución de PST, PM10 y PM2.5 por la erosión eólica de los suelos del Municipio de León.

Para el cálculo de las emisiones a la atmósfera de fuentes biogénicas se emplean diversos métodos de cuantificación, en el caso de León se empleó el modelo GLOBEIS v3.2 desarrollado por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) y el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCA, por sus siglas en inglés), en su

versión tropicalizada para México, por parte de la SEMARNAT. Este modelo permite calcular las emisiones de compuestos como el isopreno (ISO), monoterpenos totales (TMT) y otras especies de COV (metilbutenol, terpenos, olefinas, aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y alcanos), así como óxido nítrico (NO) el cual se convierte en óxidos de nitrógeno (NO_x) para ser integrado al inventario Nacional de Emisiones (INEM).

La información que requiere el modelo GLOBEIS para cuantificar las emisiones es: densidad de vegetación, tipos de especies, uso de suelo (distribución de vegetación por área), temperatura, latitud, altitud, área, radiación solar, nubosidad, humedad, y velocidad del viento para calcular las emisiones biogénicas.

Esta información puede provenir de diversas instituciones con monitoreo de meteorología como el Sistema Nacional Meteorológico (SNM) o el Centro Nacional de Meteorología (CENAM). En el caso de León los datos se obtuvieron del Proyecto de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales (POWER) del Centro de Investigación Langley (LaRC) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), financiado a través del Programa de Ciencias de la Tierra/ Ciencias Aplicadas de la NASA, los cuales fueron descargados con un nivel de desagregación horario para todos los meses del año 2022. El reporte de los resultados obtenido por el modelo agrupa a los contaminantes NO, NO₂ y COVs.

RESULTADOS

En la **Tabla 4** se concentra la información obtenida de la estimación de emisiones de contaminantes criterio del Municipio de León, Guanajuato año base 2022, en t/año, agrupando las cuatro categorías de emisión consideradas en el presente inventario: fuentes fijas, fuentes móviles, fuentes de área y fuentes naturales.

Se identificaron 24 categorías (actividades productivas principales) dentro de las fuentes fijas, que incluyen tanto aquellos establecimientos de jurisdicción federal como los de jurisdicción estatal, 7 categorías (tipos de transporte) para fuentes móviles, que a su vez están subdivididas en 2 categorías que corresponden al tipo de combustible (gasolina y diésel), 9 categorías generales para fuentes de área, las cuáles se subdividen para dar en total 19 subcategorías de este mismo tipo de fuente; y, finalmente 2 categorías (tipo de emisión) para fuentes naturales.

Se estimaron en total 233,495.32 t/año de emisiones de contaminantes criterio en el año 2022 en el Municipio de León, de dicho total el mayor aporte lo tienen las fuentes móviles con 133,567.00 t/año (57.44%), seguidas por las fuentes de área con 85,835.91 t/año (36.82%), fuentes fijas con 8,400.19 t/año (3.61%) y finalmente las fuentes naturales que emiten 5,692.22 t/año (2.13%), **Figura 13**.

Con respecto a los contaminantes emitidos el contaminante de mayor contribución a estas cifras es el CO con un total de 105,362.11 t/año (45.12%), COVs con 36,626.80 t/año (15.69%), PM10 con 24,691.20 t/año (10.57%), NO_x con 22,421.62 t/año (9.60%), COT con 17,354.21 t/año (7.43%), PM2.5 con 14,185.06 t/año (6.08%), HC con 10,525.00 t/año (4.51%), PST con 2,166.23 t/año (0.93%) y, finalmente, SO₂ con 163.09 t/año (0.07%), **Figura 14 y Figura 15**.

Tabla 4. Inventario de emisiones de contaminantes criterio del Municipio de León de los Aldama, Guanajuato, 2022, (t/año).

ACTIVIDAD PRINCIPAL	SO ₂	COT	COVs	CO	NO _x	PST	PM10	PM2.5	HC	Total por actividad
FUENTES FIJAS										
Industria alimentaria	NA	NA	NA	NA	NA	36.25	4.83	29.09	NA	70.17
Industria de las bebidas y del tabaco	NA	NA	NA	NA	NA	2.71	0.06	2.20	NA	4.98
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	NA	NA	NA	0.30	NA	4.19	0.20	3.37	NA	8.06
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	NA	NA	NA	NA	NA	0.03	0.01	0.02	NA	0.05
Fabricación de prendas de vestir	NA	NA	NA	NA	NA	0.57	0.16	0.44	NA	1.16
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	NA	NA	1.83	NA	NA	1.03	0.48	0.98	NA	4.32
Industria de la madera	NA	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00	NA	0.00
Industria del papel	0.00	NA	0.03	9.93	11.91	0.27	0.06	0.21	NA	22.41
Impresión e industrias conexas	NA	NA	NA	NA	NA	0.17	0.04	0.13	NA	0.35
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	NA	NA	NA	NA	NA	5.58	0.28	4.77	NA	10.63
Industria química	0.05	NA	191.19	0.20	3.45	1.33	0.32	0.96	NA	197.50
Industria del plástico y del hule	0.21	NA	NA	NA	NA	10.48	0.25	0.72	NA	11.67
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	NA	NA	NA	NA	NA	16.95	4.58	13.05	NA	34.58
Industrias metálicas básicas	NA	NA	0.12	0.00	0.98	3.03	0.02	0.04	NA	4.20
Fabricación de productos metálicos	NA	NA	0.48	7.91	3.02	0.70	0.08	0.23	NA	12.42
Fabricación de maquinaria y equipo	0.01	NA	5.55	1.67	1.02	0.30	0.00	0.00	NA	8.55
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	NA	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00	NA	0.00
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	NA	NA	NA	NA	NA	0.04	0.04	0.04	NA	0.12
Fabricación de equipo de transporte	0.02	NA	4.00	6.17	7.53	12.76	0.20	0.53	NA	31.22
Fabricación de muebles, colchones y persianas	NA	NA	NA	NA	NA	0.02	0.01	0.01	NA	0.04
Otras industrias manufactureras	NA	NA	NA	NA	NA	1.11	0.44	1.00	NA	2.55
Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	0.00	0.72	7,956.49	0.00	0.00	0.00	NA	NA	NA	7,957.21

Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	0.00	0.72	7,956.49	0.00	0.00	0.00	NA	NA	NA	7,957.21
Servicios relacionados con el transporte	0.00	NA	11.93	0.00	0.00	NA	NA	NA	NA	11.93
Servicios de almacenamiento	0.00	NA	6.06	0.00	0.00	0.00	0.00	NA	NA	6.06
Total fuentes fijas	0.30	0.72	8,177.69	26.17	27.90	97.54	12.08	57.79	-	8,400.19
ACTIVIDAD PRINCIPAL	SO₂	COT	COVs	CO	NO_x	PST	PM10	PM2.5	HC	Total por actividad
FUENTES MÓVILES										
Automóviles particulares	20.00	NA	1,869.00	32,652.00	8,958.00	NA	301.00	257.00	821.00	44,878.00
Camiones de pasajeros	22.00	NA	42.00	27,469.00	6,083.00	NA	156.00	137.00	1,275.00	35,184.00
Motocicletas	1.00	NA	872.00	12,614.00	400.00	NA	6.00	6.00	622.00	14,521.00
Metrobús	6.00	NA	673.00	659.00	393.00	NA	127.00	116.00	516.00	2,490.00
Autobús	2.00	NA	1,243.00	2,349.00	783.00	NA	137.00	124.00	1,021.00	5,659.00
Camiones de carga	45.00	NA	6,654.00	8,265.00	3,480.00	NA	850.00	777.00	5,251.00	25,322.00
Transporte público	3.00	NA	1,258.00	2,394.00	626.00	NA	110.00	103.00	1,019.00	5,513.00
Total fuentes móviles	99.00	-	12,611.00	86,402.00	20,723.00	-	1,687.00	1,520.00	10,525.00	133,567.00
ACTIVIDAD PRINCIPAL	SO₂	COT	COVs	CO	NO_x	PST	PM10	PM2.5	HC	Total por actividad
FUENTES DE ÁREA										
Combustión e Hidrocarburos no quemados	62.38	4,289.97	4,268.13	12,421.42	720.32	NA	743.83	716.28	NA	23,222.33
Estimación de emisiones per cápita	NA	9,081.13	6,263.50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,344.63
ACTIVIDAD PRINCIPAL	SO₂	COT	COVs	CO	NO_x	PST	PM10	PM2.5	HC	Total por actividad
FUENTES FIJAS										
Estimación de emisiones por establecimiento	NA	206.65	646.30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	852.95
Almacenamiento, distribución y venta de gasolina y diésel	NA	1,140.14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,140.14
Panaderías	NA	4.49	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.49
Esterilización en hospitales	NA	0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.01
Quema de residuos a cielo abierto	0.03	NA	NA	4.45	0.16	NA	0.44	0.42	NA	5.49
Incendios en estructuras	NA	1.36	0.95	16.42	0.39	NA	1.04	0.97	NA	21.14
Incendios forestales	0.20	1.81	0.83	21.17	0.62	NA	2.10	1.91	NA	28.65
Quemas controladas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	409.74	91.04	NA	500.78
Emisiones domésticas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	16,800.25	8,711.24	NA	25,511.50
Vialidades pavimentadas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.20	2.23	NA	11.43
Vialidades no pavimentadas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	865.60	87.05	NA	952.65
Asados al carbón	1.18	3.41	3.41	181.94	37.94	NA	28.89	12.47	NA	269.23
Aplicación de Plaguicidas	NA	2,624.52	2,624.52	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5,249.04

Quemas agrícolas	NA	NA	406.69	6,288.53	173.44	NA	794.17	789.91	NA	8,452.74
Labranza agrícola	NA	NA	NA	NA	NA	NA	127.68	28.37	NA	156.05
Corrales de engorda	NA	NA	NA	NA	NA	NA	24.92	2.90	NA	27.81
Emisiones fugitivas, por manejo de materiales y movimiento de la tierra	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2,149.92	1,934.93	NA	4,084.85
Total fuentes de área	63.79	17,353.49	14,214.34	18,933.94	932.86	-	21,957.78	12,379.71	-	85,835.91
ACTIVIDAD PRINCIPAL	SO₂	COT	COVs	CO	NO_x	PST	PM10	PM2.5	HC	Total por actividad
FUENTES NATURALES										
Estimación de emisión por erosión	NA	NA	NA	NA	NA	2,068.69	1,034.34	227.56	NA	3,330.59
Estimación de emisión biogénicas	NA	NA	1,623.78	NA	737.85	NA	NA	NA	NA	2,361.63
Total fuentes naturales	-	-	1,623.78	-	737.85	2,068.69	1,034.34	227.56	-	5,692.22
TOTAL	163.09	17,354.21	36,626.80	105,362.11	22,421.62	2,166.23	24,691.20	14,185.06	10,525.00	233,495.32

Notas:

NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.
 Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

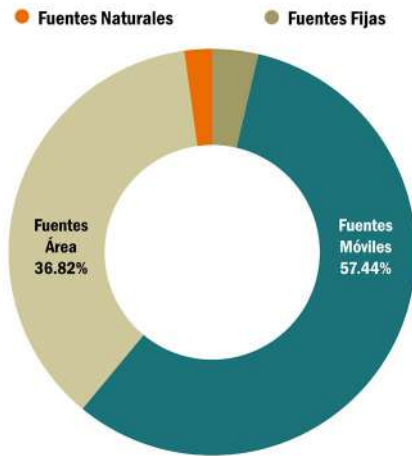


Figura 13. Contribución porcentual de las emisiones totales de contaminantes criterio por tipo de fuente, León, Guanajuato, año base 2022.2022

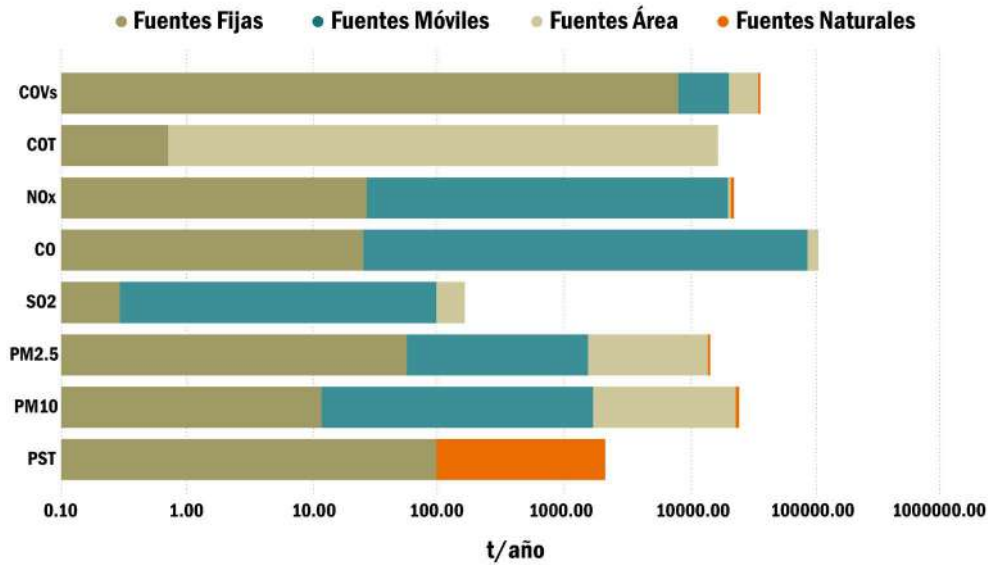


Figura 14. Distribución de las emisiones de contaminantes criterio y su aporte por tipo de fuente (t/año), León, Guanajuato, año base 2022. Nota: El eje de t/año se encuentra en escala logarítmica para mejor visualización del CO.

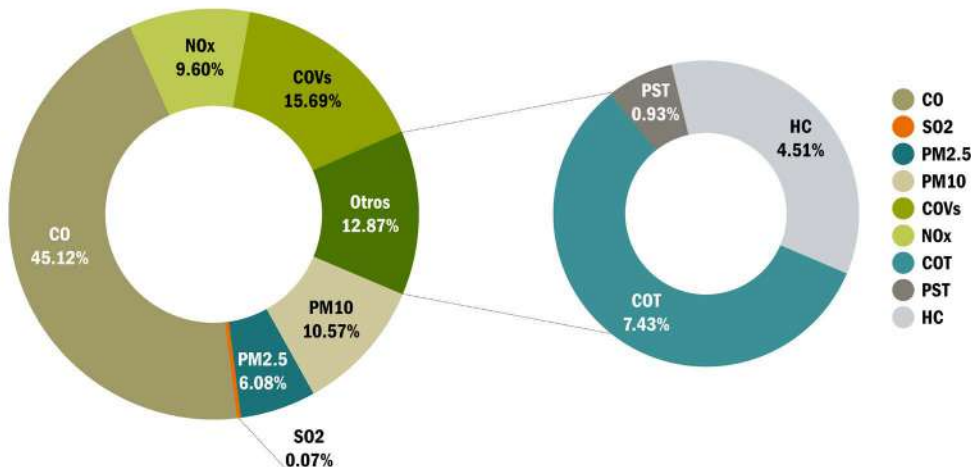


Figura 15. Contribución porcentual de las emisiones totales de contaminantes criterio por contaminante, León, Guanajuato, año base 2022

ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES POR TIPO DE FUENTE

Fuentes Fijas

Las emisiones de contaminantes criterio por fuentes fijas se observan en la **Tabla 5**, mostrada a continuación, como puede observarse se tiene un total de 8,400.19 t/año, para las 777 categorías de fuentes fijas tanto de jurisdicción federal como estatal, de las cuales se puede destacar que las fuentes de jurisdicción federal no reportan los contaminantes de PM10 ni PM2.5, mientras que las de jurisdicción estatal no reportan los contaminantes gaseosos, únicamente partículas PST, PM10 y PM2.5, **Figura 16**.

Como puede observarse, el contaminante que se emitió en mayor cantidad en el Municipio de León en 2022 fueron los COVs con 8,177.69 t/año, el cual corresponde a un 97.35% del total de las emisiones por fuentes fijas, seguidas por PST, PM2.5 y PM10 que contabilizaron 97.54, 57.79 y 12.08 t/año, respectivamente, que en conjunto contribuyen con el 1.99% de las emisiones totales. Por su parte los gases NO_x y CO, tienen una contribución porcentual de 0.33% y 0.31%, con 27.90 y 26.17 t/año, respectivamente.

Finalmente, los COT y SO₂, aportan 1.02 t/año siendo los COT los que tienen un aporte mayor con 0.72 t/año, y un aporte del 0.01% y en último lugar el SO₂ con 0.30 t/año con un aporte del 0.004%. La **Figura 17** muestra la distribución gráfica de estos resultados.

En este análisis de las fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal, por actividad principal, destaca la contribución del sector de comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes, que tienen el mayor aporte del total de contaminantes con 7,957.21 t/año, lo que representa el 94.7% del mismo total.

Por último, dentro de la categoría de fuentes fijas de jurisdicción estatal, destacan los sectores de fabricación de productos a base de minerales no metálicos, industria alimentaria y fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, que aportan un total de 34.58, 70.17 y 10.63 t/año de partículas (PST, PM10 y PM2.5).

Tabla 5. Emisiones de contaminantes criterio por fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal (t/año), por actividad principal en León, Guanajuato, 2022.

ACTIVIDAD PRINCIPAL	SO ₂	COT	COVs	CO	NO _x	PST	PM10	PM2.5	Total por actividad
Industria alimentaria	NA	NA	NA	NA	NA	36.25	4.83	29.09	70.17
Industria de las bebidas y del tabaco	NA	NA	NA	NA	NA	2.71	0.06	2.20	4.98
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	NA	NA	NA	0.30	NA	4.19	0.20	3.37	8.06
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	NA	NA	NA	NA	NA	0.03	0.01	0.02	0.05
Fabricación de prendas de vestir	NA	NA	NA	NA	NA	0.57	0.16	0.44	1.16
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	NA	NA	1.83	NA	NA	1.03	0.48	0.98	4.32
Industria de la madera	NA	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00	0.00
Industria del papel	0.00	NA	0.03	9.93	11.91	0.27	0.06	0.21	22.41
Impresión e industrias conexas	NA	NA	NA	NA	NA	0.17	0.04	0.13	0.35
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	NA	NA	NA	NA	NA	5.58	0.28	4.77	10.63
Industria química	0.05	NA	191.19	0.20	3.45	1.33	0.32	0.96	197.50
Industria del plástico y del hule	0.21	NA	NA	NA	NA	10.48	0.25	0.72	11.67
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	NA	NA	NA	NA	NA	16.95	4.58	13.05	34.58
Industrias metálicas básicas	NA	NA	0.12	0.00	0.98	3.03	0.02	0.04	4.20
Fabricación de productos metálicos	NA	NA	0.48	7.91	3.02	0.70	0.08	0.23	12.42
Fabricación de maquinaria y equipo	0.01	NA	5.55	1.67	1.02	0.30	0.00	0.00	8.55
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	NA	NA	NA	NA	NA	0.00	0.00	0.00	0.00
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	NA	NA	NA	NA	NA	0.04	0.04	0.04	0.12
Fabricación de equipo de transporte	0.02	NA	4.00	6.17	7.53	12.76	0.20	0.53	31.22
Fabricación de muebles, colchones y persianas	NA	NA	NA	NA	NA	0.02	0.01	0.01	0.04
Otras industrias manufactureras	NA	NA	NA	NA	NA	1.11	0.44	1.00	2.55
Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	0.00	0.72	7956.49	0.00	0.00	0.00	NA	NA	7957.21
Servicios relacionados con el transporte	0.00	NA	11.93	0.00	0.00	NA	NA	NA	11.93
Servicios de almacenamiento	0.00	NA	6.06	0.00	0.00	0.00	0.00	NA	6.06
Total de fuentes puntuales	0.30	0.72	8177.69	26.17	27.90	97.54	12.08	57.79	8400.19

Notas:

NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.
 Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

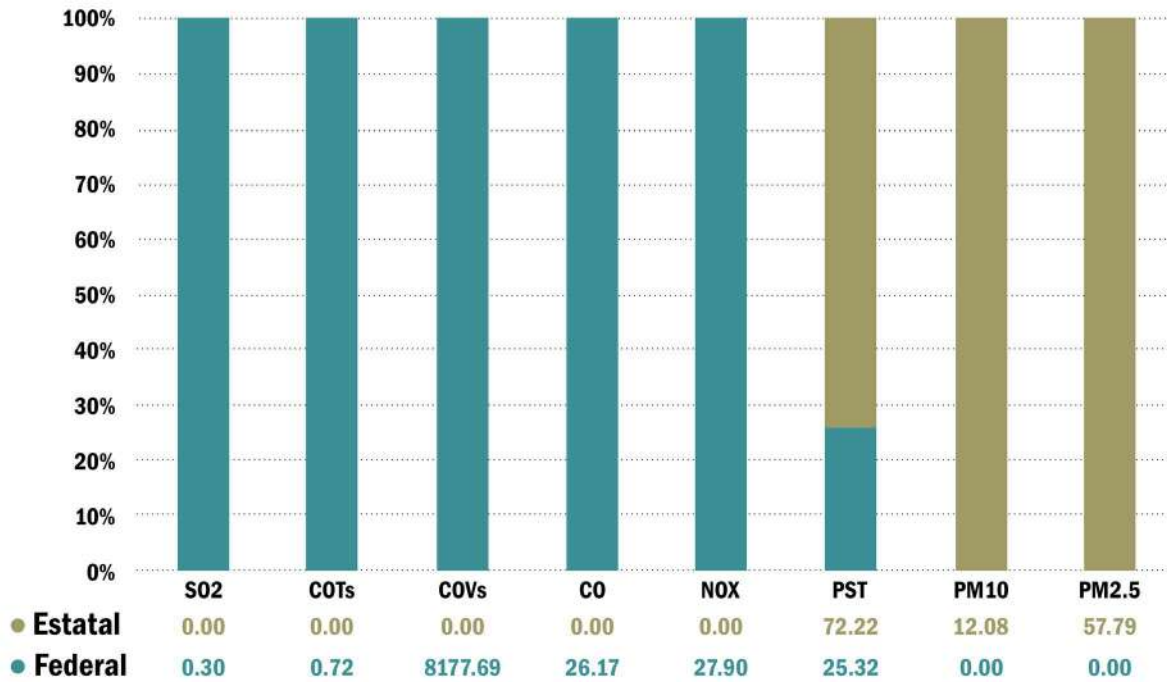


Figura 16. Emisiones de contaminantes criterio por fuentes puntuales de jurisdicción federal y estatal en León, 2022 (t/año).

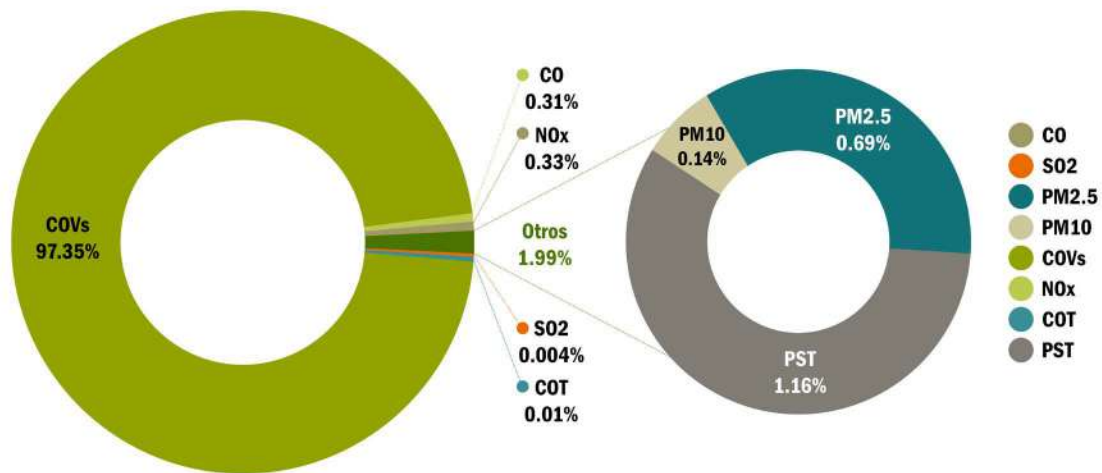


Figura 17. Distribución porcentual de las emisiones de contaminantes criterio por fuentes fijas en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

Fuentes Móviles

De acuerdo con los resultados de las emisiones obtenidas mediante el uso de MOVES-Mexico2023 para las fuentes móviles que circulan en el Municipio de León Guanajuato para el año 2022, se encontró que el tipo de vehículo que tuvo una mayor contribución de contaminantes criterio corresponde a la categoría de autos particulares que emplean gasolina como combustible,

sumando un total de 44,871 ton/año (33.6%); seguidos por los camiones de pasajeros que operan con gasolina, contabilizando un total de 34,695 t/año (26.0%), y en tercer lugar aparecen los camiones de carga que emplean diésel como combustible con un total de 24,540 t/año (18.4%) como se muestra en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Emisión de contaminantes para Fuentes Móviles en el Municipio de León, Guanajuato en el año 2022, (t/año).

Categoría	Combustible	CO	COVs	NO _x	PM10	PM2.5	SO ₂	HC	Total/vehículo	Porcentaje
Auto Pasajeros	Gasolina	32645	1869	8958	301	257	20	821	44871	33.6
	Diésel	7	0	0	0	0	0	0	7	0.0
Camión Pasajeros	Gasolina	27157	42	6043	141	123	22	1167	34695	26.0
	Diésel	312	0	40	15	14	0	108	489	0.4
Motocicleta	Gasolina	12614	872	400	6	6	1	622	14521	10.9
Metrobús	Diésel	659	673	393	127	116	6	516	2490	1.9
Autobús Convencional (Transit Bus)	Gasolina	977	100	148	0	0	0	102	1327	1.0
	Diésel	1372	1143	635	137	124	2	919	4332	3.2
Camión de carga	Gasolina	609	46	77	0	0	0	50	782	0.6
	Diésel	7656	6608	3403	850	777	45	5201	24540	18.4
Transporte Público	Gasolina	1039	100	145	0	0	0	102	1386	1.0
	Diésel	1355	1158	481	110	103	3	917	4127	3.1

Notas:

Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

*Para la cuantificación de los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) solo se consideran los valores de NO_x. Los NO_x por definición se refieren a la suma de NO y NO₂.

Se observa en la **Tabla 7** que de acuerdo con el tipo de combustibles con los que operaron las fuentes móviles en el Municipio de León, las mayores proporciones de contaminantes como los COVs, las PM10, PM2.5, HC y SO₂, están asociados al uso de Diésel, mientras que el uso de gasolina tuvo una mayor contribución para el CO y los NO_x como se observa en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Emisión de contaminantes para Fuentes Móviles por tipo de combustible en el Municipio de León de los Aldama, Guanajuato en el año 2022, (t/año).

COMBUSTIBLE	CO	COV's	NO	NO ₂	NO _x	PM10	PM2.5	SO ₂	HC
GASOLINA (t/año)	75,041	3,029	13,311	2,460	15,771	448	386	43	2,864
DIÉSEL (t/año)	11,361	9,582	3,338	1,614	4,952	1,239	1,134	56	7,661
TOTAL (t/año)	86,402	12,611	16,649	4,074	20,723	1,687	1,520	99	10,525
PORCENTAJE %	64.7	9.4	NA	NA	15.5	1.3	1.1	0.1	7.9

Notas:

Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

NA. Debido a que NO_x= NO+NO₂

Con respecto a la razón de NO-NO₂ que se emiten por las diferentes categorías de fuentes móviles, se observa en la **Figura 18** que debido a que las emisiones corresponden a emisiones “frescas”, es decir, recién emitidas por los escapes de los vehículos, la proporción de NO en todas las categorías de vehiculares es la mayor. Sin embargo, los autos de pasajeros, camiones de pasajeros y camiones de carga mostraron las emisiones más altas de NO₂, recordando que esta especie es un precursor de la formación de ozono troposférico.

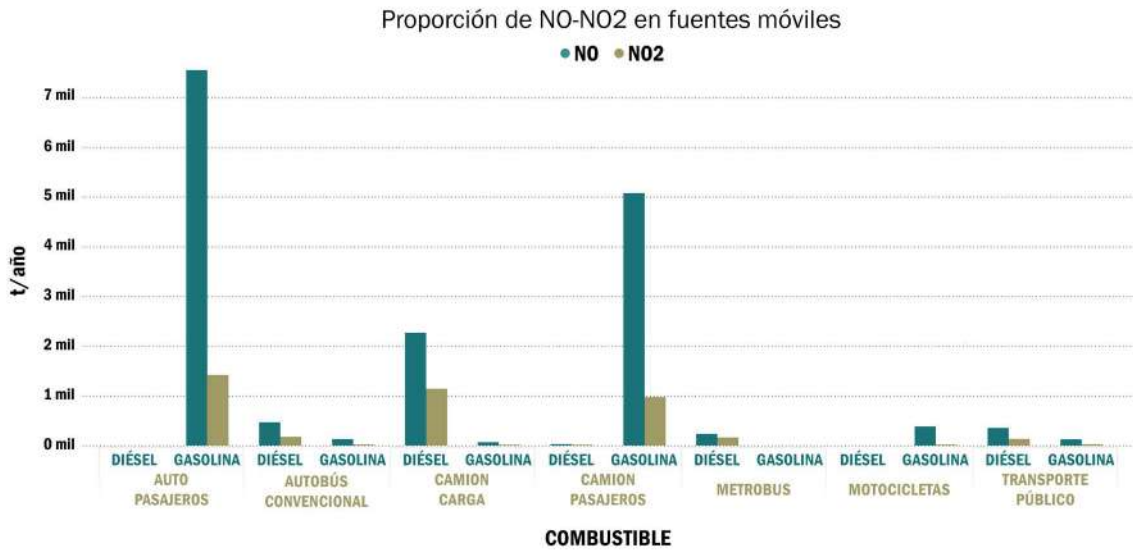


Figura 18. Proporción de NO y NO₂ emitidas por las fuentes móviles en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

Considerando el total de contaminantes que es emitido por las fuentes móviles, se mencionan a continuación en orden decreciente: CO con un total de 86,402 t/año (64.69%); NO_x con un total de 20,723 ton/año (15.52%); y COVs con 12,611 (9.44%) t/año. Esta tendencia corresponde al patrón típico de emisiones que se han reportado para fuentes móviles terrestres en diferentes inventarios a nivel federal y local (**Figura 19**).

Es importante mencionar que el contaminante criterio que fue emitido en menor proporción corresponde al SO₂ con 99 ton/año (0.07%), lo que permite asumir que el tipo de combustible que se usa y comercializa en el Municipio tiene un contenido de azufre bajo.

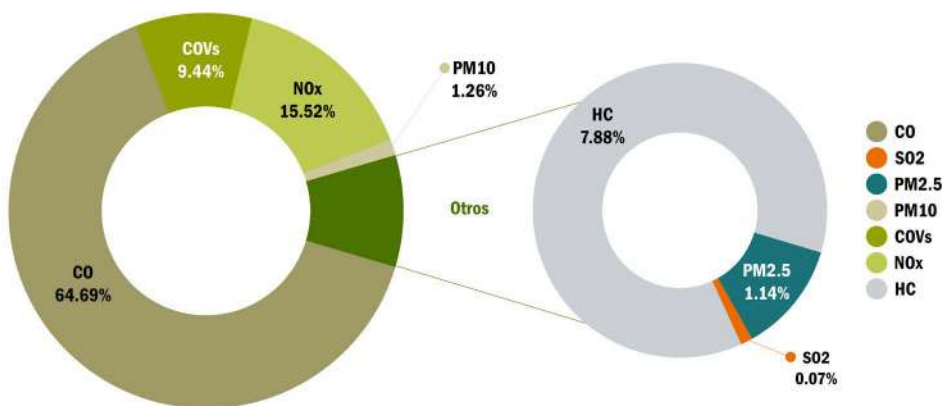


Figura 19. Emisión de contaminantes criterio para Fuentes Móviles en el Municipio León, Guanajuato en año base 2022

Fuentes de Área

En la categoría de **fuentes de área** se consideran diferentes actividades por lo que se utilizaron metodologías y herramientas diferentes para su estimación, encontrando que las mayores contribuciones se debieron a fuentes miscelaneas (incendios en estructuras, incendios forestales, quemas controladas, emisiones domésticas, vialidades pavimentadas y no pavimentadas, y asados al carbón) teniendo un aporte de 27,295.37 t/año (31.8%), seguido de la categoría de Hidrocarburos No Quemados con un total

de 23,222.33 t/año (27.05%), seguidos del uso de solventes y productos que lo contienen con 16,197.59 t/año (18.87%), agricultura con 13,857.83 t/año (16.14%), mientras que las categorías como actividades de la construcción, distribución-fugas-almacenamiento-de-combustibles, ganadería, fuentes industriales-comerciales, y manejo de residuos urbanos de manera conjunta contabilizaron un total de 6.14%, como se observa en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Emisiones totales de contaminantes por categoría para fuentes de área en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

Categoría	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COVs	Total por actividad	%
1. Combustión e Hidrocarburos no quemados (HCNQ)	743.83	716.28	62.38	12421.42	720.32	4289.97	4268.13	23,222.33	27.05
2. Uso de solventes y productos que lo contienen	NA	NA	NA	NA	NA	9287.78	6909.81	16,197.59	18.87
3. Distribución, fugas y almacenamiento de combustibles	NA	NA	NA	NA	NA	1140.14	NA	1,140.14	1.33
4. Fuentes industriales y comerciales	NA	NA	NA	NA	NA	4.50	NA	4.50	0.01
5. Manejo de residuos urbanos	0.44	0.42	0.03	4.45	0.16	NA	NA	5.49	0.01
6. Fuentes misceláneas	18116.82	8906.91	1.39	219.54	38.95	6.58	5.19	27,295.37	31.80
7. Agricultura	921.85	818.28	0.00	6288.53	173.44	2624.52	3031.21	13,857.83	16.14
8. Ganadería	24.92	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.81	0.03
9. Actividades de la construcción	2149.92	1934.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,084.85	4.76
Total por contaminante	21957.78	12379.71	63.79	18933.94	932.86	17353.49	14214.34	85835.91	100
%	25.58	14.42	0.07	22.06	1.09	20.22	16.56	100.00	

Notas:

NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.
 Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

De acuerdo con la subcategoría para las **fuentes de área**, se observa que dentro de las fuentes misceláneas, las emisiones domésticas alcanzaron 25,511.50 t/año encabezando, de forma similar la combustión tuvo 23,222.33 t/año misma que corresponde a Combustión e Hidrocarburos no quemados; mientras que las emisiones per cápita en el uso de solventes y productos que lo contiene se estimó en 15,344.63 t/año; siendo estas tres subcategorías las responsables de aproximadamente el 74% de las emisiones asociadas a fuentes de área.

Tabla 9. Emisiones totales de contaminantes por actividad para fuentes de área, Municipio León, Guanajuato en año base 2022, (t/año).

Categoría / subcategoría		PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COVs	Total por actividad
1. Combustión e Hidrocarburos no quemados (HCNQ)	1.1. Combustión	743.83	716.28	62.38	12421.42	720.32	4289.97	4268.13	23,222.33
2. Uso de solventes y productos que lo contienen	2.1. Estimación de emisiones per cápita	NA	NA	NA	NA	NA	9081.13	6263.50	15,344.63
	2.2. Estimación de emisiones por establecimiento	NA	NA	NA	NA	NA	NA	403.38	403.38
		NA	NA	NA	NA	NA	206.65	209.16	415.81
3. Distribución, fugas y almacenamiento de combustibles	3.1. Almacenamiento, distribución y venta de gasolina y diésel	NA	NA	NA	NA	NA	3.62	NA	3.62
		NA	NA	NA	NA	NA	356.93	NA	356.93
		NA	NA	NA	NA	NA	62.06	NA	62.06
		NA	NA	NA	NA	NA	676.16	NA	676.16
4. Fuentes industriales y comerciales	4.1. Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	4.49	NA	4.49
	4.2. Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	0.01	NA	0.01
5. Manejo de residuos urbanos	5.3. Quema de residuos a cielo abierto	0.44	0.42	0.03	4.45	0.16	NA	NA	5.49
6. Fuentes misceláneas	6.1. Incendios en estructuras	1.04	0.97	NA	16.42	0.39	1.36	0.95	21.14
	6.2. Incendios forestales	2.10	1.91	0.20	21.17	0.62	1.81	0.83	28.65
	6.3. Quemadas controladas	409.74	91.04	NA	NA	NA	NA	NA	500.78
	6.4. Emisiones domésticas	16800.25	8711.24	NA	NA	NA	NA	NA	25,511.50
	6.5. Vialidades pavimentadas	9.20	2.23	NA	NA	NA	NA	NA	11.43
	6.6. Vialidades no pavimentadas	865.60	87.05	NA	NA	NA	NA	NA	952.65
	6.7. Asados al carbón	28.89	12.47	1.18	181.94	37.94	3.41	3.41	269.23
7. Agricultura	7.1. Aplicación de Plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NA	2624.52	2624.52	5,249.04
	7.2. Quemadas agrícolas	794.17	789.91	NA	6288.53	173.44	NA	406.69	8,452.74
	7.3. Labranza agrícola	127.68	28.37	NA	NA	NA	NA	NA	156.05
8. Ganadería	8.1. Corrales de engorda	24.92	2.90	NA	NA	NA	NA	NA	27.81
9. Construcción	9.1. Emisiones fugitivas, por manejo de materiales y movimiento de la tierra	2149.92	1934.93	NA	NA	NA	NA	NA	4,084.85
TOTAL		21957.78	12379.71	63.79	18933.94	932.86	17353.49	14214.34	85,835.91

Notas:
 NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.
 Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

Con respecto al perfil de contaminantes que se emitieron por las fuentes de área, las PM10 registraron un total de 25.58% siendo el contaminante con mayor presencia, seguido del CO que corresponde a 22.06%, y las PM2.5 con 14.42%; por su parte, los COT, COVs y NO_x juntos acumularon un 37.87% de las emisiones totales de las fuentes de área.

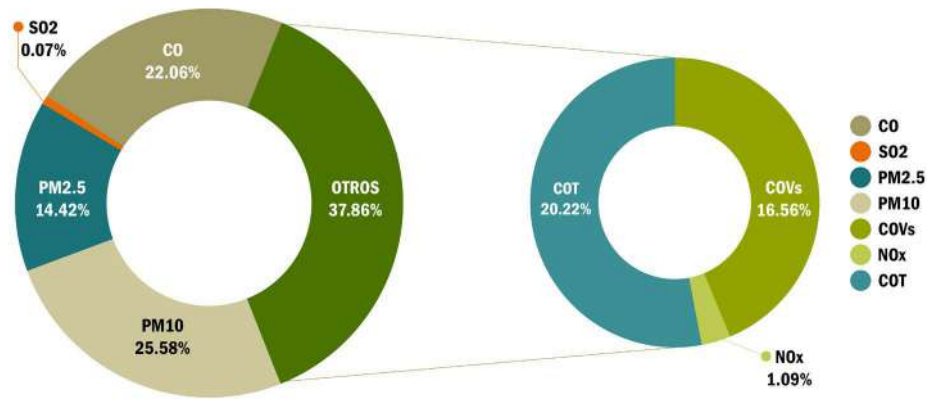


Figura 20. Perfil de contaminantes emitidos por fuentes de área en el Municipio de León, Guanajuato en año base 2022.

Dentro de las categorías de **fuentes de área** se observa que cada una de ellas está asociada a la emisión de uno o varios contaminantes característicos como se observa en la **Figura 21**, en donde la Combustión e Hidrocarburos no Quemados se asocia con la emisión de CO, NO_x, COT, COVs, PM2.5 y PM10; por su parte la Distribución, Fugas y Almacenamiento de Combustibles se asocia principalmente a la emisión de COT.

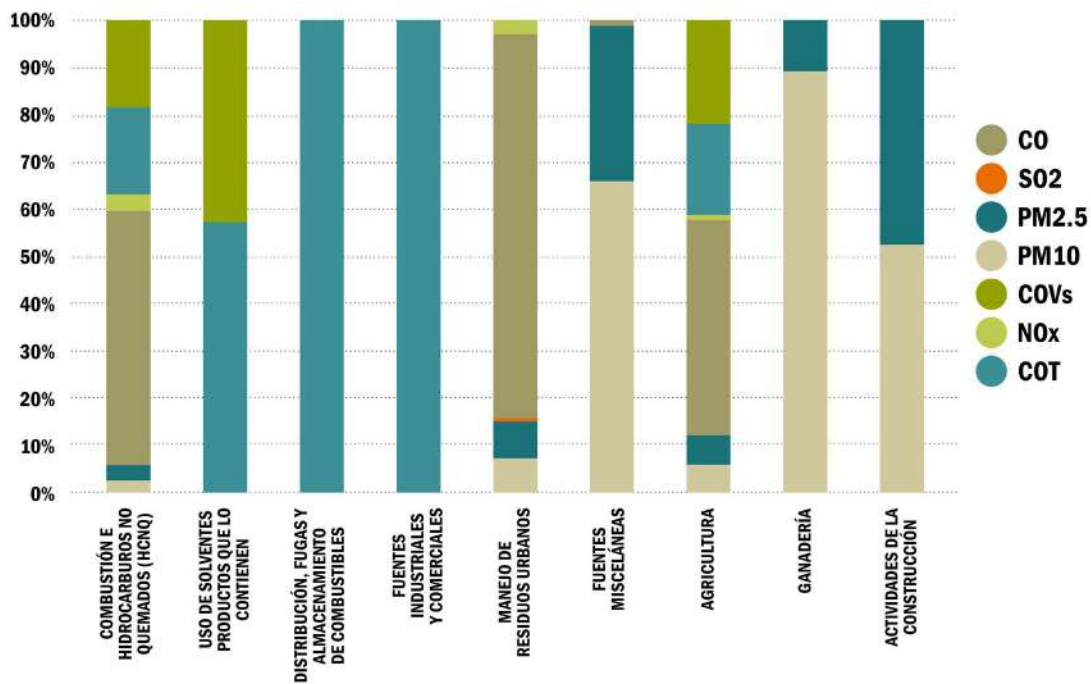


Figura 21. Distribución de contaminantes criterio emitidos por categoría para fuentes de área en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

Fuentes Naturales

Las emisiones de contaminantes estimadas para **fuentes naturales** pueden observarse en la Tabla 10, como se muestra en dicha tabla la mayor contribución está asociada a los PST, que aportan un total de 2,068.69 t/año (36.34%), seguidas de los COVs con un total de 1,623.78 t/año (28.53%), PM10 con 1,034.34 t/año (18.17%), NO₂ con 446.21 t/año (7.84%), NO con 291.64 t/año (5.12%) y, finalmente PM2.5 con 227.56 t/año (4.00%), **Figura 22.**

En lo referente a la distribución por categoría, la de emisión por erosión eólica contribuye con 3,330.59

t/año de contaminantes, lo que representa el 58.5% de las emisiones de contaminantes por fuentes naturales, de los cuales se emiten 2,068.69 t/año (62.1%) de PST, 1,034.34 t/año (31%) de PM10 y 227.56 t/año (6.8%) de PM2.5. Por su parte, las emisiones biogénicas tienen una contribución de 2,361.63 t/año, que representan el 41.5% del total de emisiones por fuentes naturales estimadas; y cuya distribución está constituida por 1,623.78 t/año (68.8%) de COVs, 446.21 t/año (18.9%) de NO₂, y 291.64 t/año (12.3%) de NO.

Tabla 10. Emisiones de contaminantes criterio por fuentes naturales por categorías de estimación (t/año), en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

Categoría	PM10	PM2.5	NO	COVs	NO ₂	PST	Total por categoría
Estimación de emisión por erosión	1034.34	227.56	NA	NA	NA	2068.69	3330.59
Estimación de emisión biogénicas	NA	NA	291.64	1623.78	446.21	NA	2361.63
Total de fuentes naturales	1034.34	227.56	291.64	1623.78	446.21	2068.69	5692.22

Notas:

NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.
 Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

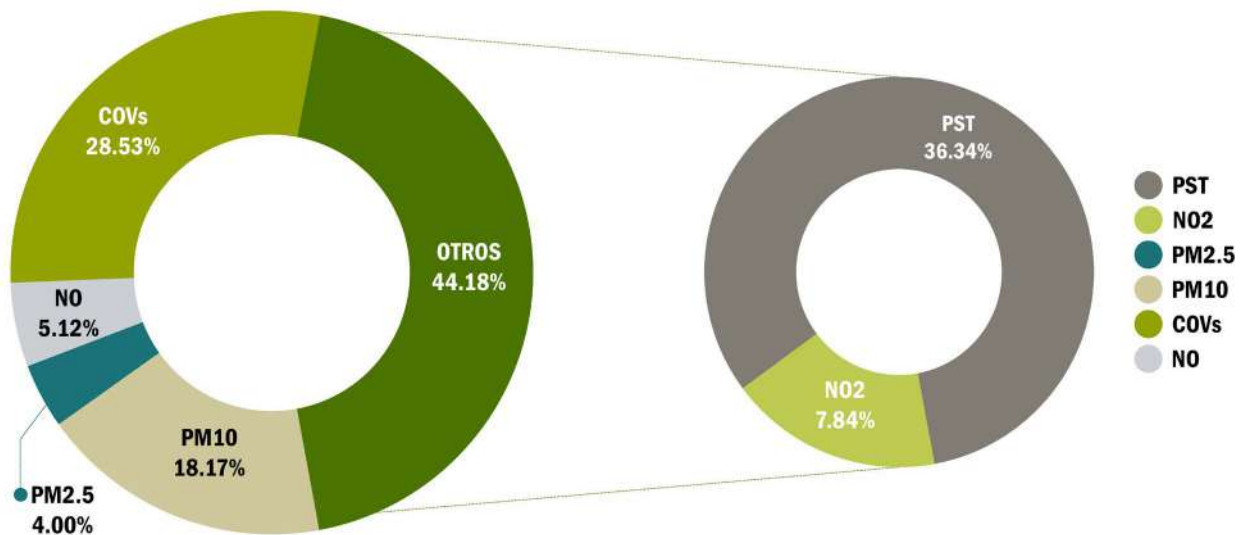


Figura 22. Distribución porcentual de contaminantes criterio por fuentes naturales en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

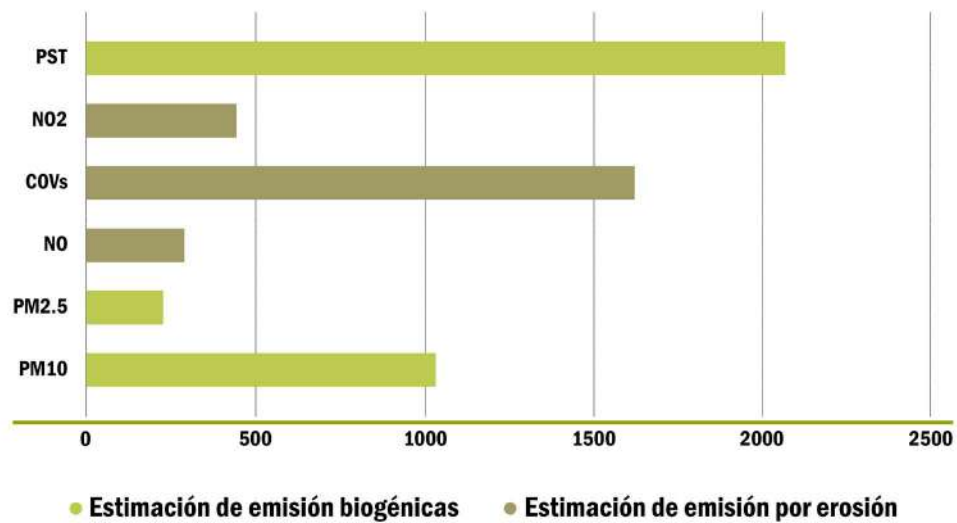


Figura 23. Emisión de contaminantes criterio por fuentes naturales por categoría de emisión, en el Municipio de León, Guanajuato en el año base 2022, (t/año).

ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE ACUERDO CON EL TIPO DE CONTAMINANTE

En la siguiente sección se muestran los resultados del **inventario de emisiones por contaminante**, para el caso de los contaminantes: SO₂, CO, NO_x, PM10, PM2.5 y COVs. Esta manera de mostrar la información es importante pues permite identificar la contribución de cada fuente a la emisión de un contaminante en específico (**Tabla 11**), lo que facilita el análisis de sus impactos, así como, el diseño de medidas y evaluación para el control de cada uno.

Tabla 11. Emisiones totales de contaminantes criterio por tipo de fuente en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022, (t/año).

Categoría	PST	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COVs	HC
Fuentes Fijas	97.54	12.08	57.79	0.30	26.17	27.90	0.72	8177.69	NA
Fuentes Móviles	NA	1687.00	1520.00	99.00	86402.00	20723.00	NA	12611.00	10525.00
Fuentes área	NA	21957.78	12379.71	63.79	18933.94	932.86	17353.49	14214.34	NA
Fuentes naturales	2068.69	1034.34	227.56	NA	NA	737.85	NA	1623.78	NA
Total	2166.23	24691.20	14185.06	163.09	105362.11	22421.62	17354.21	36626.80	10525.00
%	0.93	10.57	6.08	0.07	45.12	9.60	7.43	15.69	4.51

Notas:

NA: no aplica, la categoría no emite el contaminante referido.
 Los totales pueden variar debido al redondeo de cifras.

SO₂

Las emisiones de SO₂ están asociados al uso de combustibles fósiles, tanto por vehículos como por actividades productivas o domésticas. En el inventario, este contaminante tiene su mayor contribución por las fuentes móviles que aportan 99 t/año (61.70%), seguido de las fuentes de área con 63.79 t/año (39.11%) y las fuentes fijas que contribuyen con 0.3 t/año (0.18%); mientras que las fuentes naturales no contribuyen a esta categoría. (**Figura 24**). Es importante señalar que este contaminante dentro del inventario fue aquel que tuvo la menor contribución del total de todas la fuentes con 163.09 t/año.

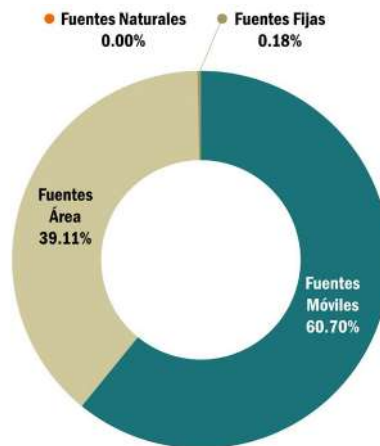


Figura 24. Emisiones totales de SO₂ por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

CO

En el caso del CO, al igual que el SO₂ está asociado principalmente a los procesos de combustión, en el Municipio de León este presenta su mayor contribución por las fuentes móviles las cuales aporta 86,402 t/año (82%), seguido por las fuentes de área con 18,933.94 t/año (17.97%) y por ultimo las fuentes fijas que contribuyen con 26.17 t/año (0.02%); mientras que las fuentes naturales no contribuyen a esta categoría. **(Figura 25)**. Es importante recordar que este contaminante a nivel Municipal fue el que tuvo la mayor contribución en dentro de la emisiones globales por tipo de fuente con un total de 105,362.11 t/año.

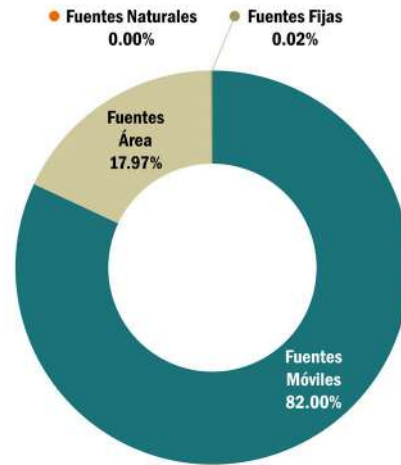


Figura 25. Emisiones totales de CO por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

NO_x

Por su parte, el contaminante NO_x también está asociado al proceso de combustión de fósiles, por lo que su contribución por fuente es similar a la de los contaminantes previos. En el presente inventario, este contaminante tiene su mayor contribución por las fuentes móviles que aportan 20,723 t/año (92.42%), seguido por las fuentes de área con 932.86 t/año (4.16%), las fuentes naturales contribuyen con 737.85 t/año (3.29%), y finalmente las fuentes fijas contribuyen 27.9 t/año (0.12%), **(Figura 26)**.

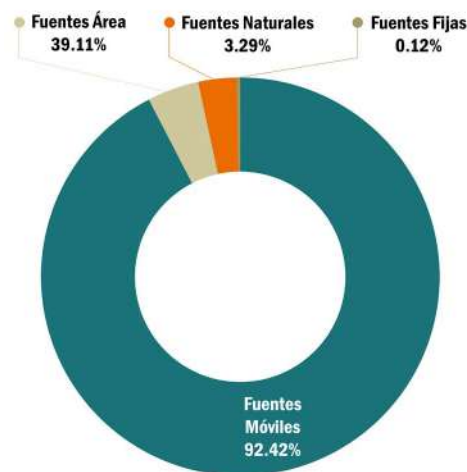


Figura 26. Emisiones totales de NO_x por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

HC

La emisión de HC, se asocia a la quema de combustibles fósiles. En este caso, el grupo de compuestos que conforman a los HC solo se encuentran presentes en las emisiones de las fuentes móviles con una contribución de 10,525 t/año.

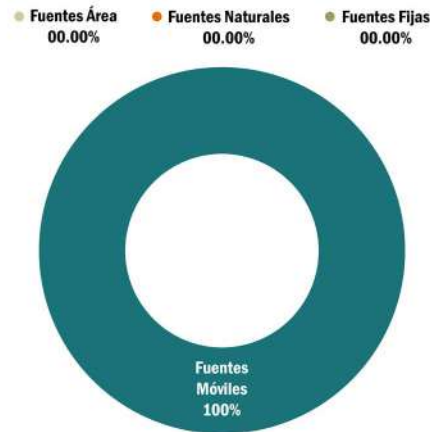


Figura 27. Emisiones totales de HC por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

PM10

La emisión de partículas PM10 está asociada con diversos procesos entre los que destacan la erosión de suelos, resuspensión de polvos en caminos sin cubierta vegetal o sin pavimentar, así como por el uso de combustibles. En este caso, las PM10 tienen su mayor contribución por las fuentes de área que aportan 21,957.78 t/año (88.93%), seguido por las fuentes móviles con 1,687 t/año (6.83%), las fuentes naturales que contribuyen con 1,034.34 t/año (4.19%), por último, las fuentes fijas que contribuyen con 12.08 t/año (0.05%), (Figura 28).

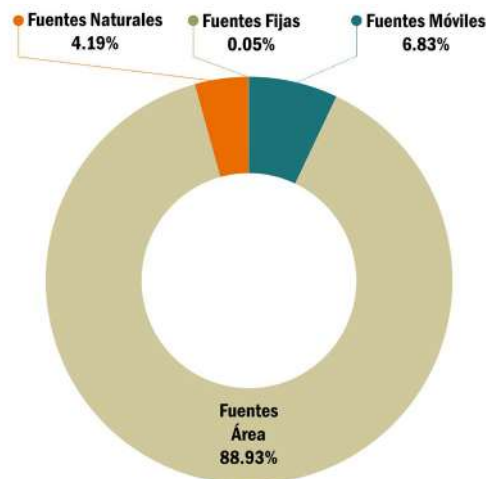


Figura 28. Emisiones totales de PM10 por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

PM2.5

Las partículas PM2.5, al igual que las PM10 están asociadas al uso de combustibles fósiles, así como a los procesos de erosión y resuspensión de polvos en caminos sin cobertura vegetal o sin pavimentar. En este caso, las PM2.5 tienen su mayor aporte por las fuentes de área con 12,379.71 t/año (87.27%), las siguen las fuentes móviles con 1,520 t/año (10.72%), las fuentes naturales que contribuyen con 227.56 t/año (1.60%); y, por último, las fuentes fijas que contribuyen con 57.79 t/año (0.41%), **(Figura 29)**.

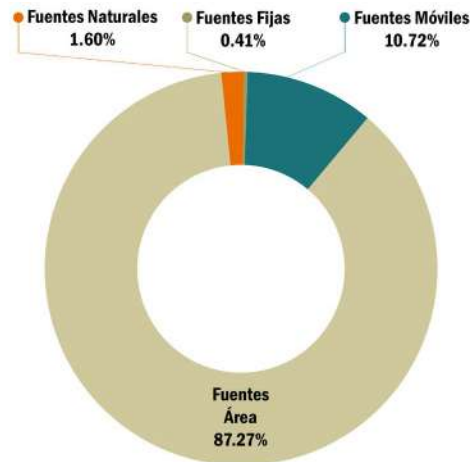


Figura 29. Emisiones totales de PM2.5 por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

PST

Las emisiones de PST son asociadas a los procesos de erosión y resuspensión de polvos, así como en caminos sin cobertura vegetal o sin pavimentar, y en menor proporción al uso de combustibles fósiles. Las PST tienen su mayor contribución por las fuentes naturales con 2,068.69 t/año (95.50%) y las fuentes fijas que aportan 97.54 t/año (4.50%); mientras las fuentes móviles y área no presentan una contribución sobre esta categoría, **(Figura 30)**.

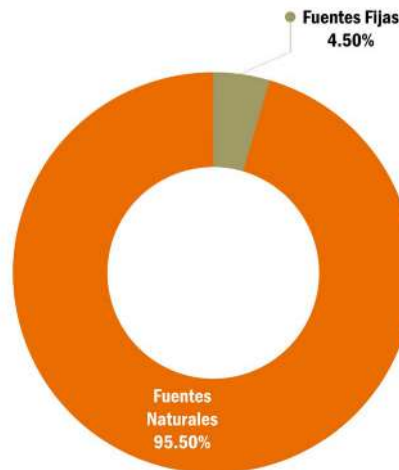


Figura 30. Emisiones totales de PST por tipo de fuente en el Municipio de León, Guanajuato, año base 2022.

COVs

Las emisiones de COVs provienen tanto de fuentes naturales como humanas, asociadas al uso de combustibles fósiles, solventes, procesos de emisión natural, entre otros. En este inventario, este contaminante tiene su mayor contribución por las fuentes de área que aportan 14,214.34 t/año (38.81%), seguido de las fuentes móviles con 12,611 t/año (34.43%), las fuentes fijas que contribuyen con 8,117.69 t/año (22.33%); y las fuentes naturales que emiten 1,623.78 t/año (4.43%), **(Figura 31)**.

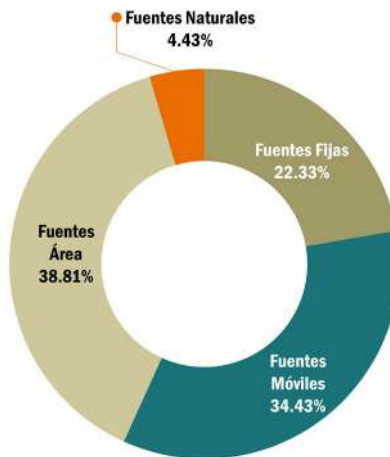


Figura 31. Emisiones totales de COVs por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

COT

Las emisiones de COT, al igual que los COVs provienen tanto de fuentes humanas, asociadas al uso de combustibles fósiles, solventes, entre otros. Este contaminante tiene su mayor contribución por las fuentes de área que aportan 17,353.49 t/año (99.996%), seguido de las fuentes fijas con 0.72 t/año (0.004%); mientras las fuentes móviles y naturales no contribuyen a esta categoría, **(Figura 32)**.

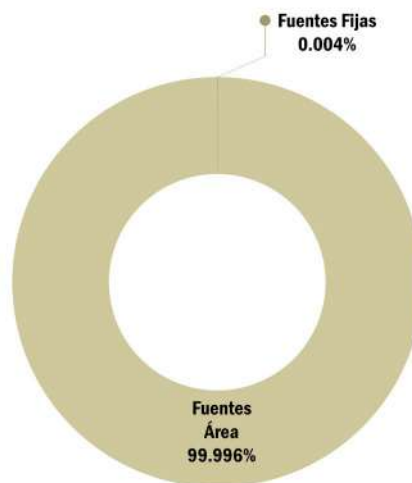


Figura 32. Emisiones totales de COT por tipo de fuente en el Municipio León, Guanajuato, año base 2022.

MEDICIONES DOAS EN CAMPO PARA NO₂ Y SO₂

Mediciones DOAS de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en la zona metropolitana de León, Guanajuato

Resumen

Durante la campaña de medición realizada entre el 18 y 24 de marzo y el 23 y 24 de Julio de 2024 en la Zona Metropolitana de León (ZML) se identificaron las siguientes fuentes de interés: el circuito entero de la ZML, Tenerías, Presa Blanca, El Refugio, Valladolid, Zona Centro, Puerto Interior-Aeropuerto, Sector Industrial Sureste y Sector Industrial Suroeste. Adicionalmente, se identificaron diferentes vialidades importantes en la ZML. Se utilizó la técnica de medición de Espectroscopía Óptica de Absorción Diferencial (DOAS, por sus siglas en inglés) para la cuantificación de flujos de emisión, así como para determinar la distribución espacial de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂). Los resultados obtenidos indican que, durante la campaña de medición, el circuito entero de la ZML emitió 8.89756 toneladas por día de NO₂, las tenerías emitieron 0.33426 toneladas por día de NO₂, Presa Blanca emitió 0.54171 toneladas por día de NO₂, El Refugio emitió 0.51071 toneladas por día de NO₂, Valladolid emitió 0.23208 toneladas por día de NO₂, la Zona Centro emitió 0.91210 toneladas por día de NO₂, el circuito Puerto Interior-Aeropuerto (en Silao) emitió 4.17435 toneladas por día de NO₂, el Sector Industrial Sureste emitió 3.16639 toneladas por día de NO₂ y el Sector Industrial Suroeste emitió 0.78890 toneladas por día de NO₂. Adicionalmente se realizaron transectos de NO₂, así como de SO₂ recorriendo diferentes vialidades de la ZML.

Resultados

En total se realizaron 90 mediciones DOAS (45 enfocadas a NO₂ y 45 a SO₂). Debido a la diferencia de gradientes espaciales, solamente se pudieron cuantificar emisiones de NO₂. Para SO₂ únicamente se logró determinar la distribución espacial. **Tabla 12.** Resumen de mediciones en cada sitio presenta un resumen de los sitios de medición, los flujos de emisión (en kilogramos por segundo -kg/s- y toneladas por día -ton/día), así como el número de mediciones en cada sitio para el caso de NO₂. Para el caso de SO₂ el número de mediciones son iguales a las de NO₂.

Sitio	Flujo NO ₂ (kg/s)	Flujo NO ₂ (ton/día)	Mediciones	Ejemplo de medición
Circuito ZML	0.10298	8.89756	9	Figura 33
Tenerías	0.00387	0.33426	3	Figura 34
Presa Blanca	0.00627	0.54171	1	Figura 35
El Refugio	0.00591	0.51071	3	Figura 36
Valladito	0.00269	0.23208	3	Figura 37
Centro	0.01056	0.91210	7	Figura 38
Puerto Interior – Aeropuerto	0.04831	4.17435	1	Figura 39
Sector Industrial Sureste	0.03665	3.16639	4	Figura 40
Sector Industrial Suroeste	0.00913	0.78890	3	Figura 41

Tabla 12. Resumen de mediciones en cada sitio.

La **Figura 33** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 18 de marzo de 2024 en la ZML entre las 13:23 y 15:01 hora local.

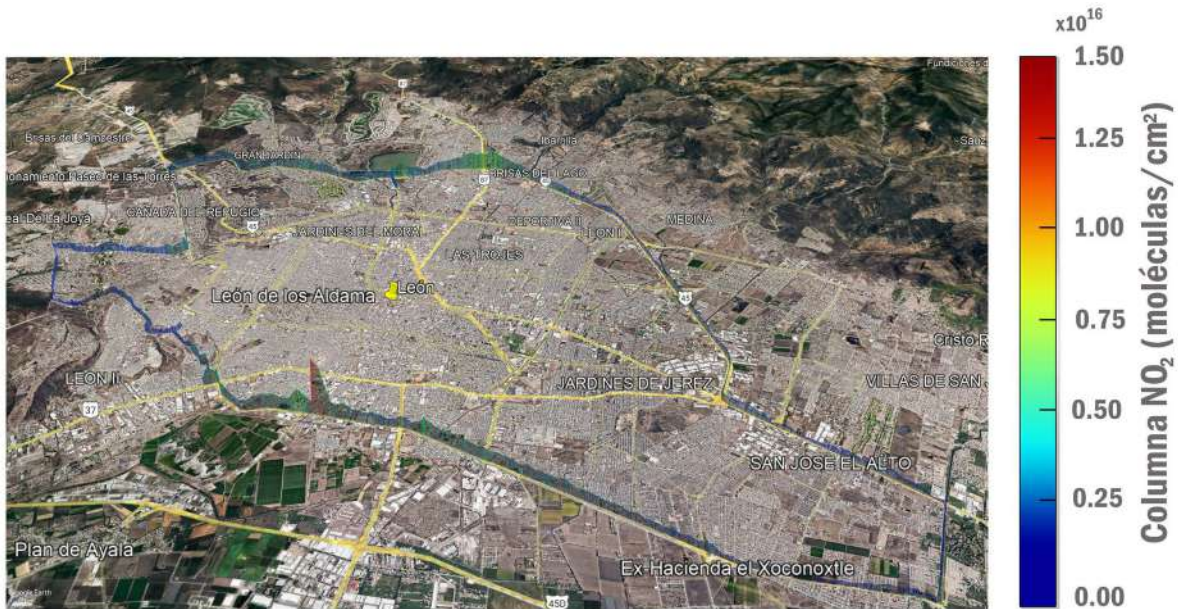


Figura 33. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 18 de marzo de 2024 circulando la ZML entre las 13:23 y 15:01 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 34** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 19 de marzo de 2024 en la Tenerías entre las 13:36 y 13:57 hora local.



Figura 34. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 19 de marzo de 2024 circulando la zona de las Tenerías entre las 13:36 y 13:57 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 35** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 19 de marzo de 2024 alrededor de Presa Blanca entre las 14:31 y 14:57 hora local.



Figura 35. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 19 de marzo de 2024 circulando alrededor de Presa Blanca entre las 14:31 y 14:57 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 36** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 alrededor de El Refugio entre las 10:40 y 10:53 hora local.



Figura 36. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 circulando alrededor de El Refugio entre las 10:40 y 10:53 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 37** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 alrededor de Valladolid entre las 12:38 y 12:56 hora local.



Figura 37. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 circulando alrededor de Valladolid entre las 12:38 y 12:56 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 38** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 alrededor de la Zona Centro entre las 14:55 y 15:23 hora local.

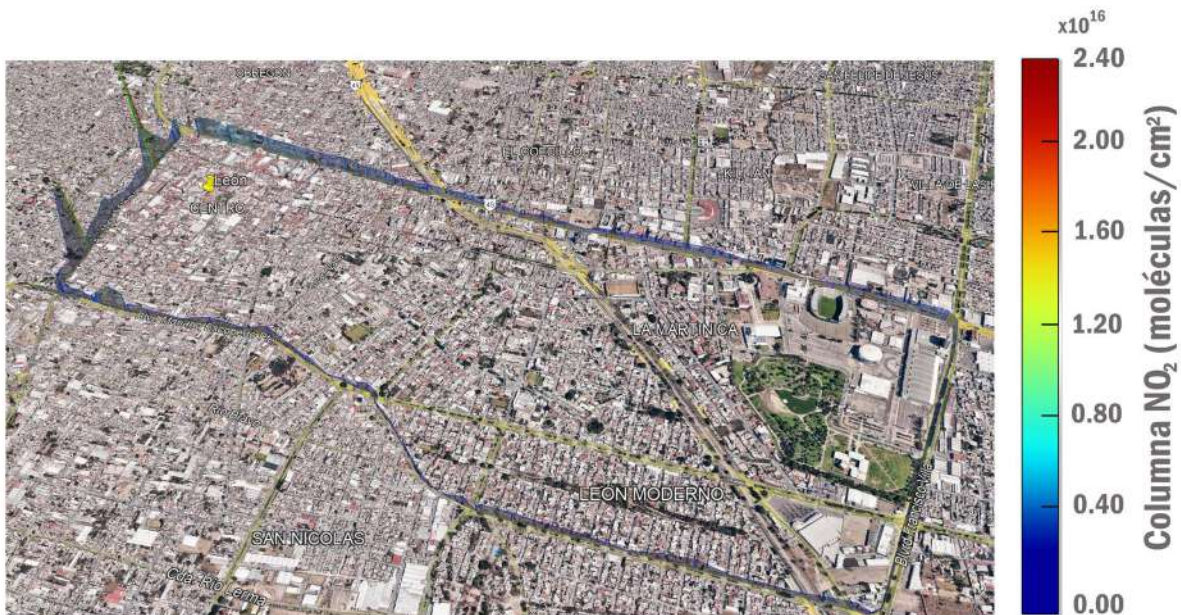


Figura 38. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 20 de marzo de 2024 circulando alrededor de la Zona Centro entre las 14:55 y 15:23 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 39** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 23 de marzo de 2024 alrededor de la Zona de Puerto Interior – Aeropuerto (en Silao) entre las 11:46 y 12:26 hora local.

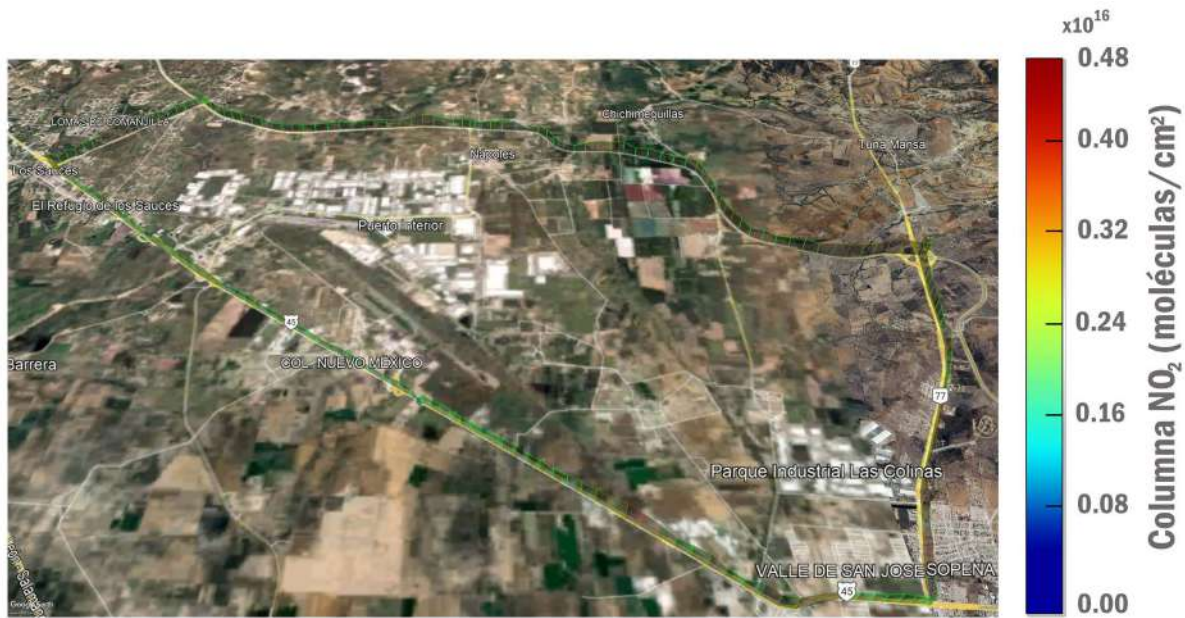


Figura 39. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 23 de marzo de 2024 circulando alrededor de la Zona de Puerto Interior-Aeropuerto (en Silao) entre las 11:46 y 12:26 hora local. El rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 40** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 23 de julio de 2024 alrededor del Sector Industrial Sureste entre las 13:01 y 13:41 hora local.

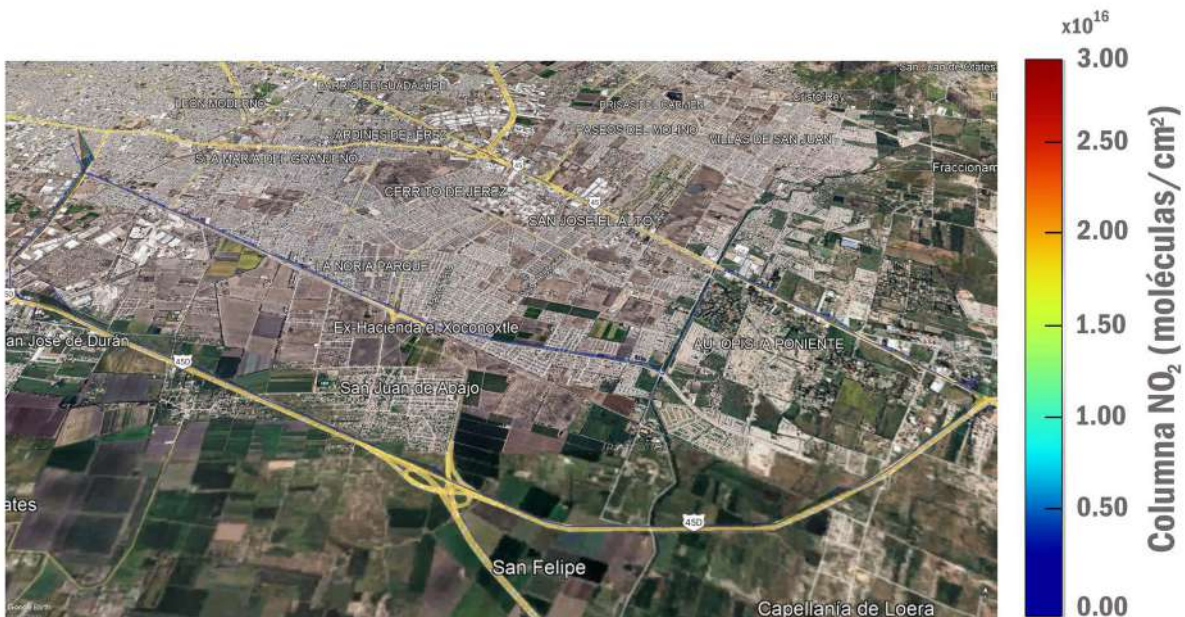


Figura 40. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 23 de julio de 2024 circulando alrededor del Sector Industrial Sureste entre las 13:01 y 13:41 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 41** muestra un ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 24 de julio de 2024 alrededor del Sector Industrial Suroeste entre las 12:39 y 13:34 hora local.

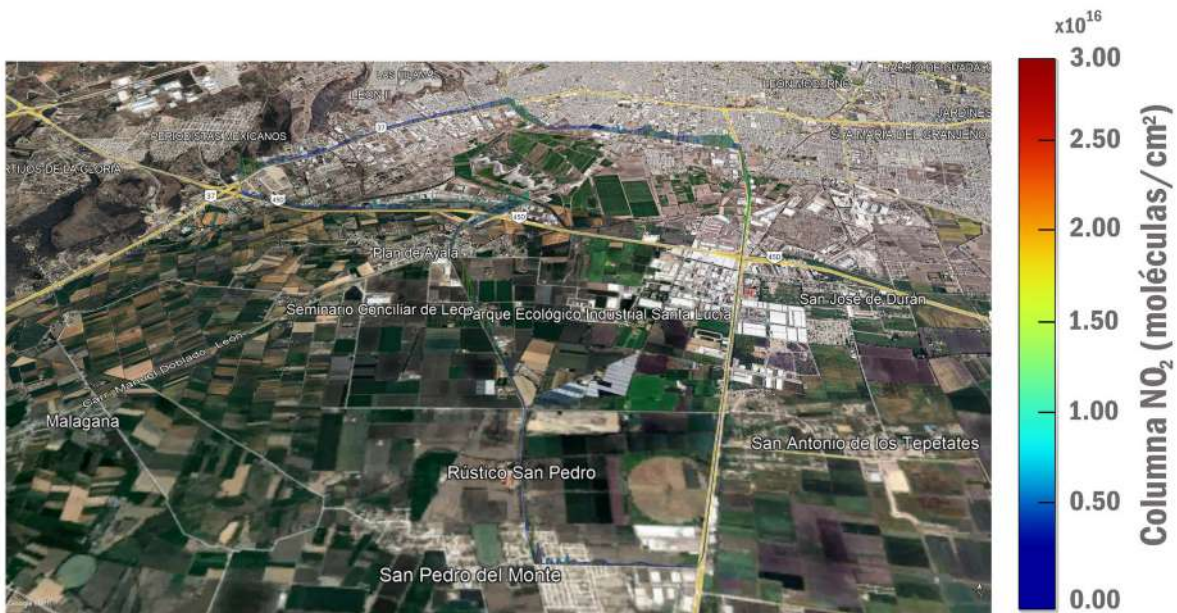


Figura 41. Ejemplo de una medición de NO_2 llevada a cabo el 24 de julio de 2024 circulando alrededor del Sector Industrial Suroeste entre las 12:39 y 13:34 hora local. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores

La **Figura 42** muestra las trayectorias/transectos de NO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo de 2024 en diferentes vialidades de la Zona Metropolitana de León (ZML).

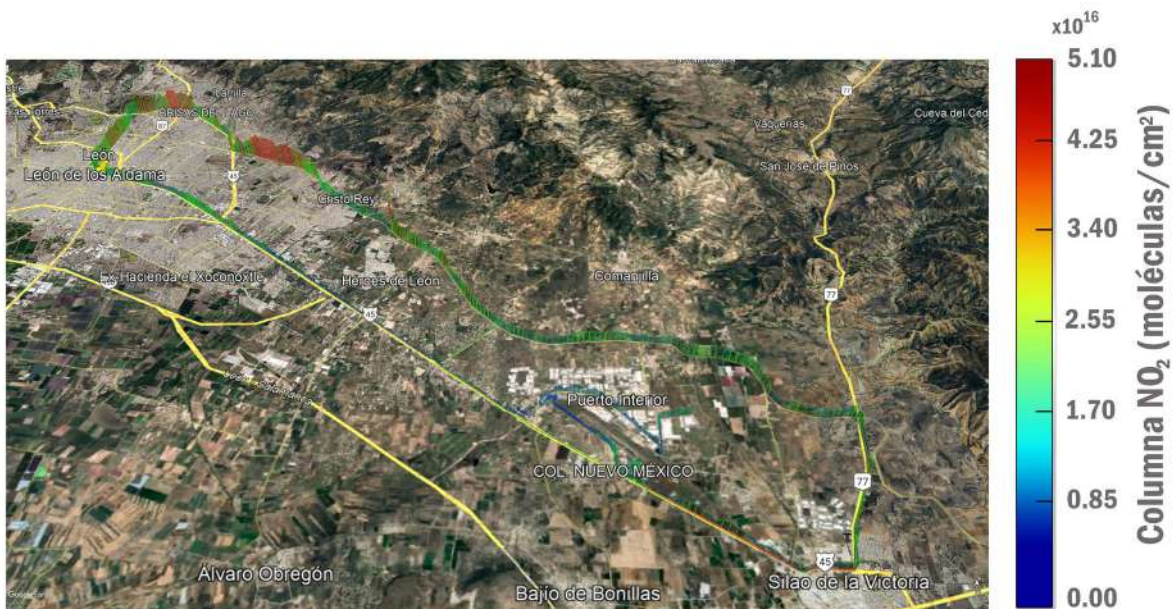


Figura 42. Trayectorias/transectos de NO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo de 2024 en diferentes vialidades de la Zona Metropolitana de León (ZML). El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

La **Figura 43** muestra el resumen de las mediciones de NO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo y el 23 y 24 de julio de 2024 en la Zona Metropolitana de León (ZML), lo cual incluye cuantificación de emisiones en diversas áreas, así como mediciones en diferentes vialidades.

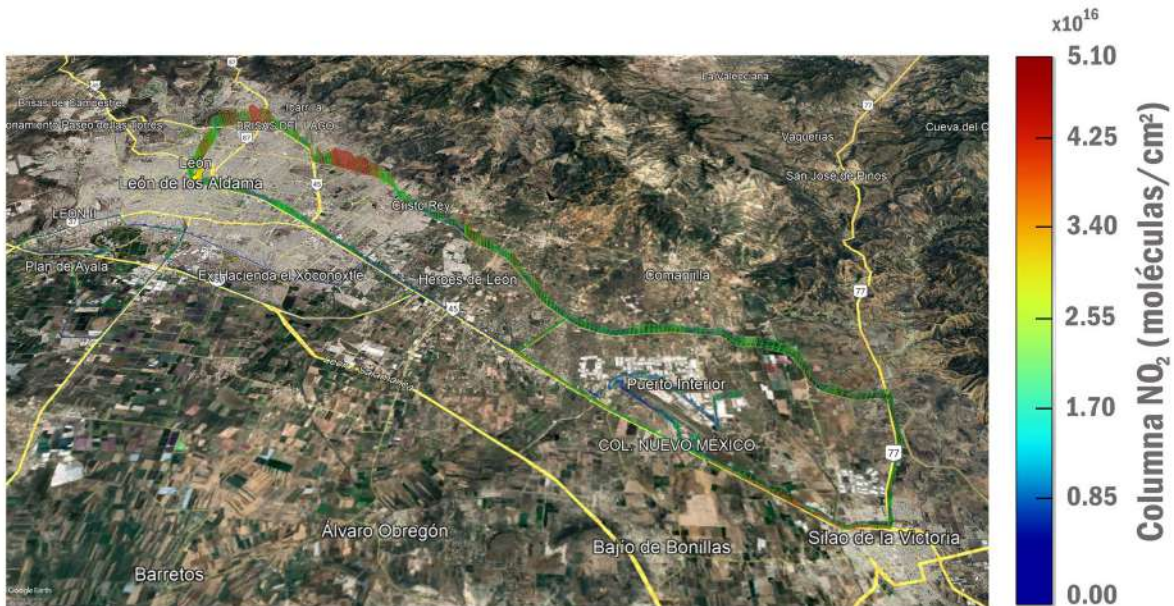


Figura 43. Resumen de mediciones de NO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo de 2024 en la Zona Metropolitana de León (ZML). Incluye las diversas áreas en donde se cuantificaron emisiones, así como mediciones en diferentes vialidades. El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de NO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

En cuanto a SO_2 , debido a que no se encontró un gradiente específico que mostrara diferencias entre diferentes áreas, únicamente se determinó la distribución espacial. La **Figura 44** muestra la distribución espacial de SO_2 medida en diversas áreas, así como en vialidades de la ZML.

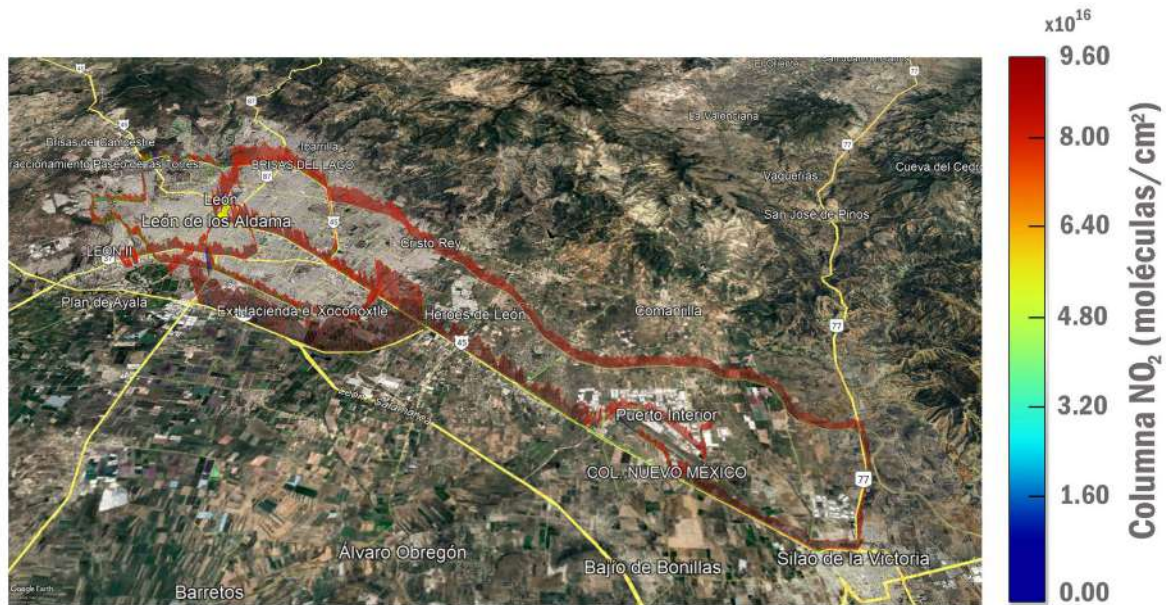


Figura 44. Trayectorias/transectos que muestran la distribución espacial de SO_2 llevadas a cabo entre el 18 y 24 de marzo y el 23 y 24 de julio de 2024 en diferentes áreas, así como vialidades de la Zona Metropolitana de León (ZML). El color rojo indica los puntos en donde la abundancia de moléculas de SO_2 fueron mayores, y el color azul en donde fueron menores.

CONCLUSIONES

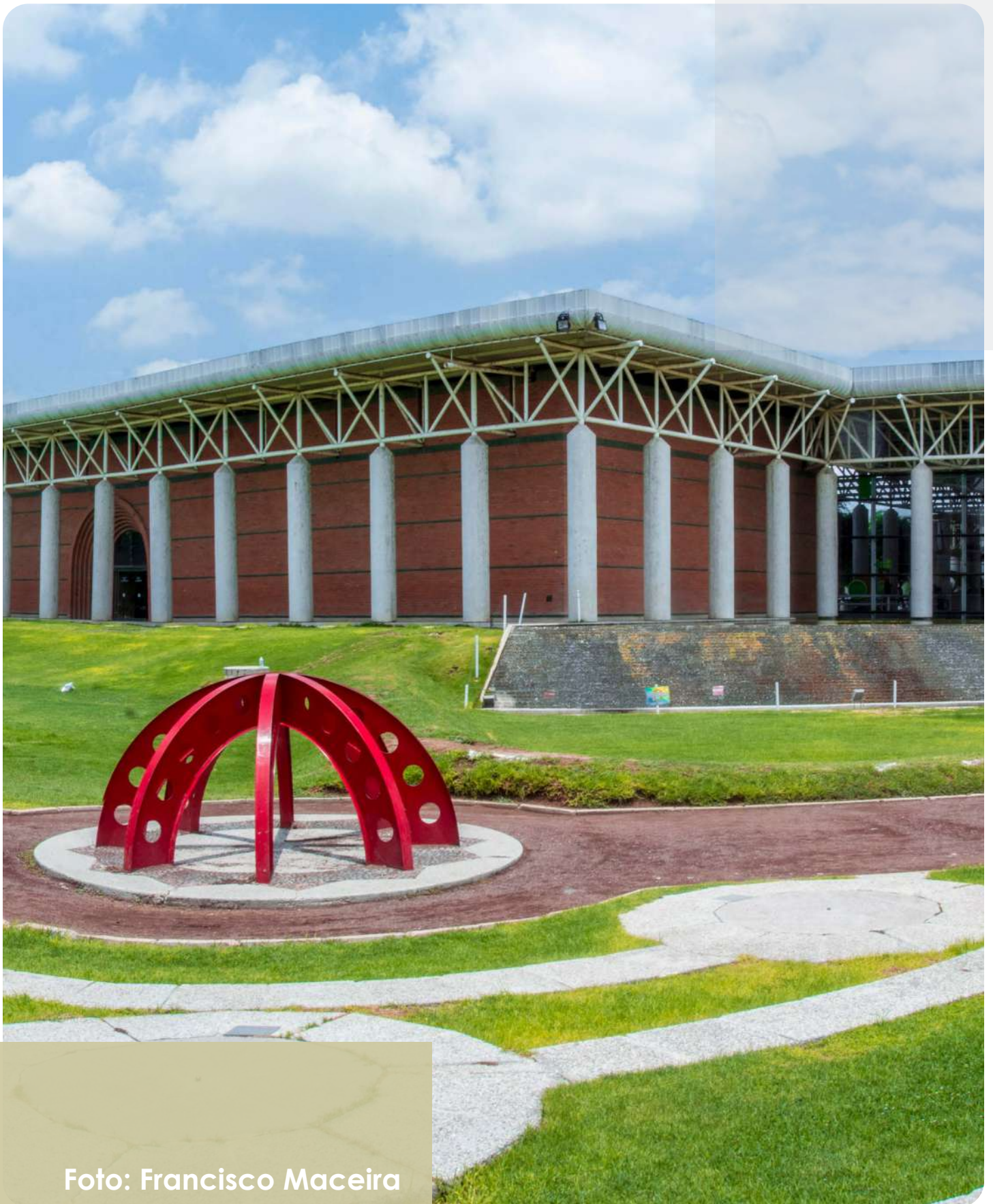


Foto: Francisco Maceira

El total de emisiones generadas dentro del Municipio de León, Guanajuato para el año 2022 se estimaron en 233,495.32 t/año.

Las fuentes móviles (sector transporte) son las responsables del 57% de las emisiones presentes en León, Guanajuato, estas contribuyen con un total de 133,567.00 t/año de contaminantes, en donde, los vehículos particulares fueron la flota vehicular más grande registrada en el Municipio con un total de 410,2300 unidades siendo en su mayoría aquellos que ocupan gasolina como combustible. Dentro de esta categoría el contaminante que tuvo una mayor presencia fue el CO con 86,402.00 t/año, seguido por NO_x con 20,723.00 t/año y COVs con 12,622.00 t/año.

El segundo tipo de fuente con mayor proporción de emisiones de contaminantes criterio fueron las fuentes de área con un total de 85,835.91 t/año representando el 37% de las emisiones, en donde, la categoría que emitió la mayor proporción de contaminantes corresponde a fuentes misceláneas (Incendios estructurales y forestales, quemas controladas, emisiones domésticas, vialidades pavimentadas y no pavimentadas, asado al carbón) con 27,295.37 t/año, seguido por la Combustión de Hidrocarburos No Quemados (HCNQ) contabilizando un total de 23,222.33 t/año, y en tercer lugar el uso de solventes y productos que lo contienen (por ejemplo: artes gráficas, repintado automotriz, lavado en seco) registrando un total de 16,197.59 t/año. Con respecto al contaminante que tuvo una presencia más grande en este tipo de fuente está la PM10 con 21,957.78 t/año, en segundo lugar el CO con 18,933.94 t/año y COT con un total de 17,353.49 t/año.

Con respecto a las fuentes fijas, sus emisiones se mantuvieron en el tercer lugar con una

contribución de 8,400.19 t/año (4%) como puede observarse se tiene un total de 8,400.19 t/año, para las 777 fuentes fijas tanto de jurisdicción federal como estatal, de las cuales se puede destacar que las fuentes de jurisdicción federal no reportan los contaminantes de PM10 ni PM2.5, mientras que las de jurisdicción estatal no reportan los contaminantes gaseosos, únicamente partículas PST, PM10 y PM2.5. El contaminante que se emitió en mayor cantidad fueron los COVs con 8,177.69 t/año, el cual corresponde a un 97.4% del total de las emisiones por fuentes fijas, seguidas por PST, PM2.5 y PM10 que contabilizaron 97.54, 57.79 y 12.08 t/año, respectivamente, que en conjunto contribuyen con el 2% de las emisiones totales de esta categoría.

Finalmente, la categoría de fuentes naturales fueron las que tuvieron una menor contribución, con un total de 5,692.22 t/año representando un total del 2% de todas las emisiones registradas en León, Guanajuato. Las emisiones en esta categoría se dividieron en dos grandes grupos, siendo las emisiones por erosión las de mayor contribución en esta categoría con 3,330.59 t/año, cuyas emisiones de PST fueron las más abundantes contabilizando un total de 2068.69 t/año de este contaminante, seguidos por PM10 y PM2.5.

Con respecto a los contaminantes emitidos sin desagregarlos por tipo de fuente, estos se emitieron en orden descendiente de la siguiente manera: el CO con un total de 105,362.11 t/año (45.12%), los COVs con 36,626.80 t/año (15.69%), PM10 con 24,691.20 t/año (10.57%), NO_x con 22,421.62 t/año (9.60%), COT con 17,354.21 t/año (7.43%), PM2.5 con 14,185.06 t/año (6.08%), HC con 10,525.00 t/año (4.51%), PST con 2,166.23 t/año (0.93%) y, finalmente, SO₂ con 163.09 t/año (0.07%)

CONCLUSIONES DOAS

Los resultados de la campaña de medición realizada entre el 18 y 24 de marzo y el 23 y 24 de julio de 2024 en la ZML indican que el circuito entero de la ZML emitió 8.89756 toneladas por día de NO_2 , las tenerías emitieron 0.33426 toneladas por día de NO_2 , Presa Blanca emitió 0.54171 toneladas por día de NO_2 , El Refugio emitió 0.51071 toneladas por día de NO_2 , Valladolid emitió 0.23208 toneladas por día de NO_2 , la Zona Centro emitió 0.91210 toneladas por día de NO_2 y el circuito Puerto Interior-Aeropuerto (en Silao) emitió 4.17435 toneladas por día de NO_2 , el Sector Industrial Sureste emitió 3.16639 toneladas por día de NO_2 y el Sector Industrial Suroeste emitió 0.78890 toneladas por día de NO_2 .

Los transectos de NO_2 y SO_2 realizados recorriendo diferentes vialidades de la ZML brindaron información sobre la distribución espacial de ambos contaminantes en la ZML.

Debido a la falta de un gradiente específico de SO_2 en la ZML, no fue posible cuantificar las emisiones de este contaminante, sin embargo, sí fue posible determinar su distribución espacial. Esto se puede deber a que, de acuerdo con el inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZML, año base 2017, las principales fuentes de SO_2 son fuentes móviles (DGGA, 2019), y la técnica de medición utilizada está desarrollada para fuentes fijas y de área.

REFERENCIAS

Carol J. Lovatt, (2021), Fertilización de Árboles Perennes, Consultado en 2024, de Fertilización de Árboles Perennes | Intagri S.C.

Comisión Nacional contra las Adicciones & Instituto Nacional de Salud Pública, (2019), Tabaquismo en Guanajuato, Consultado en 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/547226/Guanajuato_Infografia_Tabaquismo-CONADIC.pdf

Comisión Nacional del Agua, (2024), Base de Datos Climatológica Nacional, Consultado en 2024, de https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Diarios/gto/dia11020.txt

Comisión Nacional del Agua, (2024), Base de Datos Climatológica Nacional, Consultado en 2024, de https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Diarios/gto/dia11025.txt

Comisión Nacional del Agua, (2024), Normales Climatológica por Estado, Consultado en 2024, de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=gto>

CONABIO, (2024), Portal de Geoinformación 2024, Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), Consultado en 2024, de Geoportel del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [16,861] – CONABIO

Consejo Mexicano de la Carne, (2023), Compendio Estadístico 2023, Consultado en 2024, de Consejo Mexicano de la Carne (comecarne.org)

Danckaert T., Fayt, C., van Roozendaal, M., De Smedt, I., Letocart, V., Merlaud, A., Pinaridi, G. (2017).

QDOAS Software user manual, Versión 3.2. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy. Uccle, Bélgica.

Dirección General de Gestión Ambiental [DGGA] (2019). Inventario de emisiones de contaminantes criterio León 2017. Consultado el 15 de abril de 2024, disponible en: https://issuu.com/crestagalloyou/docs/version_ejecutiva.

Dirección General de Obra Pública - Documentos, (s. f.), Consultado en 2024, de <https://www.leon.gob.mx/obrapublica/documentos-oficiales.php?d=33>

Dirección General de Obra Pública, (2024), Control de obras, Consultado en 2024, de [leon.gob.mx/modulos/img/documentos/obrapublica/avance de obra/2024/CONTROL DE OBRA 2024 22072024.pdf](https://www.leon.gob.mx/modulos/img/documentos/obrapublica/avance%20de%20obra/2024/CONTROL%20DE%20OBRA%202024%2022072024.pdf)

Dirección General de Protección Civil, (2024), Número de oficio DGMA/0465/2024 información referente a los incendios comprendidos en un periodo de los años 2021, 2022 y 2023.

Galle, B. (1999). Development and Application of Methods based on DOAS and FTIR Absorption Spectroscopy for Atmospheric Research. Tesis de Doctorado. Chalmers University of Technology, Göteborg, Suecia.

Granados Muñetón L., (2011), Comparativo de Pañales, Consultado en 2024, de <https://www.gob.mx/profeco/documentos/comparativo-de-panales>

H. Ayuntamiento de León, (2024), Estudios, Consultado en 2024, de <https://leon.gob.mx/medioambiente/seccion.php?s=87>

IMPLAN, (2020), Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico y Territorial para el Municipio de León, Consultado en 2024, de <https://www.implan.gob.mx/planeacion-estrategica.php>

INEGI, (2021), Censo de Población y Vivienda 2020, Consultado en 2024, de www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados

INEGI, (2023), Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), Consultado en 2024, de: <https://www.inegi.org.mx/temas/directorio/>

INEGI, (2023), Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), Consultado en 2024, de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx#:~:text=Herramienta%20que%20ofrece%20datos%20de%20identificaci%C3%B3n%20ubicaci%C3%B3n%20giro,Brinda%20su%20ubicaci%C3%B3n%20en%20im%C3%A1genes%20cartogr%C3%A1ficas%20y%20satelitales.>

INEGI, (2023), Encuesta Nacional de la dinámica demográfica (ENADID) 2023, (2024), Connsultado en 2024, de ENCUESTA NACIONAL DE LA DINÁMICA DEMOGRÁFICA (ENADID) 2023 (inegi.org.mx)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2000), Espacio y datos de México, Consultado en 2024, de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/?t=12>

IPCC (2006). Directrices del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Vol. 4. Cap. 10. Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Consultado en 2024, de: https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

J. Spencer, (2013), Supporting Documentation for California Air Resource Board's Miscellaneous Process Methodology 7.4, Agricultural Land Preparation, Consultado en 2024, de Supporting Documentation for California Air Resources Board's Miscellaneous Process Methodology 7.4 Agricultural Land Preparation. Johansson, M., Rivera, C., de Foy, B., Lei, W., Song, J., Zhang, Y., Galle, B., Molina, L. (2009). Mobile mini-DOAS measurement of the outflow of NO₂ and HCHO from Mexico City. Atmospheric Chemistry and Physics 9, 5647-5653.

Kim, S.-W., McKeen, S. A., Frost, G. J., Lee, S.-H., Trainer, M., Richter, A., Angevine, W. M., Atlas, E., Bianco, L., Boersma, K. F., Brioude, J., Burrows, J. P., de Gouw, J., Fried, A., Gleason, J., Hilboll, A., Mellqvist, J., Peischl, J., Richter, D., Rivera, C., Ryerson, T., te Lintel Hekkert, S., J. Walega, J., C. Warneke, C., P. Weibring, P., Williams, E. (2011). Evaluations of NO_x and highly reactive VOC emission inventories in Texas and their implications for ozone plume simulations during the Texas Air Quality Study 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics* 11, 11361–11386.

PEMEX, (2022), Estadísticas petroleras- Volumen de las ventas internas de productos petrolíferos y gas natural, Consultado en 2024, de [evolumenventas_esp.xls](#) (pemex.com)

Platt, U., y Perner, D. (1980). Direct measurements of atmospheric formaldehyde, nitrous acid, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide by differential optical absorption in the near UV. *Journal of Geophysical Research* 85, 7453-7458.

Platt, U., y Stutz, J. (2008). *Differential Optical Absorption Spectroscopy: Principles and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Radian Internacional LLC, (1997), Manual del Programa de Inventarios de Emisiones de México, Consultado en 2024, de [FRONT.PDF](#) (epa.gov)

Radian Internacional LLC, (1997), 9.2.2 Pesticide Application, Consultado en 2024, de [www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/c9s02-2.pdf](#)

Radian International LLC, (1997), Manual del Programa de Inventarios de Emisiones de México, Consultado en 2024, de [https://www3.epa.gov/ttnca1/dir1/areainv5.pdf](#)

Rangel-Ortiz, E., Landa-Cansigno, O., Páramo-Vargas, J., & Camarena-Pozos, D. A. (2023). Prácticas de manejo de plaguicidas y percepciones de impactos a la salud y al medio ambiente entre usuarios de la cuenca del Río Turbio, Guanajuato, México. *Acta Universitaria*, 33, 1-26, Consultado en 2024, de [https://doi.org/10.15174/au.2023.3749](#)

Rivera, C., Barrera, H., Grutter, M., Zavala, M., Galle, B., Bei, N., Li, G., Molina, L.T. (2013). NO₂ fluxes from Tijuana using a mobile mini-DOAS during Cal-Mex 2010. *Atmospheric Environment* 70, 532-539.

Rivera, C., García, J. A., Galle, B., Alonso, L., Zhang, Y., Johansson, M., Matabuena, M., Gangoiti, G. (2009a). Validation of optical remote sensing measurement strategies applied to industrial gas emissions. *International Journal of Remote Sensing* 30(12), 3191-3204.

Rivera, C., Mellqvist, J., Samuelsson, J., Lefer, B., Alvarez, S., Patel, M.R. (2010). Quantification of NO₂ and SO₂ emissions from the Houston Ship Channel and Texas City industrial areas during the 2006 Texas Air Quality Study. *Journal of Geophysical Research* 115, D08301, doi:10.1029/2009JD012675.

Rivera, C., Sosa, G., Wöhrnschimmel, H., de Foy, B., Johansson, M., Galle, B. (2009b). Tula industrial complex (Mexico) emissions of SO₂ and NO₂ during the MCMA 2006 field campaign using a mobile mini-DOAS system. *Atmospheric Chemistry and Physics* 9, 6351-6361.

Rivera-Cárdenas, C.I., Jurado, O.E., Ruiz-Angulo, A., Arellano, J. (2024). Mobile mini-DOAS measurements of the outflow of nitrogen dioxide from the Toluca Valley Metropolitan Area, Mexico. *Renewable Energy, Biomass & Sustainability* 6(1), 1-9.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2023), Guía para el uso del Fertilizante en el Guanajuato, Consultado en 2024, de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/854897/Gu_a_De_Uso_De_Fertilizantes_En_Guanajuato.pdf; Carol J. Lovatt, (2021), Fertilización de árboles perennes, Consultado en 2024, de Fertilización de Árboles Perennes | Intagri S.C.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2022), Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta, Consultado en 2024, de SIACON | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx).

Secretaría de Economía (SE), (2017), Conoce más sobre la industria panificadora en México, Consultado en 2024, de Conoce más sobre la industria panificadora en México | Secretaría de Economía | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

Secretaría de Economía, (2023), León, Consultado en 2024, de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/n?foreignYearSelector2=2023&housingConectivity=equipmentAccess&populationType=totalPopulation&timeNetTradeSelector=Year&workOrSchool=schoolMean#population-and-housing>

Secretaría de Energía, (2022), Balance Nacional de Energía 2022, Consultado en 2024, de <https://base.energia.gob.mx/BNE/BalanceNacionalDeEnerg%C3%ADa2022.pdf>

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, (2021), Memoria de Cálculo del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2018, Consultado en 2024, de www.sedema.cdmx.gob.mx

SEDEMA (2021) Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2021; Dirección General de Calidad del Aire, Dirección de Proyectos de Calidad del Aire. Consultado 2024, Disponible: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-cdmx-2021/Inventario-de-emisiones-cdmx-2021.pdf>

SEMARNAT, (2018), Fuentes de Contaminación Atmosférica, Consultado en 2024, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>

SEMARNAT-INECC-WGA. (2005). Guía de elaboración y uso de inventarios de emisiones; Consultado en 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/447321/Guia_Inventario_de_Emisiones.pdf

SNIARN, Informe del Medio Ambiente, Consultado en 2024, de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap5.html>

U.S. EPA. (1996). Air Emission Factors and Quantification AP42 (5th ed.). Volumen 1, Chapter 13 Miscellaneous Sources, 13.1 Wildfires and Prescribed Burning., U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en 2019, de: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch13/final/c13s01.pdf>

U.S. Environmental Protection Agency, (2020), 13.2.1 Paved Roads, Consultado en 2024, de https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.1_paved_roads.pdf

U.S.EPA, (2024), Air Emissions Factors and Quantification AP-42: Compilation of Air Emissions Factors from Stationary Sources, Consultado en 2024, de <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-Compilation-air-emissions-factors-stationary-sources>

Zhang, Y., Johansson, M., Norgaard, D. (2021). Mobile DOAS Software, Version 6.3.1. Optical Remote Sensing Group. Chalmers University of Technology.



SOMOS GRANDES
SOMOS FUERTES
SOMOS LEÓN

