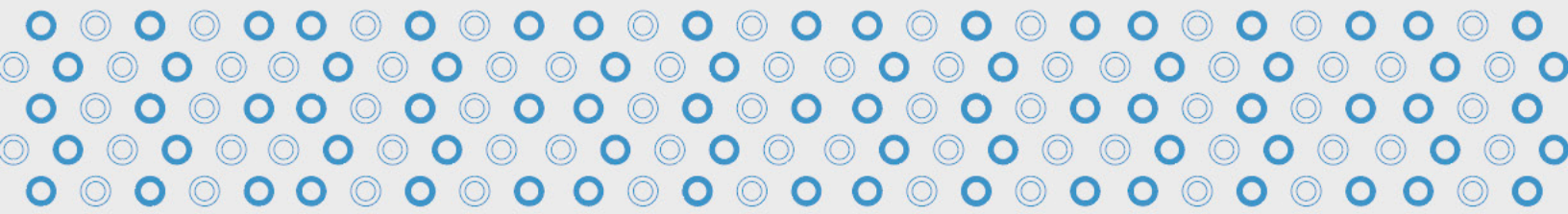


INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO AÑO BASE 2021



INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES CONTAMINANTES CRITERIO DEL ESTADO DE QUERÉTARO, 2021



SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE
SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

Directorio

Mauricio Kuri González

Gobernador Constitucional del Estado de Querétaro

Marco Antonio Salvador del Prete Tercero

Secretario de Desarrollo Sustentable

Ricardo Javier Torres Hernández

Subsecretario del Medio Ambiente

Teófilo Mario Gómez Su

Director de Control Ambiental

D.R. Secretaría de Desarrollo Sustentable de Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro

Blvd. Bernardo Quintana No. 204, Carretas C.P. 76050

Querétaro, Qro. Diciembre 2023.

Agradecimientos

A las dependencias Federales, Estatales y Municipales por el apoyo recibido para la integración de la información necesaria para la realización de este inventario.

- Aeropuerto Intercontinental de Querétaro (AIQ)
- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario
- Comisión Estatal del Agua (CEA).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Secretaría de Comunicación y Transporte (SCT).
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU)
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado
- Secretaría de Finanzas del Estado
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Municipios de: Amealco, Pinal de Amoles, Arroyo seco, Cadereyta de Montes, Colón, Corregidora, Ezequiel Montes, Huimilpan, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, El Marqués, Pedro Escobedo, Peña Miller, Querétaro, San Joaquín, San Juan del Río, Tequisquiapan y Tolimán.

Resumen ejecutivo

El inventario de emisiones de contaminantes criterio en el estado de Querétaro 2021, proporciona una base sólida de gestión, primordial para continuar con la implementación de estrategias para mejorar la calidad del aire, preservar la salud de la población y el medio ambiente del estado.

Las fuentes estimadas son fuentes fijas (2 categorías y 23 subcategorías), fuentes de área (8 categorías y 32 subcategorías, fuentes biogénicas (1 categoría) y fuentes móviles (2 categorías y 14 subcategorías). Los contaminantes estimados son: PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , NO_x , COV , NH_3 y CN con resolución a nivel municipal.

La estimación de emisiones se realizó con las metodologías propuestas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en los inventarios nacionales, así como de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA, por sus siglas en inglés).

Los resultados de emisiones de contaminantes criterio para el estado de Querétaro en 2021 son:

- **Emisiones por fuente**

Fuentes fijas: responsables de la mayor aportación de SO_2 (76.25%), segundo lugar, en contribución de emisiones de PM_{10} (19.69%) y $PM_{2.5}$ (13.86%) y tercer lugar en aportación de NO_x (12.53%).

Fuentes de área: principales contribuyentes en emisiones de NH_3 (98.04%), PM_{10} (63.57%), $PM_{2.5}$ (68.63%) y COV (51.82%), además están en segundo lugar de contribución de emisiones de CO (22.85%) y CN (40.70%).

Fuentes Biogénicas: ocupan el segundo lugar en emisiones COV (29.01%) y tercer lugar de NO_x (12.08%).

Fuentes móviles: principales emisoras de CO (75.75%), NO_x (70.11%) y CN (58.08%), se posicionan además en el segundo lugar en la contribución de emisiones de PM_{2.5} (17.50%), SO₂ (14.46%) y COV (13.96%).

- **Municipios con mayor contribución**

Los municipios con mayor aportación de emisiones son Querétaro, El Marqués y San Juan del Río, seguidos de Pedro Escobedo, Cadereyta de Montes y Colón, contribuyendo principalmente en:

- Querétaro: Principal emisor de todos los contaminantes contribuyendo en PM₁₀ (21.41%), SO₂ (38.68%), CO (42.54%), NO_x (46.22%), COV (30.89%) y CN (42.64%).
- El Marqués: Con la mayor aportación de emisiones de PM_{2.5} (23.01%), segundo aportador de PM₁₀ (18.83%) y CN (16.37%) y el tercero en contribución de emisiones de CO (9.64%), NO_x (10.02%) y COV (9.47%).
- San Juan del Río: Segundo lugar en contribución de CO (11%), NO_x (10.55%), y COV (14.06%) y Tercer lugar en contribución de emisiones de PM_{2.5} (9.41%), SO₂ (8.76%) y CN (7.38%).
- Pedro Escobedo: segundo lugar en contribución de emisiones de PM₁₀ (12.71%)
- Cadereyta de Montes: segundo lugar en contribución de SO₂ (35.08%)
- Colón: segundo aportador de NH₃ (14.13%).

- **Principales categorías con emisiones por contaminante**

- Las principales emisiones de PM₁₀ son por quemas agrícolas (21.2%), combustión doméstica (14.7%), labranza (11.7%), y los incendios forestales (8.9%).
- Para partículas de PM_{2.5} las principales fuentes son por quemas agrícolas (29.3%), combustión doméstica (20.4%), incendios forestales (10.8%) y tractocamiones (8.6%).
- Las fuentes que tienen mayor contribución de SO₂ son por industria de cemento y cal (34.7%), producción de vidrio (19.4%) y la industria química (13.7%).
- Los principales emisores de CO son los autos particulares (23.7%), motocicletas (19.1%), camionetas SUV (14.0%) y pick up (13.7%).

- Las fuentes con mayor contribución de NO_x son Tractocamiones (23.4%), autos particulares (12.5%), biogénicas (12.1%) y camionetas SUV (7.9%).
- Para las emisiones de COV las fuentes principales son biogénicas (29.0%), manejo y distribución de Gas LP (22.3%) y limpieza de superficies industriales (9.1%).
- Las fuentes de mayor contribución de NH₃ son emisiones ganaderas (83.1%), emisiones domesticas de amoniaco (7.7%) y aplicaciones de fertilizantes (5.4%),
- Las fuentes de mayor aportación de emisiones de CN son tractocamiones (40.2%), quemas agrícolas 23.6%) y autobuses (8.6%).

Contenido

I. Introducción	21
I.1. Descripción de la zona de estudio.....	22
I.1.2 Contexto socioeconómico	30
II. Características y alcances.....	34
II.1 Contaminantes estimados.....	34
II.2 Tipos de fuentes	34
II.3 Metodología	35
II.4 Aseguramiento y control de calidad	35
III. Emisiones de contaminantes criterio	37
III.1 Emisiones totales de contaminantes criterio	37
III.2 Emisiones de contaminantes criterio por municipio	38
III.3 Emisiones de contaminantes criterio por subcategoría.....	41
III.4 Emisiones de contaminantes criterio por contaminante.....	48
III.4.1 Partículas PM ₁₀	48
III.4.2 Partículas PM _{2.5}	51
III.4.3 Dióxido de Azufre (SO ₂)	51
III.4.4 Monóxido de Carbono (CO)	56
III.4.5 Óxidos de Nitrógeno (NOX).....	58
III.4.6 Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	61
III.4.7 Amoniaco (NH ₃)	63
III.4.8 Carbono Negro (CN).....	65
IV. Resultados por fuentes de emisión	67
IV.1 Fuentes Fijas	67
IV.1.1 Metodología fuentes fijas	70
IV.1.2 Emisiones de fuentes fijas	71
IV.2 Fuentes de Área	78

IV.2.1 Metodología fuentes de área	83
IV.2.3 Emisiones de fuentes de área	84
IV.3 Fuentes Biogénicas	93
IV.3.1 Metodología fuentes biogénicas	94
IV. 3.2 Emisiones de fuentes biogénicas	95
IV.4 Fuentes Móviles.....	100
IV.4.1 Metodología fuentes móviles	102
IV.4.2 Emisiones de fuentes móviles	105
V. Conclusiones.....	111
VI. Recomendaciones.....	113
Referencias	114

Gráficas

Gráfica 1.Crecimiento de la población del Estado.....	31
Gráfica 2. Distribución poblacional por municipio.	32
Gráfica 3. Contribución porcentual por tipo de fuente por contaminante, Querétaro.	38
Gráfica 4. Distribución de emisión por contaminante por municipio.....	40
Gráfica 5. Distribución de emisiones por categoría por contaminante.	48
Gráfica 6. Distribución de PM ₁₀ por municipio.	49
Gráfica 7. Emisiones de PM ₁₀ por subcategoría.....	49
Gráfica 8. Distribución de PM _{2.5} por municipio	51
Gráfica 9. Emisiones de PM _{2.5} por subcategoría.	51
Gráfica 10. Distribución de SO ₂ por municipio.	54
Gráfica 11. Emisiones de SO ₂ por subcategoría.	54
Gráfica 12. Distribución de CO por municipio.....	56
Gráfica 13. Emisiones de CO por subcategoría.	57
Gráfica 14. Distribución de NO _x por municipio, 2021.	59
Gráfica 15. Distribución de NO _x por subcategoría.	59
Gráfica 16. Distribución de COV por municipio	61

Gráfica 17. Distribución de COV por subcategoría	61
Gráfica 18. Distribución de NH ₃ por municipio.....	63
Gráfica 19. Distribución de NH ₃ por subcategoría.....	63
Gráfica 20. Distribución de NH ₃ por municipio.....	65
Gráfica 21. Distribución de NH ₃ por subcategoría.....	65
Gráfica 22. Distribución de subsectores evaluados como fuente fija.	68
Gráfica 23. Contribución porcentual de fuentes fijas por competencia.....	72
Gráfica 24. Contribución porcentual por contaminante por municipio.	77
Gráfica 25. Contribución porcentual de subcategorías de fuentes de área.	85
Gráfica 26. Contribución porcentual municipal por contaminante.	92
Gráfica 27. Distribución del parque vehicular en el Estado de Querétaro.	101
Gráfica 28. Distribución del parque vehicular registrados al 2021, por año modelo.	101
Gráfica 29. Distribución porcentual del parque vehicular en 2021, por combustible.	102
Gráfica 30. Contribución porcentual por contaminante por categoría.	108
Gráfica 31. Contribución porcentual de fuentes móviles por municipio.....	110

Mapas

Mapa 1. Delimitación geográfica del estado de Querétaro y sus municipios.....	23
Mapa 2. Climas del Estado de Querétaro.....	24
Mapa 3. Precipitaciones del estado de Querétaro	25
Mapa 4. Relieve del Estado de Querétaro	27
Mapa 5. Distribución del tipo de vegetación en el estado de Querétaro	29
Mapa 6. Distribución del tipo de vegetación en el estado de Querétaro	30
Mapa 7. Zona Metropolitana de Querétaro	33
Mapa 8. Distribución de emisión de PM ₁₀ por municipio	50
Mapa 9. Distribución de emisiones de PM _{2.5} por municipio.	53
Mapa 10. Distribución de emisiones de SO ₂ por municipio.	55

Mapa 11. Distribución de emisiones CO por municipio.	58
Mapa 12. Distribución de emisiones de NO _x por municipio.	60
Mapa 13. Distribución de emisiones de COV por municipio, Querétaro.	62
Mapa 14. Emisiones de NH ₃ por municipio.	64
Mapa 15. Emisiones de CN por municipio.	66
Mapa 16. Ubicación geográfica de fuentes fijas estimadas.	70
Mapa 17. Ubicación geográfica de ladrilleras en el Estado.	80
Mapa 18. Ubicación geográfica de bancos de material.	81
Mapa 19. Ubicación geográfica de asados al carbón.	82
Mapa 20. Ubicación geográfica de plantas de tratamiento.	83

Tablas

Tabla 1. Superficie estatal por tipo de geología	26
Tabla 2. Principales elevaciones en el estado de Querétaro	26
Tabla 3. Tipos de suelo en el estado de Querétaro	28
Tabla 4. Emisiones totales del por tipo de fuente, Estado de Querétaro.	37
Tabla 5. Distribución porcentual por tipo de fuentes, Estado de Querétaro.	38
Tabla 6. Emisiones por municipio.	39
Tabla 7. Distribución porcentual de emisiones por municipio.	39
Tabla 8. Emisiones de contaminantes criterio por subcategoría	41
Tabla 9. Contribución porcentual de emisiones por categoría	44
Tabla 10. Emisiones de PM ₁₀ por municipio.	49
Tabla 11. Emisiones de PM ₁₀ por subcategoría.	49
Tabla 12. Emisiones de PM _{2.5} por municipio.	51
Tabla 13. Emisiones de PM _{2.5} por subcategoría.	51
Tabla 14. Emisiones de SO ₂ por municipio.	54
Tabla 15. Emisiones de SO ₂ por subcategoría.	54
Tabla 16. Emisiones de CO por municipio.	56

Tabla 17. Emisiones de CO por subcategoría.	57
Tabla 18. Emisiones de NO _x por municipio.	59
Tabla 19. Emisiones de NO _x por subcategoría.	59
Tabla 20. Emisiones de COV por municipio.	61
Tabla 21. Emisiones de COV por subcategoría.	61
Tabla 22. Emisiones de NH ₃ por municipio.	63
Tabla 23. Emisiones de NH ₃ por subcategoría.	63
Tabla 24. Emisiones de NH ₃ por municipio.	65
Tabla 25. Emisiones de NH ₃ por subcategoría.	65
Tabla 26. Subsectores considerados en la categoría de fuentes fijas.	67
Tabla 27. Emisiones de Fuente Fijas.	71
Tabla 28. Distribución Porcentual de Emisiones de Fuentes Fijas.	72
Tabla 29. Emisiones de fuentes fijas por subcategoría.	73
Tabla 30. Distribución porcentual de fuentes fijas por subcategoría.	74
Tabla 31. Emisiones de fuentes fijas por municipio.	75
Tabla 32. Porcentaje de contribución de fuentes fijas por municipio.	76
Tabla 33. Categorías y subcategorías consideradas en fuentes de área.	78
Tabla 34. Emisiones de fuentes de área por categoría.	84
Tabla 35. Distribución porcentual de emisiones de fuentes de área por categoría.	85
Tabla 36. Emisiones de fuentes de área por categoría.	86
Tabla 37. Distribución porcentual de emisiones de fuentes de área por categoría.	88
Tabla 38. Emisiones de fuentes de área por municipio.	90
Tabla 39. Distribución porcentual de fuentes de área por municipio.	91
Tabla 40. Superficie de tipos de vegetación y usos de suelo, en el Estado.	93
Tabla 41. Emisiones de fuentes biogénicas.	95
Tabla 42. Emisiones de fuentes biogénicas por categoría.	96
Tabla 43. Contribución porcentual de emisiones de fuentes biogénicas por categoría.	97
Tabla 44. Emisiones totales de fuentes biogénicas por municipio.	98

Tabla 45. Contribución porcentual de fuentes biogénicas por categoría, 2021.....	99
Tabla 46. Flota total vehicular registrada por tipo de vehículo y combustible.	100
Tabla 47. Emisiones de fuentes móviles en el Estado de Querétaro, 2021.	105
Tabla 48. Emisiones de fuentes móviles por categoría.....	106
Tabla 49. Contribución porcentual de emisiones de fuentes móviles.	107
Tabla 50. Emisiones de fuentes móviles por municipio.	108
Tabla 51. Contribución porcentual de fuentes móviles por municipio.	109

Siglas y acrónimos

AIQ	Aeropuerto Internacional de Querétaro
ARTF	Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario
CEAQ	Comisión Estatal de Agua Querétaro
CN	Carbono Negro
CO	Monóxido de carbono
COA	Cédula de Operación Anual
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
DGCARETC	Dirección General de Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
EPA	Environmental Protection Agency
FE	Factor de Emisión
GloBEIS	Global Biosphere Emissions and Interactions System
GLP	Gas licuado de petróleo
GN	Gas Natural
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEM	Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
MOVES	México (Motor Vehicle Emission Simulator)
NH3	Amoniaco

NOX	Óxidos de nitrógeno
PIB	Producto Interno Bruto
PM10	Partículas menores a 10 micrómetros
PM2.5	Partículas menores a 2.5 micrómetros
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SDUOP	Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado
SEDEA	Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado
SEDESU	Secretaría De Desarrollo Sustentable
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SO2	Dióxido de azufre
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency)

I. Introducción

El inventario de emisiones de contaminantes criterio, es una herramienta de consulta que provee de información precisa sobre la contribución de emisiones de cada fuente de emisión, representando una base sólida para formular acciones precisas, a través de la gestión entre gobierno y los diferentes sectores para vigilar el cumplimiento de políticas públicas y medidas de mitigación para mejorar la calidad del aire.

Por otro lado, el estado de Querétaro ha experimentado un crecimiento acelerado impulsado por su desarrollo industrial, económico y demográfico, lo que, si bien es un buen indicativo de avance de la región, también ha llevado a desafíos significativos en la calidad del aire y preservación del medio ambiente, debido a la creciente urbanización y la actividad industrial.

Dado lo anterior, el Gobierno del Estado de Querétaro a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, desarrollaron el inventario de emisiones criterio año 2015, el cual es actualizado al año base 2021. Ambos inventarios determinan las emisiones generadas por fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes biogénicas.

Los resultados del inventario de emisiones criterio 2015, fueron para Partículas PM_{10} 8,596.07 t/a, de las cuales el 73.29% es aportado por fuentes de área; de Partículas $PM_{2.5}$ 6,469.50 t/a, el 68.52% aportado asimismo por fuentes área; el bióxido de azufre (SO_2) 3,784.70 t/a, el 83.39% es aportado por fuentes fijas; de monóxido de carbono (CO) se emitieron 183,219.06 t/a, el 81.83% son aportadas por fuentes móviles; de óxidos de nitrógeno (NO_x) 42,761.48 t/a, el 57.83% aportado de la misma forma por fuentes móviles; compuestos orgánicos volátiles (COV) 118,442.02 t/a, 43.27% son aportados por fuentes de área y el 41.21% por fuentes biogénicas; amoníaco (NH_3) 33,131.85 t/a, 99.02% aportado por fuentes de área.

Los resultados del inventario 2015 son referencia para identificar de manera general las subcategorías que presentan una disminución o incremento de emisiones, observando que las emisiones de $PM_{2.5}$ y NO_x de 2015 a 2021 se mantuvieron en el mismo rango, el SO_x , CO, COV y NH_3 tuvieron una disminución, sin embargo, para las PM_{10} y NO_x se observa un incremento. Lo anterior, se atribuye a que, para 2021

se precisaron datos de actividad en todas las fuentes, además de actualización de factores de emisión.

En este sentido, los resultados del inventario de emisiones del Estado de Querétaro 2021, permiten identificar los sectores de mayor contribución por tipo de contaminante y su ubicación a nivel municipal. Además, se precisa que los resultados de 2021 han sido validados por la DGCARETC de la SEMARNAT.

El presente documento, integra toda la información sobre las emisiones de contaminantes criterio generadas por sus diferentes fuentes en el año de actividad de 2021, lo que permite tener el panorama de la influencia de las actividades antropogénicas o naturales en la contaminación atmosférica y la calidad del aire. Integra, además, aspectos generales que describen la zona de estudio y sociodemográfica, así como la metodología y el análisis de las fuentes emisoras: fuentes fijas, de área, móviles, y biogénicas.

I.1. Descripción de la zona de estudio

El Estado de Querétaro cuenta con una superficie de 11, 690.6 Km², 0.6% del territorio nacional; colinda al norte con Guanajuato y San Luis Potosí; al sur con los estados de México y Michoacán; al este con San Luis Potosí e Hidalgo; y al oeste con el estado Guanajuato.

Está dividido en 18 municipios, siendo Santiago de Querétaro su capital, ubicada al suroeste del territorio; cada uno de sus municipios cuenta con características particulares, permitiendo a la entidad tener diversos recursos, lo que hace del estado sea importante por su alto valor histórico y cultural.

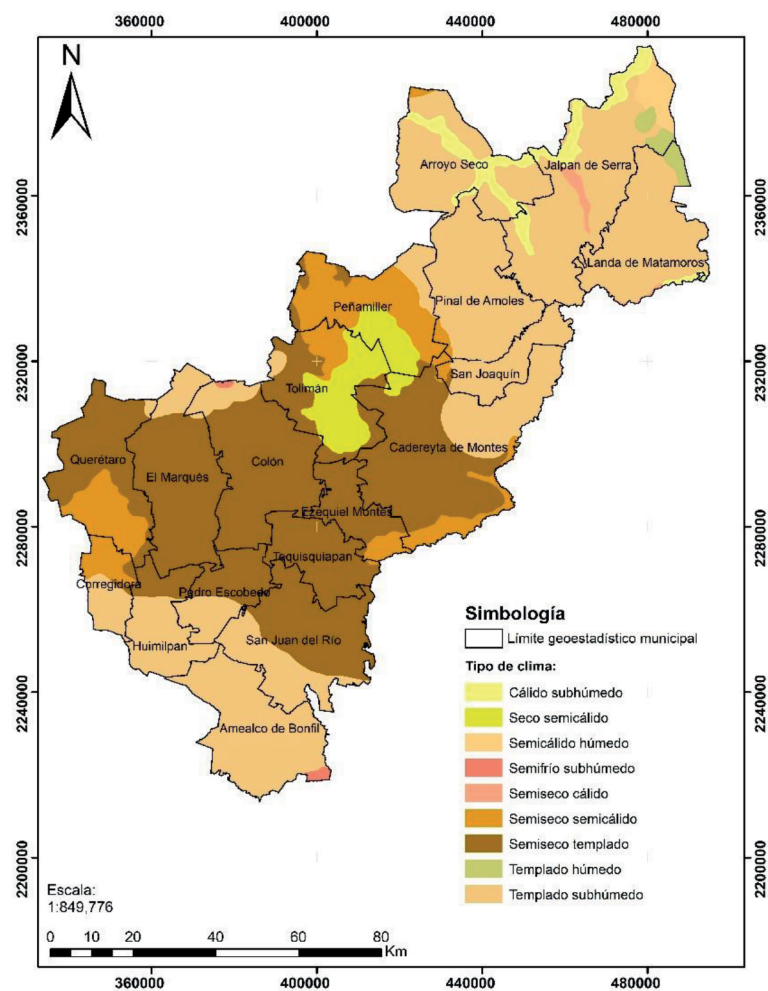


Mapa 1. Delimitación geográfica del estado de Querétaro y sus municipios.

Fuente: Elaboración propia, INEGI

El Estado de Querétaro cuenta con 5 tipos de clima, predominando el clima seco y semiseco en la región centro, en la región Sierra Madre Oriental presenta clima cálido subhúmedo, la región sur centro y noreste clima templado subhúmedo y la región norestes clima cálido. La temperatura media anual esta entre 18° y 22°C, la temperatura máxima promedio es de 28° C entre abril y mayo, la mínima es de 6°C presentado en el mes de enero.¹ Mapa 2.

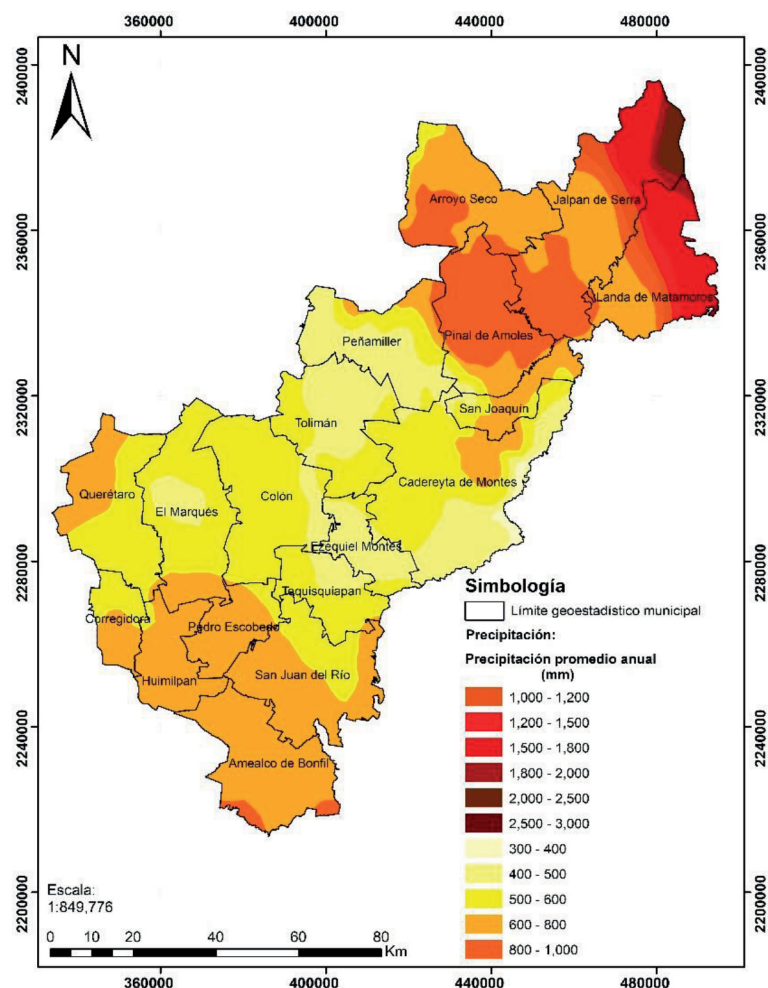
¹ INEGI (2023) Clima. Querétaro.



Mapa 2. Climas del Estado de Querétaro

Fuente: Elaboración propia

La precipitación media estatal es de 570 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre. Mapa 3.



Mapa 3. Precipitaciones del estado de Querétaro

Fuente: Elaboración propia

El Estado de Querétaro se ubica dentro del área de influencia de tres provincias fisiográficas: La Sierra Madre Oriental, la Mesa del Centro y el Eje Neovolcánico Mexicano. La superficie de éstas se distribuye en diversas subprovincias, como el Carso Huasteco, sierras y llanuras de Guanajuato-Querétaro-Hidalgo, Mil cumbres, lagos y Volcanes de Anáhuac.

El tipo de geología de la superficie estatal está cubierta por rocas Sedimentarias en un 59.44%, con rocas Igneas extrusivas 25%, Igneas intrusivas con el 0.27% y otras con áreas mínimas no cartografiables teniendo una sumatoria del 4.46%. Tabla 1.

Tabla 1. Superficie estatal por tipo de geología

Era	Periodo	Roca	%
Cenozoico	Cuaternario	Ignea extrusiva	0.43
		Sedimentaria	5.50
	Neógeno	Ignea extrusiva	16.55
		Sedimentaria	1.02
	Neógeno-Cuaternario	Ignea extrusiva	1.73
		Sedimentaria	11.11
	Paleógeno	Ignea extrusiva	8.72
	Terciario	Ignea extrusiva	8.00
		Ignea intrusivas	0.27
Mesozoico	Cretácico	Sedimentaria	37.49
	Jurásico-Cretácico	Sedimentaria	4.41
	Jurásico	Sedimentaria	0.21
Otro	-	-	4.46

Fuente: Elaboración propia con información INEGI²

El punto geográfico más alto del Estado es el cerro El Zamorano, ubicado en el municipio de Colón, a 40 km del municipio de Querétaro, alcanza los 3,340 msnm y marca el límite territorial con el estado de Guanajuato. En la Tabla 2 mencionan las principales elevaciones.

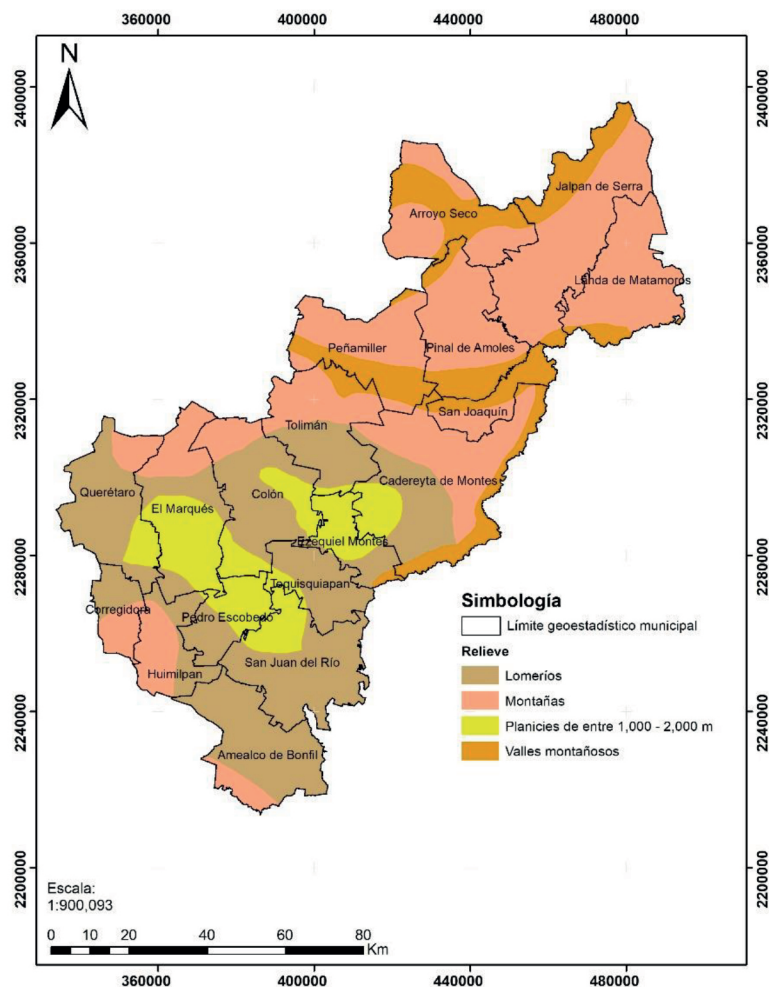
Tabla 2.Principales elevaciones en el estado de Querétaro

Cerro	Elevación (msnm)
El Zamorano	3,340
El Espolón	3,240
La Pingüica	3,160
Las Vigas 3,120	3,120
La Laja	3,120
La Calentura	3,060

² INEGI. Anuario estadístico y geográfico por entidad, (2021)

Grande	2,820
Bravo	2,810
El Gallo	2,760
El Tejocote	2,720
La Peña Azul (Sierra)	2,700
Gordo	2,530
El Frontón	2,500
Peña de Bernal	2,430
Joya de las Papas	2,160

Fuente: Elaboración propia con información INEGI²



Mapa 4. Relieve del Estado de Querétaro

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el INEGI en el Estado de Querétaro existen más de 10 grupos de suelo dominantes, por su distribución en la entidad se encuentran entre los principales: leptosol (30.45%), phaeozem (22.95%), vertisol (19.56%), luvisol (13.84%) y regosol (5.4%).

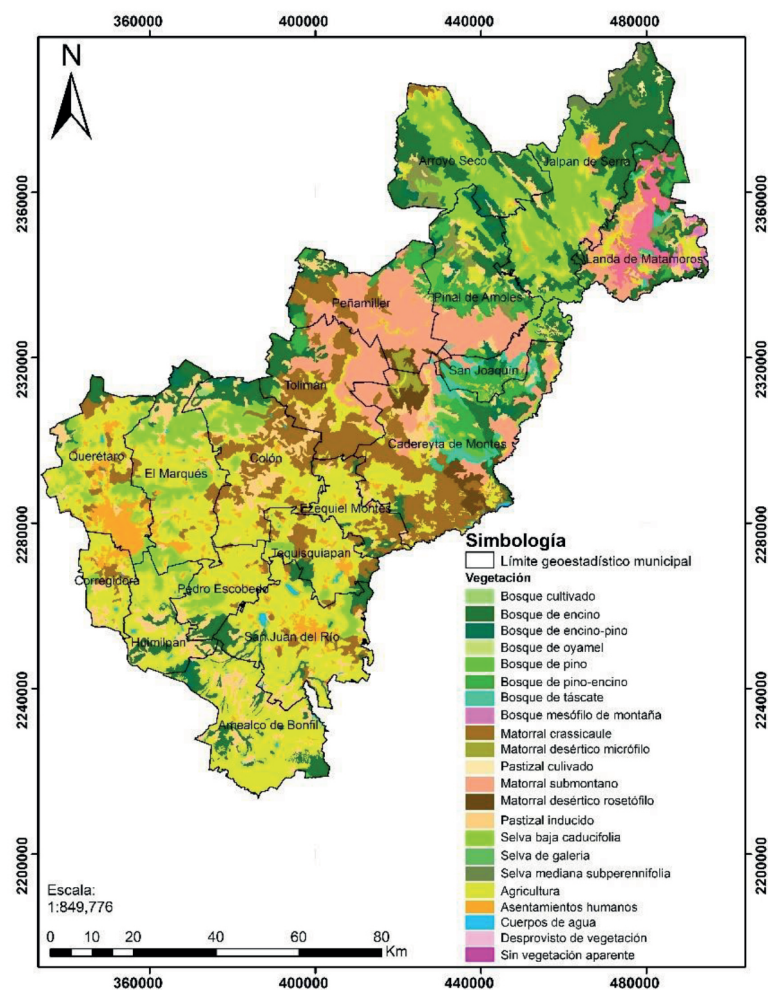
Tabla 3. Tipos de suelo en el estado de Querétaro

Tipos de Suelo	Usos	Ubicación
Leptosol	Actividades forestal y pecuario agrícolas y pastoreo.	Norte y centro
Phaeozem	Por contenido orgánico, buena estructura y nutrientes son usados en actividades agrícolas de temporal.	Centro y sur
Vertisol	Se destinan para agricultura de riego ya que son bastante productivos para cultivos de forrajes, granos y hortalizas.	Corregidora, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro y San Juan del Río
Luvisol	Potencial principalmente forestal	Sierra Gorda y muy poco en Amealco de Bonfil
	Han sido desmontadas para ser incorporadas a actividades agropecuarias	
Regosol	Muy escasa capacidad agrícola	No disponible

Fuente: Elaboración propia con información INEGI³

Las principales especies vegetales del estado son: bosque, selva, matorral, pastizal y agricultura, el estado cuenta con muchas especies principalmente utilizadas como recurso maderable, comestible o forraje. Mapa 5.

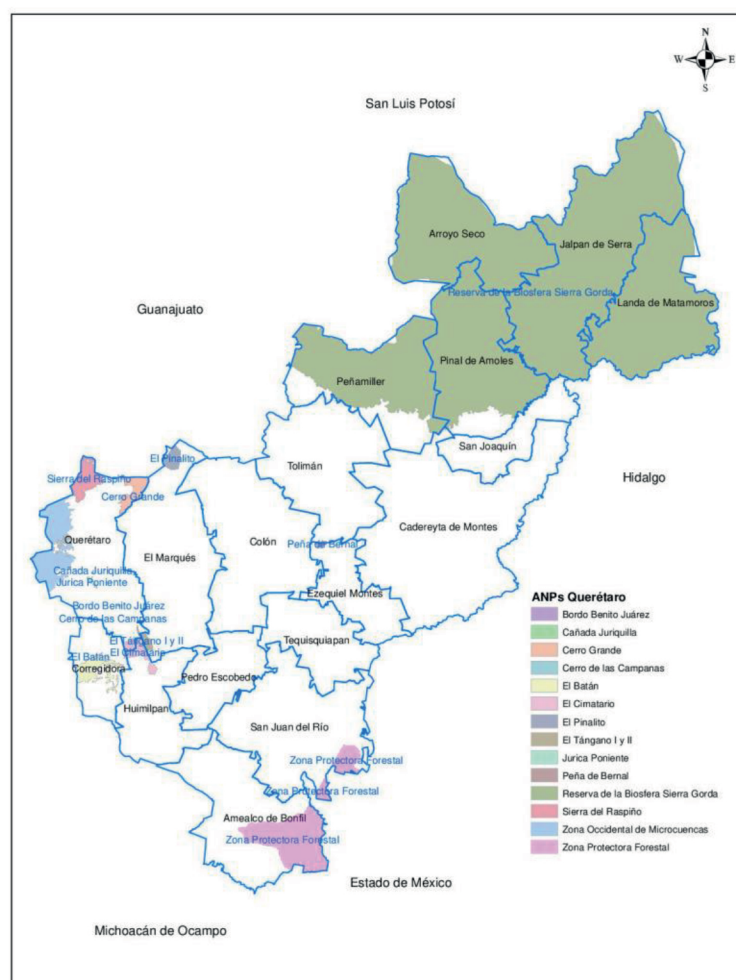
³ INEGI. Anuario estadístico y geográfico por entidad.



Mapa 5. Distribución del tipo de vegetación en el estado de Querétaro

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, 2021

Asimismo, el Estado de Querétaro cuenta con Áreas Naturales Protegidas de competencia federal, estatal y municipal distribuidas en diferentes partes del estado, siendo la más grande el Área Natural Protegida de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Mapa 6.



Mapa 6 .Distribución del tipo de vegetación en el estado de Querétaro

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, 2021

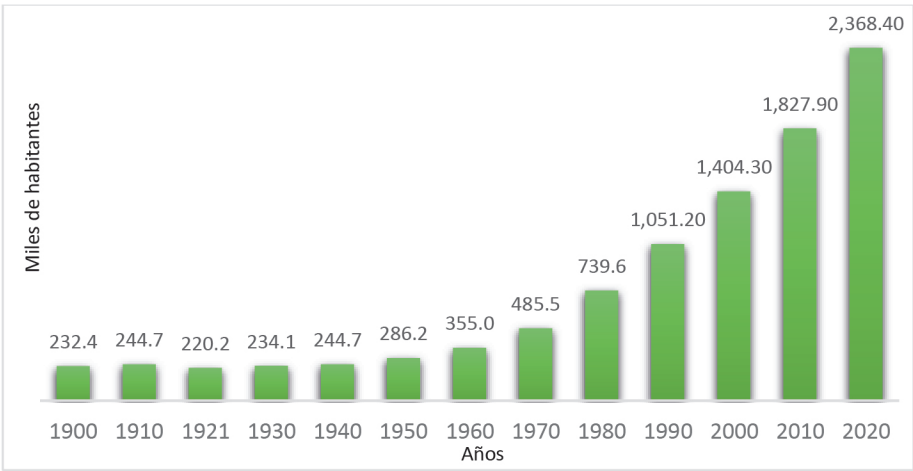
I.1.2 Contexto socioeconómico

En 2021, la población en el Estado de Querétaro es de 2 millones 368 mil 467 habitantes⁴, ocupando el lugar 21 a nivel nacional, de los cuales, 51.2% son mujeres y 48.8% hombres, la edad media es de 29 años. A nivel nacional contribuye con el 1.9% de habitantes.

⁴ INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

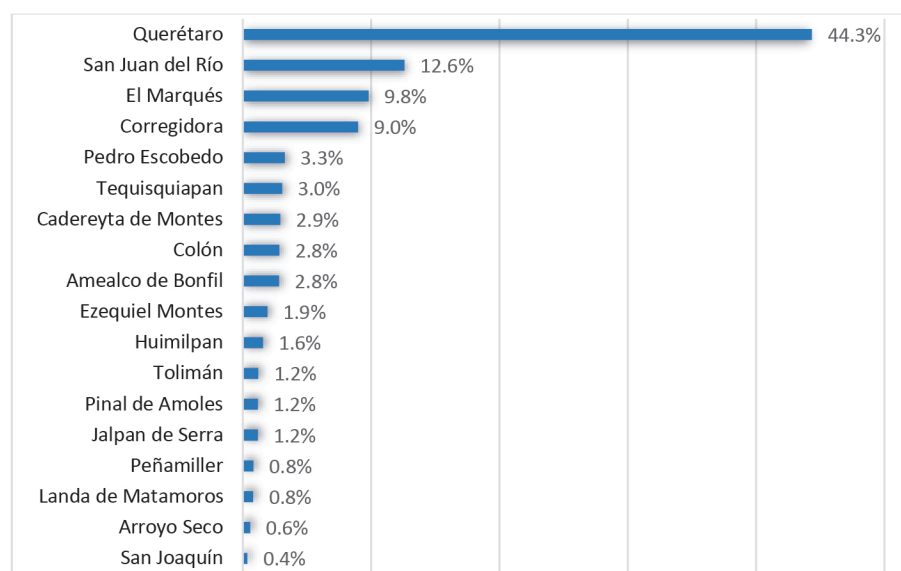


El rango de edad con mayor población está entre los 25 a 29 años (214,139 habitantes), seguido del rango de 20 a 24 años (209,039 habitantes) y 10 a 14 años (198,601 habitantes). Entre ellos concentraron el 26.3% de la población total.



Gráfica 1.Crecimiento de la población del Estado
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI4

El municipio con mayor población es Querétaro con 1,049,777 habitantes; seguido de San Juan del Río con 297,804; El Marqués, 231,668; y Corregidora; 212,567. En conjunto concentran el 75.7% de la población total. Las demarcaciones con menor población registrada son San Joaquín con 8,359 habitantes; Arroyo Seco, 13,142; Landa de Matamoros, 18,794 y Peñamiller con 19,141 habitantes. Juntos únicamente concentran el 2.5% del total.



Gráfica 2. Distribución poblacional por municipio.

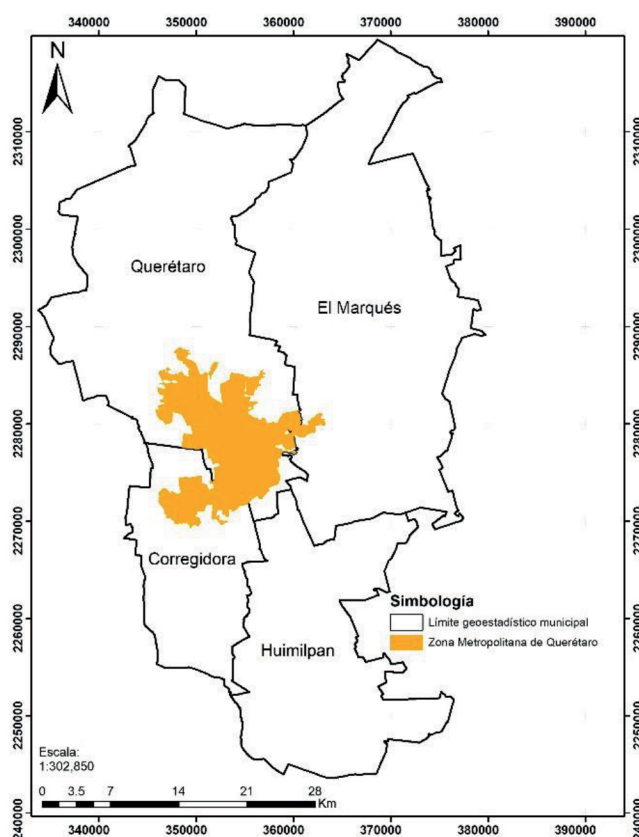
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI⁴

En el Estado se encuentra delimita por la CONAPO, la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) que comprende los municipios de Querétaro, El Marqués, Corregidora y Huimilpan los cuales concentran el 64.7% de la población estatal.

En la ZMQ, la población nueva con residencia ha aumentado en los últimos años, registrando un 11.3 % de migración dentro del estado⁵, siendo el trabajo la mayor causa (38.1%), por familia (35.4%), otros motivos son por estudio o inseguridad.

En 2021, el 57.9% de la población del estado de Querétaro es económicamente activa, este porcentaje dividido entre hombres con el 75.9% y mujeres con el 42.4%, La población no económicamente activa lleva (42.1%) son personas que se dedican a quehaceres del hogar en un 42.4%, estudiantes un 36.9%, pensionados jubilados 9.3%, personas dedicadas a actividades no económicas 8.3%, por ultimo las personas con alguna limitación mental o física la cual le impide trabajar con un 3.2%.⁶

⁵ Quivera, 2019⁶ INEGI, 2022. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo Nueva Edición (ENOE^N)



Mapa 7. Zona Metropolitana de Querétaro
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, 2021

En 2021 El Estado de Querétaro tuvo un aumento del 6.2% de Producto Interno Bruto (PIB), alcanzando un valor de 388 mil 481 millones de pesos, aportando el 2.3% al PIB Nacional.⁷

En cuanto al nivel educativo, el grado promedio de escolaridad de la población Estatal de 15 años y más de edad es de 10.5, lo que equivale a poco más de primer año de bachillerato, a nivel nacional el grado de escolaridad de la población de 15 años y más es de 9,7 con poco más de la secundaria concluida⁸.

El 45% de la población de 15 años y más tiene educación básica, el 28% nivel superior, 23% educación media superior y el 4% no tiene ningún grado de escolaridad.

⁷ SE. (2021)

⁸ INEGI, 2020. Censo de población y vivienda 2020.

El Estado cuenta con un alto porcentaje de asistencia escolar (94 %) con niños de entre 6 a 14 años y del 44% con personas de 15 a 24 años.

II. Características y alcances

El alcance del inventario es Estatal, todas las emisiones estimadas y resultados fueron generados para el año 2021. La estimación se realizó por fuente conforme a la metodología recomendada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales descrita en los manuales del Programa de Inventarios de Emisiones para México⁹ la estimación se realizó para cuatro fuentes: fijas, área, biogénicas y móviles.

II.1 Contaminantes estimados

Los contaminantes estimados son:

- Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras (PM₁₀)
- Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras (PM_{2.5})
- Dióxido de Azufre (SO₂)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Amoníaco (NH₃)
- Carbono Negro (CN)

II.2 Tipos de fuentes

Conforme a lo establecido para los contaminantes criterio se consideran las siguientes fuentes:

- **Fuentes fijas:** Toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmosfera¹⁰;
- **Fuentes de área:** Las fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, y no pueden ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes fijas, sin embargo,

⁹ Manuales del Programa de Inventario de Emisiones de México.

¹⁰ Reglamento de la LGEEPA Ambiente en materia de Prevención y Control de la contaminación Atmosférica.

colectivamente las fuentes de área representan un porcentaje significativo de las emisiones de contaminantes.¹¹

- **Fuentes móviles:** Los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijos con motores de combustión y similares, que con motivo de su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera¹⁰.
- **Fuentes biogénicas:** Son los hidrocarburos emitidos por la vegetación como resultado de los mecanismos de crecimiento, defensa y reproducción de las plantas (Compuestos Orgánicos Volátiles COV) y al óxido nítrico (NO) proveniente de la desnitrificación de los suelos¹¹.

II.3 Metodología

El desarrollo del presente inventario se realizó en base a diferentes metodologías como las especificadas en los manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México (Radian, INE-SEMARNAT, USEPA, & Western, 1997), la Guía de Elaboración y Uso de Inventarios de Emisiones (INE, SEMARNAT & Western, G. A. 2005), el Manual para la Elaboración de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Área (INE & SEMARNAT, 2008); y los procedimientos utilizados para la elaboración de los Inventarios Nacionales de Emisiones para México utilizados por la SEMARNAT, así como de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA).

De manera específica en el apartado IV resultados por fuente de emisión, se menciona la metodología aplicada por fuente.

II.4 Aseguramiento y control de calidad

Para la elaboración del inventario se estableció un plan de aseguramiento de calidad, en el cual se precisaron las acciones que permitan el aseguramiento de la calidad durante todo el proceso de desarrollo, por lo que se diseñó de tal forma que en las

¹¹ Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM.

actividades realizadas se asegura la calidad de los resultados, con la finalidad garantizar que el inventario es preciso, completo, representativo y comparable

De igual forma, se llevó a cabo un sistema de control y seguimiento de cada una de las actividades, asimismo, durante todo el proceso de elaboración del inventario de emisiones se revisaron los resultados de las estimaciones, de manera interna como externa por parte de la SEMARNAT. Con lo anterior se evaluó la confiabilidad de los resultados con los principios de transparencia, comparabilidad, consistencia y confiabilidad.

En este sentido las emisiones estimadas y los criterios asumidos son reproducibles; toda la información utilizada para la estimación de emisiones se reportó y documentó para cada tipo de fuente. Además, esta desagregado a nivel municipal y los resultados son comparables con los inventarios nacionales, así como los de Estados Unidos y Canadá.

Asimismo, los datos de actividad, métodos de cálculo y factores de emisión utilizados, fueron evaluados en base a la información disponible a nivel local y nacional, así como a datos internacionales, juicio de expertos entre otros.

De igual forma se realizó la validación de las estimaciones mediante la confirmación la coherencia con los datos de actividad y tipo de fuente, así como datos provenientes de otras instituciones oficiales.

III. Emisiones de contaminantes criterio

El inventario de emisiones criterio integra la información de las emisiones de contaminantes clasificados como criterio, estos son; CO, NO_x, SO₂, COV, NH₃, partículas PM₁₀ y PM_{2.5} es una herramienta de consulta, dado que cuenta con toda la información sobre las emisiones de este tipo generadas por sus diferentes fuentes en un año de actividad, lo que permite tener el panorama de la influencia de las actividades antropogénicas o naturales en la contaminación atmosférica y la calidad del aire.

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos para el inventario de emisiones de contaminantes criterio del Estado de Querétaro 2021, en la primera parte se integran los resultados totales a nivel Estatal, posteriormente se realiza la desagregación por municipio, por subcategoría y por contaminante.

III.1 Emisiones totales de contaminantes criterio

Durante el 2021 se emitieron en el Estado de Querétaro un total de 9,353.96 toneladas de PM₁₀, 6,496.86 toneladas de PM_{2.5}, 2,197.05 toneladas de SO₂, 150,277.31 toneladas de CO, 46,898.42 toneladas de NO_x, 96,024.62 toneladas de COV, 19,310.52 toneladas de NH₃ y 969.14 toneladas de CN. Tabla 4.

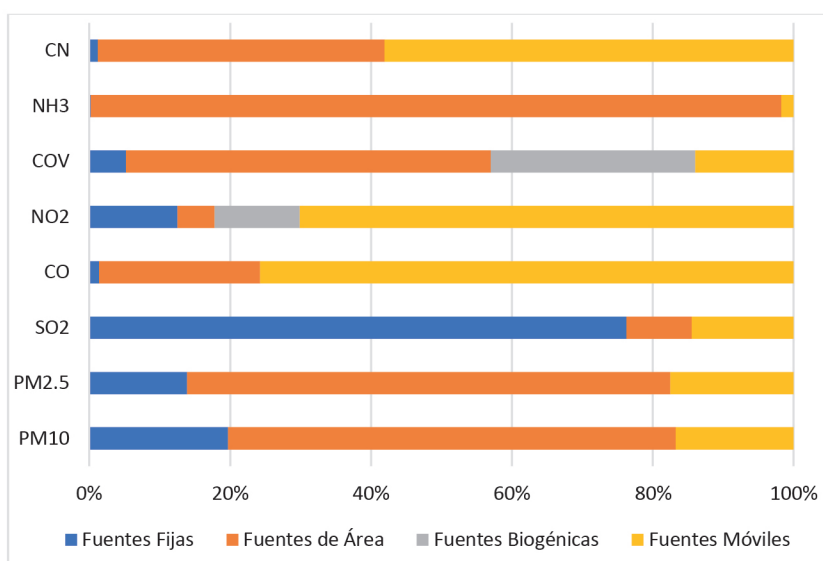
Tabla 4. Emisiones totales del por tipo de fuente, Estado de Querétaro 2021.

Categoría	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Fuentes Fijas	1,841.44	900.73	1,675.20	2,104.66	5,878.47	4,994.08	43.60	11.82
Fuentes de Área	5,946.02	4,458.94	204.14	34,340.89	2,475.57	49,764.39	18,931.58	394.47
Fuentes Biogénicas	-	-	-	-	5,663.65	27,860.43	-	-
Fuentes Móviles	1,566.50	1,137.19	317.71	113,831.76	32,881.03	13,405.73	335.34	562.86
Total	9,353.96	6,496.86	2,197.05	150,277.31	46,898.73	96,024.62	19,310.52	969.14

En la tabla 5, se muestra la distribución porcentual por tipo de fuente por contaminante, observando que las fuentes fijas son las principales aportantes de SO₂ (76.25%), las fuentes de área de NH₃ (98.04%), PM₁₀ (63.57%), PM_{2.5} (68.63%) y COV (51.82%), las fuentes móviles de CO (75.75%), NO_x (70.11%) y CN (58.08%).

Tabla 5. Distribución porcentual por tipo de fuentes, Estado de Querétaro.

Categoría	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Fuentes Fijas	19.69	13.86	76.25	1.40	12.53	5.20	0.23	1.22
Fuentes de Área	63.57	68.63	9.29	22.85	5.28	51.82	98.04	40.70
Fuentes Biogénicas	-	-	-	-	12.08	29.01	-	-
Fuentes Móviles	16.75	17.50	14.46	75.75	70.11	13.96	1.74	58.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Las fuentes fijas contribuyen principalmente en emisiones de SO₂. Las fuentes de área con emisiones de PM₁₀, PM_{2.5}, COV y NH₃ y las fuentes móviles de CO, NO_x y CN.

Gráfica 3. Contribución porcentual por tipo de fuente por contaminante, Querétaro.

III.2 Emisiones de contaminantes criterio por municipio

En cuanto a las emisiones por municipio, se observa que el municipio de Querétaro es el principal emisor de PM₁₀ (21.42%), CO (42.54%), NO_x (46.22%), SO₂ (38.68%) y CN (42.64%), COV (30.89%). El Marqués es el municipio que más aporta a las emisiones de PM_{2.5} (23.01%), mientras que Colón tiene la mayor aportación de NH₃ (14.13%). Tablas 6 y 7.

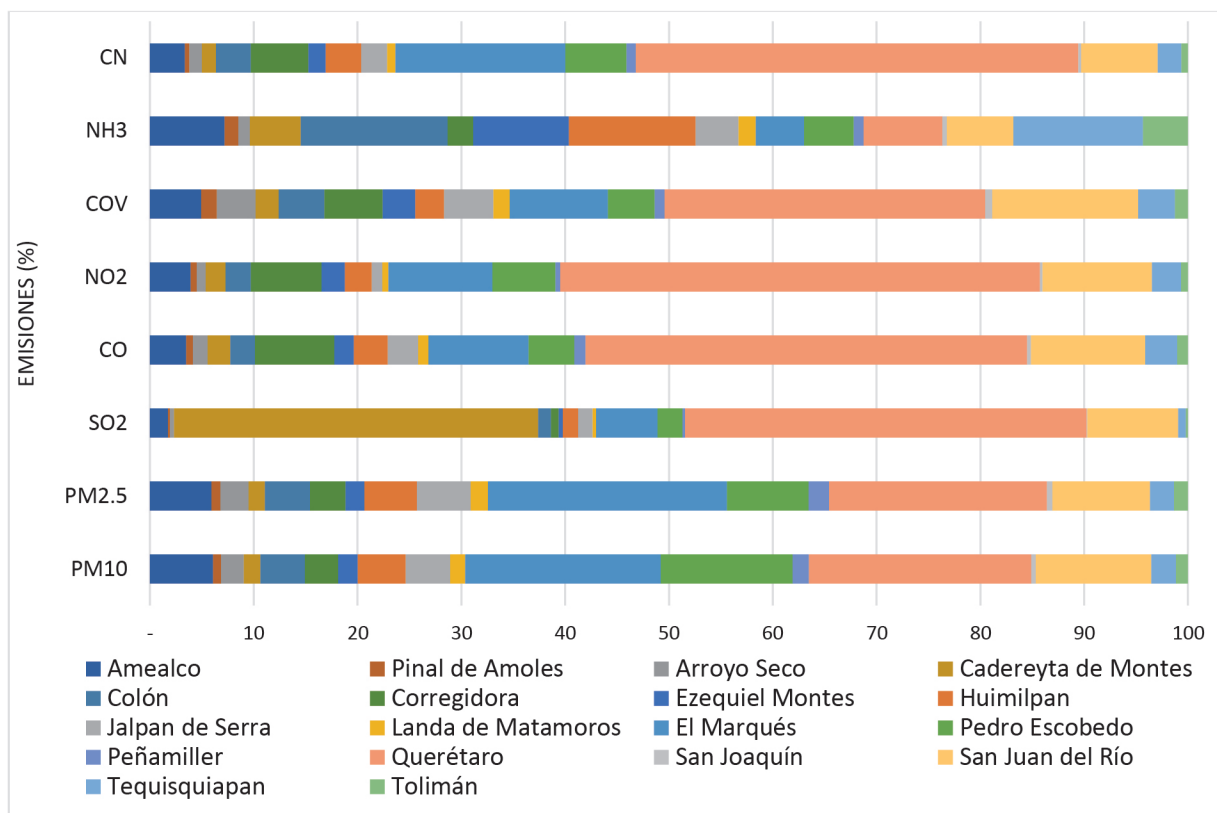
Tabla 6. Emisiones por municipio.

Municipio	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Amealco	568.59	384.20	38.18	5,251.61	1,834.39	4,729.63	1,391.54	32.58
Pinal de Amoles	72.04	57.62	3.84	975.58	276.06	1,458.10	255.27	4.17
Arroyo Seco	203.85	176.26	8.68	2,102.20	403.98	3,583.46	209.36	11.80
Cadereyta de Montes	150.48	101.62	770.79	3,293.04	903.92	2,133.55	950.40	13.06
Colón	402.37	282.74	27.12	3,563.55	1,142.85	4,231.06	2,728.69	32.68
Corregidora	299.56	222.07	16.66	11,533.99	3,189.28	5,404.23	481.41	53.72
Ezequiel Montes	176.14	117.26	8.38	2,800.67	1,053.03	3,008.54	1,775.89	16.21
Huimilpan	431.08	329.64	32.87	4,914.22	1,216.54	2,674.35	2,357.44	32.98
Jalpan de Serra	401.72	335.57	30.67	4,419.88	487.75	4,553.53	800.23	24.39
Landa de Matamoros	135.28	109.55	6.88	1,453.44	274.57	1,510.35	320.01	7.73
El Marqués	1,761.14	1,495.06	130.19	14,492.95	4,697.35	9,095.21	897.03	158.61
Pedro Escobedo	1,189.20	511.30	53.25	6,621.27	2,839.62	4,310.97	925.66	57.05
Peñamiller	147.18	128.13	5.09	1,640.56	215.79	913.77	184.57	8.53
Querétaro	2,003.66	1,363.68	849.85	63,926.08	21,677.36	29,658.65	1,462.88	413.21
San Joaquín	40.14	33.58	1.79	567.07	120.63	656.79	86.77	2.76
San Juan del Río	1,041.16	611.17	192.47	16,529.62	4,945.54	13,500.62	1,238.39	71.50
Tequisquiapan	221.20	150.49	16.22	4,655.36	1,310.31	3,397.83	2,407.10	22.00
Tolimán	109.16	86.93	4.12	1,536.21	309.77	1,204.01	837.88	6.16
Total	9,353.96	6,496.86	2,197.05	150,277.31	46,898.73	96,024.62	19,310.52	969.14

Tabla 7. Distribución porcentual de emisiones por municipio.

Municipio	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Amealco	6.08	5.91	1.74	3.49	3.91	4.93	7.21	3.36
Pinal de Amoles	0.77	0.89	0.17	0.65	0.59	1.52	1.32	0.43
Arroyo Seco	2.18	2.71	0.39	1.40	0.86	3.73	1.08	1.22
Cadereyta de Montes	1.61	1.56	35.08	2.19	1.93	2.22	4.92	1.35
Colón	4.30	4.35	1.23	2.37	2.44	4.41	14.13	3.37
Corregidora	3.20	3.42	0.76	7.68	6.80	5.63	2.49	5.54

Ezequiel Montes	1.88	1.80	0.38	1.86	2.25	3.13	9.20	1.67
Huimilpan	4.61	5.07	1.50	3.27	2.59	2.79	12.21	3.40
Jalpan de Serra	4.29	5.17	1.40	2.94	1.04	4.74	4.14	2.52
Landa de Matamoros	1.45	1.69	0.31	0.97	0.59	1.57	1.66	0.80
El Marqués	18.83	23.01	5.93	9.64	10.02	9.47	4.65	16.37
Pedro Escobedo	12.71	7.87	2.42	4.41	6.05	4.49	4.79	5.89
Peñamiller	1.57	1.97	0.23	1.09	0.46	0.95	0.96	0.88
Querétaro	21.42	20.99	38.68	42.54	46.22	30.89	7.58	42.64
San Joaquín	0.43	0.52	0.08	0.38	0.26	0.68	0.45	0.29
San Juan del Río	11.13	9.41	8.76	11.00	10.55	14.06	6.41	7.38
Tequisquiapan	2.36	2.32	0.74	3.10	2.79	3.54	12.47	2.27
Tolimán	1.17	1.34	0.19	1.02	0.66	1.25	4.34	0.64
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



III.3 Emisiones de contaminantes criterio por subcategoría

En las tablas 8 y 9 se muestran las emisiones generadas por subcategoría observando que las que más contribuye en emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5} son quemas agrícolas (21.18% y 29.31% respectivamente), seguidas de combustión doméstica (14.72% y 20.44%), para el SO₂ el cemento y cal es la industria es la que tiene la mayor contribución (34.66%), seguida del vidrio (19.02%), para el CO los autos particulares (23.68%), seguidas de las motocicletas (19.14%), el NO_x los tractocamiones tienen el mayor aporte (23.42%), seguidas de los autos particulares (12.49%), para los COV las biogénicas son las que tiene la mayor aportación (29.01%), seguidos de manejo y distribución de gas L.P. (22.35%) el NH₃ su principal aportante son las emisiones ganaderas (83.11%), seguidas de emisiones domesticas de amoniaco (7.71%) y para el CN la subcategoría que más emisiones genera son los tractocamiones (40.22%), después las quemas agrícolas (23.58%) .

Tabla 8. Emisiones de contaminantes criterio por subcategoría

Categoría	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
FUENTES FIJAS	1,841.44	900.73	1,675.20	2,104.66	5,878.47	4,994.08	43.60	11.82
Federal	1,361.41	656.29	1,496.71	1,502.29	4,920.66	3,692.26	21.33	8.66
Automotriz	213.03	151.53	1.08	83.58	101.67	1,380.03	2.65	0.42
Celulosa y papel	65.60	27.92	4.95	204.48	398.72	715.92	5.92	0.94
Cemento y cal	63.95	35.88	761.42	11.26	58.99	0.84	0.36	0.20
Generación de energía eléctrica	586.32	75.52	8.01	920.10	1,585.77	23.64	0.07	5.06
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	25.94	20.41	0.68	93.20	111.36	449.23	3.56	0.56
Petróleo y petroquímica	0.00	0.00	0.00	0.05	0.30	410.22	0.00	0.00
Pinturas y tintas	3.00	1.73	0.01	1.79	2.13	224.60	0.07	0.01
Química	52.06	31.53	294.15	45.23	68.28	442.24	1.61	0.34
Tratamiento de residuos peligrosos	1.28	1.12	0.03	1.00	5.18	33.32	0.17	0.03
Vidrio	350.24	310.65	426.36	141.61	2,588.25	12.23	6.92	1.10
Estatal	480.03	244.44	178.50	602.36	957.82	1,301.82	22.27	3.16
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	16.26	13.26	0.23	24.05	29.48	540.86	0.90	0.08
Alimentos y bebidas	82.06	43.54	173.73	254.38	432.11	40.33	10.17	1.44
Extracción /beneficio de minerales no metálicos	5.35	3.45	0.05	0.99	1.68	10.88	0.03	0.00
Impresión	23.09	16.49	0.08	5.29	5.27	232.88	0.12	0.01

Industria de la madera	15.57	13.39	0.67	18.72	6.89	0.76	0.00	0.00
Industria del Plástico y hule	33.07	23.55	0.17	7.81	13.23	175.46	0.12	0.02
Industria textil	9.20	8.65	0.58	80.61	95.97	5.28	3.08	0.49
Manejo de desechos y remediación	0.66	0.37	0.04	3.07	11.97	0.12	0.00	0.00
Metálico	23.77	17.72	0.09	9.02	14.07	201.63	0.29	0.08
Mezclas químicas	44.20	23.24	2.22	165.19	301.14	23.45	6.28	0.99
Minerales no metálicos	224.41	79.04	0.62	30.65	42.93	4.92	1.18	0.04
Papel y cartón	2.35	1.73	0.02	2.59	3.09	65.24	0.10	0.01
Plástico y Hule	0.03	0.02	-	-	-	0.00	-	-
FUENTES DE ÁREA	5,946.02	4,458.94	204.14	34,340.89	2,475.57	49,764.39	18,931.58	394.47
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	1,389.54	1,340.67	51.81	11,621.11	1,618.76	4,959.01	3.26	82.20
Combustión agrícola								
Gas L. P.	0.91	0.91	0.15	9.69	17.02	0.59	-	0.06
Combustión comercial								
Gas L. P.	3.01	3.01	0.37	24.71	43.46	2.61	-	0.12
Gas natural	2.29	2.18	0.51	25.06	33.67	1.90	0.15	0.07
Combustión doméstica								
Gas L. P.	79.50	79.50	9.76	650.12	1,141.43	39.87	-	5.33
Gas natural	2.30	2.30	0.18	25.44	30.29	1.67	0.15	0.15
Leña	1,294.70	1,246.41	37.04	10,815.80	259.28	4,907.86	-	76.03
Combustión industrial								
Gas L. P.	0.34	0.34	0.04	2.36	4.14	0.14	-	0.02
Diesel	0.61	0.15	3.30	3.06	12.25	0.12	0.49	0.02
Gas natural	5.87	5.87	0.46	64.87	77.22	4.25	2.47	0.39
Uso de solventes	-	-	-	-	-	12,816.42	-	-
Artes gráficas	-	-	-	-	-	411.64	-	-
Asfaltado	-	-	-	-	-	908.53	-	-
Lavado en seco	-	-	-	-	-	78.46	-	-
Limpieza de superficies industriales	-	-	-	-	-	8,731.62	-	-
Pintado automotriz	-	-	-	-	-	485.93	-	-
Pintura de señalización vial	-	-	-	-	-	11.85	-	-
Recubrimiento de superficies industriales	-	-	-	-	-	804.07	-	-
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	-	-	-	-	-	1,384.32	-	-
Uso doméstico de solventes	-	-	-	-	-	5,629.72	-	-
Productos en aerosol	-	-	-	-	-	81.80	-	-
Productos domésticos	-	-	-	-	-	640.14	-	-

Productos de cuidado personal	-	-	-	-	-	1,867.09	-	-
Productos de cuidado automotriz	-	-	-	-	-	1,084.69	-	-
Adhesivos y selladores	-	-	-	-	-	462.33	-	-
Pesticidas comerciales y domésticos	-	-	-	-	-	1,440.33	-	-
Productos misceláneos	-	-	-	-	-	53.35	-	-
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	-	-	-	-	-	22,971.86	-	-
Manejo y distribución de Gas LP	-	-	-	-	-	21,459.11	-	-
Manejo y distribución de combustibles	-	-	-	-	-	1,512.75	-	-
Fuentes industriales ligeras y comerciales	276.22	79.74	2.23	1,227.44	21.08	72.46	0.10	13.18
Actividades de construcción	214.31	21.43	-	-	-	-	-	-
Asados al carbón	31.15	31.09	0.02	23.52	0.12	14.73	-	1.89
Panificación	-	-	-	-	-	53.74	-	-
Ladrilleras	30.76	27.22	2.21	1,203.92	20.96	3.99	0.10	11.29
Agropecuarias	3,269.50	2,169.04	61.28	12,856.31	560.42	1,472.51	17,357.21	228.52
Aplicación de fertilizantes	-	-	-	-	-	-	1,050.64	-
Aplicación de plaguicidas	-	-	-	-	-	56.91	-	-
Emisiones ganaderas	-	-	-	-	-	-	16,049.57	-
Corrales de engorda	193.63	22.11	-	-	-	-	-	-
Labranza	1,094.44	242.64	-	-	-	-	-	-
Quemas agrícolas	1,981.43	1,904.29	61.28	12,856.31	560.42	1,415.60	257.00	228.52
Manejo de residuos	180.89	165.65	4.76	423.03	28.56	1,267.38	-	19.88
Aguas residuales	-	-	-	-	-	634.79	-	-
Relleno sanitario	-	-	-	18.42	-	489.78	-	-
Quema de residuos a cielo abierto	180.89	165.65	4.76	404.61	28.56	142.80	-	19.88
Fuentes misceláneas	829.88	703.83	84.06	8,213.00	246.74	575.02	1,571.01	50.69
Incendios de construcciones	0.47	0.44	7.51	0.18	0.47	0.06	-	0.06
Esterilización de material hospitalario	-	-	-	-	-	1.49	-	-
Incendios forestales	828.67	703.21	76.55	8,212.82	246.28	573.47	82.34	50.63
Emisiones domésticas de amoníaco	-	-	-	-	-	-	1,488.67	-
Bancos de material	0.74	0.18	-	-	-	-	-	-
FUENTES NATURALES	-	-	-	-	5,663.65	27,860.43	-	-
Biogénicas	-	-	-	-	5,663.65	27,860.43	-	-

FUENTES MOVILES	1,566.50	1,137.19	317.71	113,831.76	32,881.03	13,405.73	335.34	562.86
Fuentes carreteras	1,374.35	945.12	61.55	111,910.79	29,171.40	13,200.38	329.80	537.50
Motocicletas	94.94	58.40	11.34	28,762.99	1,551.98	2,915.19	131.41	7.91
Autos particulares	179.14	81.02	17.41	35,586.82	5,859.35	4,762.55	89.56	15.74
Taxis	1.24	0.30	0.18	188.91	53.52	28.62	1.90	0.04
Camionetas SUV	85.61	39.38	9.60	21,104.28	3,690.07	2,217.12	41.71	8.67
Pick Up	81.12	46.42	6.91	20,516.93	3,655.52	2,507.53	31.82	13.61
Combis/Vagonetas	15.46	10.72	0.79	1,481.84	372.90	130.99	3.79	6.38
Vehículos < a 3.8 t. locales	0.32	0.22	0.02	23.71	5.53	1.99	0.07	0.14
Autobuses	151.15	122.01	2.15	778.53	2,423.52	118.10	5.06	83.39
Microbuses	3.85	2.89	0.09	64.93	104.88	9.00	1.04	1.92
Vehículos > a 3.8 t. locales	29.72	23.25	0.40	216.71	468.35	47.53	1.08	9.92
Tractocamiones	731.80	560.50	12.66	3,185.14	10,985.78	461.76	22.36	389.79
Fuentes no carreteras	192.15	192.07	256.16	1,920.97	3,709.64	205.35	5.54	25.36
Operación de aeronaves	2.87	2.86	37.81	1,283.94	478.23	153.37	-	0.00
Locomotoras	20.98	20.98	61.41	121.70	839.22	51.53	-	0.00
Terminal de autobuses	0.29	0.23	0.00	1.45	4.60	0.23	0.01	0.16
Maquinaria agrícola	168.00	168.00	156.93	513.89	2387.59	0.23	5.53	25.20
Total	9,353.96	6,496.86	2,197.05	150,277.31	46,898.73	96,024.62	19,310.52	969.14

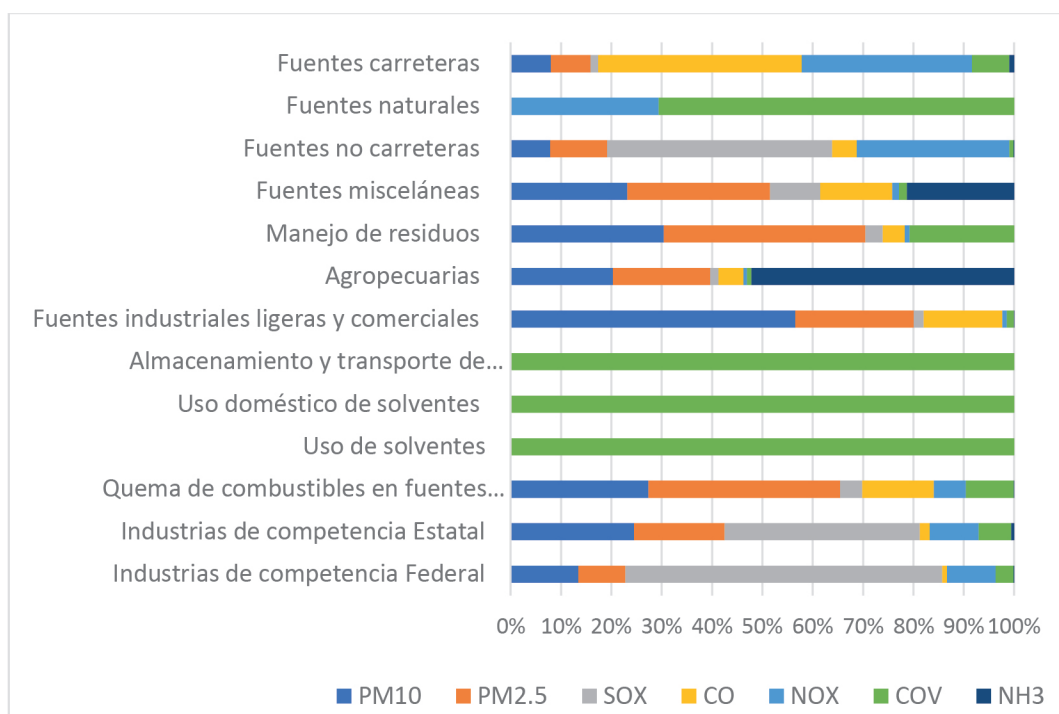
Tabla 9. Contribución porcentual de emisiones por categoría, Estado de Querétaro, 2021.

Categoría	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
FUENTES FIJAS	19.69	13.86	76.25	1.40	12.53	5.20	0.23	1.22
Industrias de competencia Federal	14.55	10.10	68.12	1.00	10.49	3.85	0.11	0.89
Automotriz	2.28	2.33	0.05	0.06	0.22	1.44	0.01	0.04
Celulosa y papel	0.70	0.43	0.23	0.14	0.85	0.75	0.03	0.10
Cemento y cal	0.68	0.55	34.66	0.01	0.13	0.00	0.00	0.02
Generación de energía eléctrica	6.27	1.16	0.36	0.61	3.38	0.02	0.00	0.52
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	0.28	0.31	0.03	0.06	0.24	0.47	0.02	0.06
Petróleo y petroquímica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	-	0.00
Pinturas y tintas	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
Química	0.56	0.49	13.39	0.03	0.15	0.46	0.01	0.03
Tratamiento de residuos peligrosos	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
Vidrio	3.74	4.78	19.41	0.09	5.52	0.01	0.04	0.11
Industrias de competencia Estatal	5.13	3.76	8.12	0.40	2.04	1.36	0.12	0.33

Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	0.17	0.20	0.01	0.02	0.06	0.56	0.00	0.01
Alimentos y bebidas	0.88	0.67	7.91	0.17	0.92	0.04	0.05	0.15
Extracción /beneficio de minerales no metálicos	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Impresión	0.25	0.25	0.00	0.00	0.01	0.24	0.00	0.00
Industria de la madera	0.17	0.21	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Industria del plástico y hule	0.35	0.36	0.01	0.01	0.03	0.18	0.00	0.00
Industria textil	0.10	0.13	0.03	0.05	0.20	0.01	0.02	0.05
Manejo de desechos y remediación	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Metálico	0.25	0.27	0.00	0.01	0.03	0.21	0.00	0.01
Mezclas químicas	0.47	0.36	0.10	0.11	0.64	0.02	0.03	0.10
Minerales no metálicos	2.40	1.22	0.03	0.02	0.09	0.01	0.01	0.00
Papel y cartón	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00
Plástico y Hule	0.00	0.00	-	-	-	0.00	-	-
FUENTES DE ÁREA	63.57	68.63	9.29	22.85	5.28	51.82	98.04	40.70
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	14.86	20.64	2.36	7.73	3.45	5.16	0.02	8.48
Combustión agrícola								
Gas L. P.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	-	0.01
Combustión comercial								
Gas L. P.	0.03	0.05	0.02	0.02	0.09	0.00	-	0.01
Gas natural	0.02	0.03	0.02	0.02	0.07	0.00	0.00	0.01
Combustión doméstica								
Gas L. P.	0.85	1.22	0.44	0.43	2.43	0.04	-	0.55
Gas natural	0.02	0.04	0.01	0.02	0.06	0.00	0.00	0.02
Leña	13.84	19.18	1.69	7.20	0.55	5.11	-	7.85
Combustión industrial								
Gas L. P.	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	-	0.00
Diesel	0.01	0.00	0.15	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Gas natural	0.06	0.09	0.02	0.04	0.16	0.00	0.01	0.04
Uso de solventes	-	-	-	-	-	13.35	-	-
Artes gráficas	-	-	-	-	-	0.43	-	-
Asfaltado	-	-	-	-	-	0.95	-	-
Lavado en seco	-	-	-	-	-	0.08	-	-
Limpieza de superficies industriales	-	-	-	-	-	9.09	-	-
Pintado automotriz	-	-	-	-	-	0.51	-	-
Pintura de señalización vial	-	-	-	-	-	0.01	-	-

Recubrimiento de superficies industriales	-	-	-	-	-	0.84	-	-
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	-	-	-	-	-	1.44	-	-
Uso doméstico de solventes	-	-	-	-	-	5.86	-	-
Productos en aerosol	-	-	-	-	-	0.09	-	-
Productos domésticos	-	-	-	-	-	0.67	-	-
Productos de cuidado personal	-	-	-	-	-	1.94	-	-
Productos de cuidado automotriz	-	-	-	-	-	1.13	-	-
Adhesivos y selladores	-	-	-	-	-	0.48	-	-
Pesticidas comerciales y domésticos	-	-	-	-	-	1.50	-	-
Productos misceláneos	-	-	-	-	-	0.06	-	-
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	-	-	-	-	-	23.92	-	-
Manejo y distribución de Gas LP	-	-	-	-	-	22.35	-	-
Manejo y distribución de combustibles	-	-	-	-	-	1.58	-	-
Fuentes industriales ligeras y comerciales	2.95	1.23	0.10	0.82	0.04	0.08	0.00	1.36
Actividades de construcción	2.29	0.33	-	-	-	-	-	-
Asados al carbón	0.33	0.48	0.00	0.02	0.00	0.02	-	0.20
Panificación	-	-	-	-	-	0.06	-	-
Ladrilleras	0.33	0.42	0.10	0.80	0.04	0.00	0.00	1.16
Agropecuarias	34.95	33.39	2.79	8.56	1.19	1.53	89.88	23.58
Aplicación de fertilizantes	-	-	-	-	-	-	5.44	-
Aplicación de plaguicidas	-	-	-	-	-	0.06	-	-
Emisiones ganaderas	-	-	-	-	-	-	83.11	-
Corrales de engorda	2.07	0.34	-	-	-	-	-	-
Labranza	11.70	3.73	-	-	-	-	-	-
Quemas agrícolas	21.18	29.31	2.79	8.56	1.19	1.47	1.33	23.58
Manejo de residuos	1.93	2.55	0.22	0.28	0.06	1.32	-	2.05
Aguas residuales	-	-	-	-	-	0.66	-	-
Relleno sanitario	-	-	-	0.01	-	0.51	-	-
Quema de residuos a cielo abierto	1.93	2.55	0.22	0.27	0.06	0.15	-	2.05
Fuentes misceláneas	8.87	10.83	3.83	5.47	0.53	0.60	8.14	5.23
Incendios de construcciones	0.01	0.01	0.34	0.00	0.00	0.00	-	0.01
Esterilización de material hospitalario	-	-	-	-	-	0.00	-	-

Incendios forestales	8.86	10.82	3.48	5.47	0.53	0.60	0.43	5.22
Emisiones domésticas de amoníaco	-	-	-	-	-	-	7.71	
Bancos de material	0.01	0.00	-	-	-	-	-	
FUENTES NATURALES	-	-	-	-	12.08	29.01	-	-
Biogénicas					12.08	29.01		
FUENTES MOVILES	16.75	17.50	14.46	75.75	70.11	13.96	1.74	58.08
Fuentes carreteras	14.69	14.55	2.80	74.47	62.20	13.75	1.71	55.46
Motocicletas	1.01	0.90	0.52	19.14	3.31	3.04	0.68	0.82
Autos particulares	1.92	1.25	0.79	23.68	12.49	4.96	0.46	1.62
Taxis	0.01	0.00	0.01	0.13	0.11	0.03	0.01	0.00
Camionetas SUV	0.92	0.61	0.44	14.04	7.87	2.31	0.22	0.89
Pick Up	0.87	0.71	0.31	13.65	7.79	2.61	0.16	1.40
Combis/Vagonetas	0.17	0.16	0.04	0.99	0.80	0.14	0.02	0.66
Vehículos < a 3.8 t. locales	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01
Autobuses	1.62	1.88	0.10	0.52	5.17	0.12	0.03	8.60
Microbuses	0.04	0.04	0.00	0.04	0.22	0.01	0.01	0.20
Vehículos > a 3.8 t. locales	0.32	0.36	0.02	0.14	1.00	0.05	0.01	1.02
Tractocamiones	7.82	8.63	0.58	2.12	23.42	0.48	0.12	40.22
Fuentes no carreteras	2.05	2.96	11.66	1.28	7.91	0.21	0.03	2.62
Maquinaria agrícola	0.03	0.04	1.72	0.85	1.02	0.16	-	-
Operación de aeronaves	0.22	0.32	2.80	0.08	1.79	0.05	-	-
Locomotoras	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Terminal de autobuses	1.80	2.59	7.14	0.34	5.09	0.00	0.03	2.60
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Gráfica 5. Distribución de emisiones por categoría por contaminante.

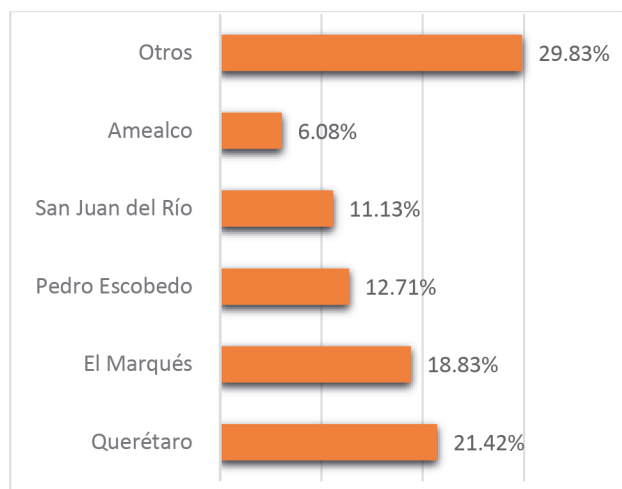
III.4 Emisiones de contaminantes criterio por contaminante

III.4.1 Partículas PM₁₀

El municipio con mayor aportación de partículas menores a diez micrómetros (PM₁₀) es Querétaro (21.42%), seguido de El Márquez (18.83%), Pedro Escobedo (12.71%) y San Juan del Río (11.13%) los cuales aportan aproximadamente el 60% de emisiones totales de PM₁₀. Tabla 10 y gráfica 6.

Tabla 10. Emisiones de PM₁₀ por municipio.

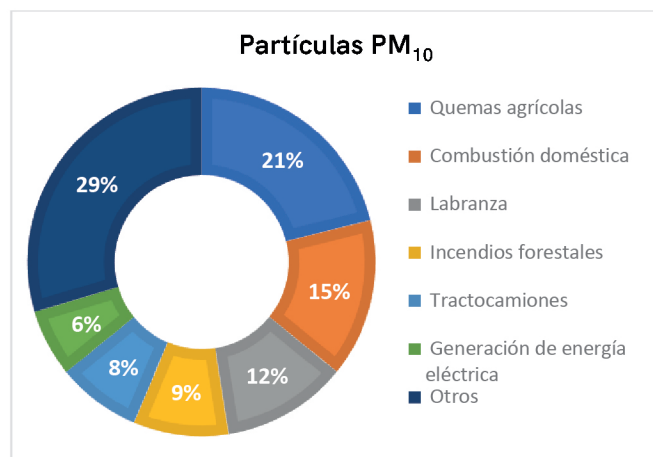
Municipio	PM ₁₀ (t/a)
Querétaro	2,003.66
El Marqués	1,761.14
Pedro Escobedo	1,189.20
San Juan del Río	1,041.16
Amealco	568.59
Otros	2,790.21
Total	9,353.96

Gráfica 6. Distribución de PM₁₀ por municipio.

Las principales subcategorías de emisión de PM₁₀ son las quemas agrícolas (21.2%), combustión doméstica (14.7%), labranza (11.7%), incendios forestales (8.9%), tractocamiones (7.8%), generación de energía eléctrica (6.3%) y otras subcategorías (29.5%). Tabla 11, Gráfica 7.

Tabla 11. Emisiones de PM₁₀ por subcategoría.

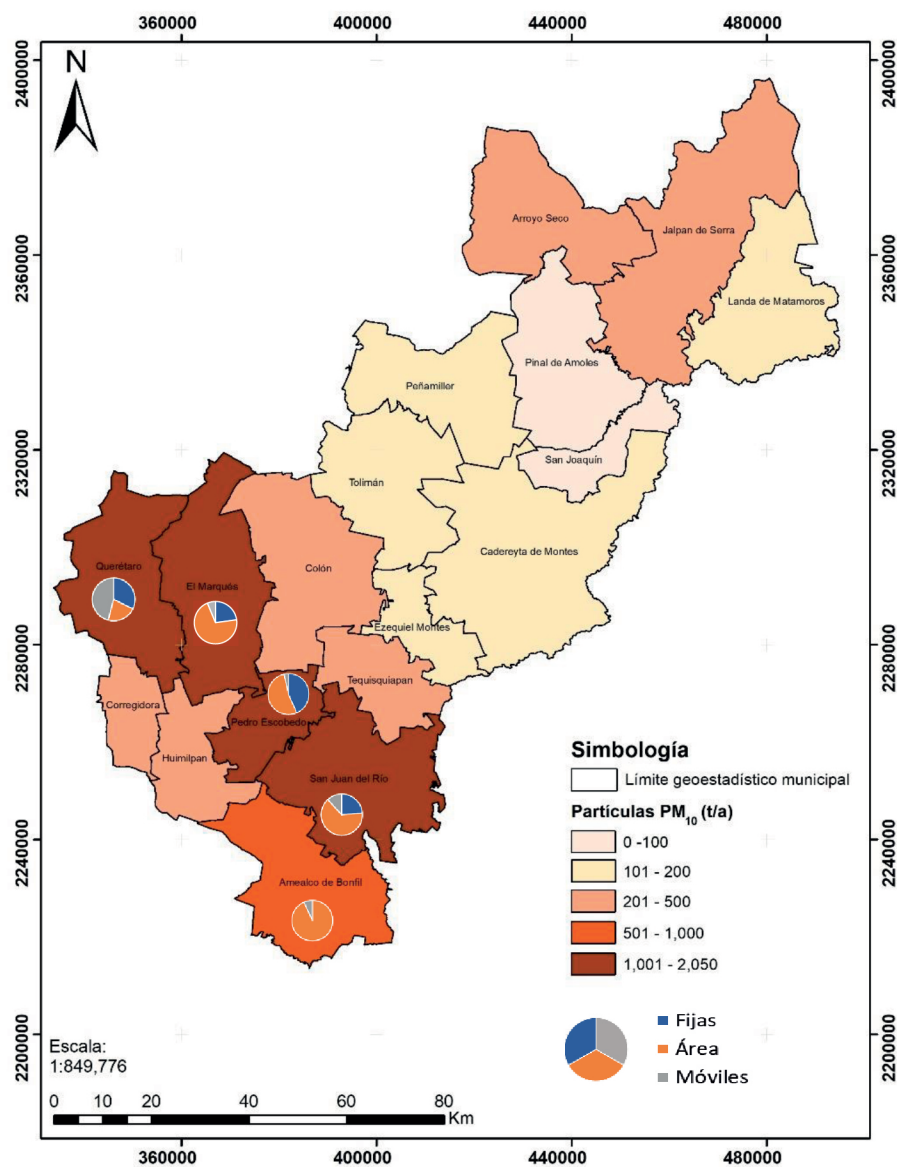
Subcategoría	PM ₁₀ (t/a)
Quemas agrícolas	1,981.43
Combustión doméstica	1,376.51
Labranza	1,094.44
Incendios forestales	828.67
Tractocamiones	731.80
Generación de energía eléctrica	586.32
Otros	2,754.79
Total	9,353.96

Gráfica 7. Emisiones de PM₁₀ por subcategoría.

En cuanto a la contribución de PM₁₀ por fuente de emisión, las fuentes de área son las principales emisoras, seguidas de fuentes fijas y fuentes móviles.



En el mapa 8, se muestra una representación geográfica de cómo están distribuidas las emisiones de PM_{10} por municipio.



Mapa 8. Distribución de emisión de PM_{10} por municipio

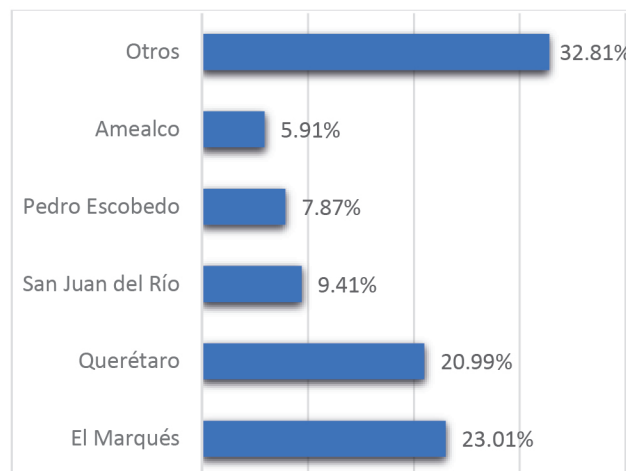
Fuente: elaboración propia.

III.4.2 Partículas PM_{2.5}

El municipio con mayor contribución de partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) es El Marqués (23.01%), seguido de Querétaro (20.99%), San Juan del Río (9.41%) y Pedro Escobedo (7.87%) que en conjunto aportan un poco más del 60% de las emisiones totales de PM_{2.5}. Tabla 12 y gráfica 8.

Tabla 12. Emisiones de PM_{2.5} por municipio.

Municipio	PM _{2.5} (t/a)
El Marqués	1,495.06
Querétaro	1,363.68
San Juan del Río	611.17
Pedro Escobedo	511.30
Amealco	384.20
Otros	2,131.46
Total	6,496.86

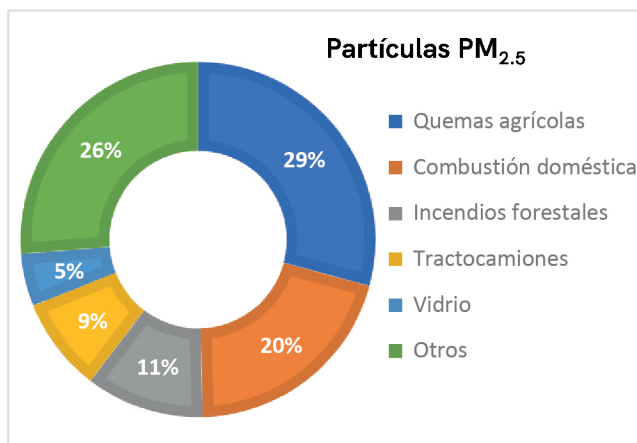


Gráfica 8. Distribución de PM_{2.5} por municipio

Las principales subcategorías de emisión de PM_{2.5} son quemas agrícolas (29.3%), combustión doméstica (20.4%), incendios forestales (10.8%), tractocamiones (8.6%), vidrio (4.8%) contribuyendo con más del 70% de emisiones de PM_{2.5}. Tabla 13, Gráfica 9.

Tabla 13. Emisiones de PM_{2.5} por subcategoría

Subcategoría	PM _{2.5} (t/a)
Quemas agrícolas	1,904.29
Combustión doméstica	1,328.22
Incendios forestales	703.21
Tractocamiones	560.50
Vidrio	310.65
Otros	1,689.99
Total	6,496.86



Gráfica 9. Emisiones de PM_{2.5} por subcategoría.

En cuanto a la contribución por fuente de emisión de $PM_{2.5}$, las fuentes de área son las principales, seguidas de fuentes móviles y por ultimo las fuentes fijas.



68.63%
Fuentes de área

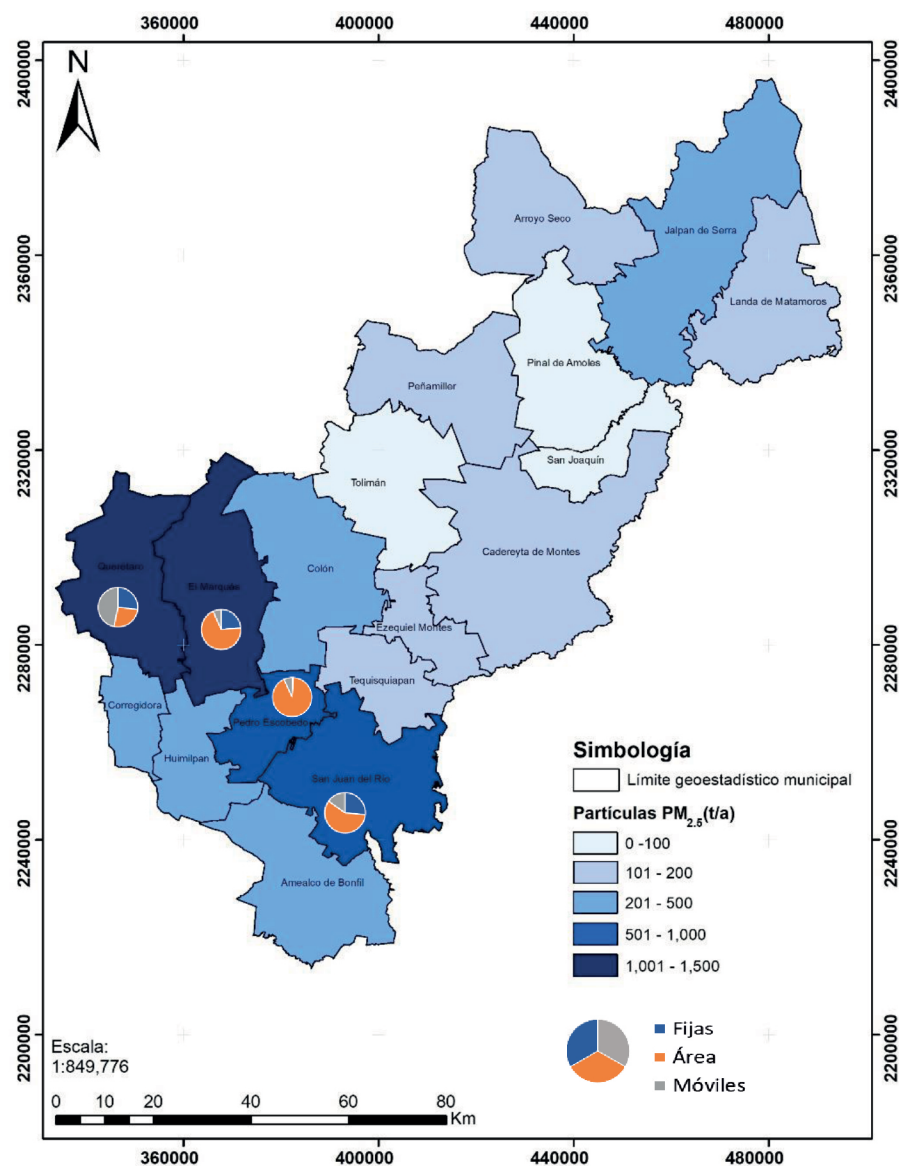


13.86%
Fuentes fijas



17.50%
Fuentes móviles

En el mapa 9, se muestra una representación geográfica de cómo están distribuidas las emisiones de $PM_{2.5}$ por municipio, observando que los municipios de Querétaro y El Marqués son los que tienen las mayores emisiones.



Mapa 9. Distribución de emisiones de $PM_{2.5}$ por municipio.

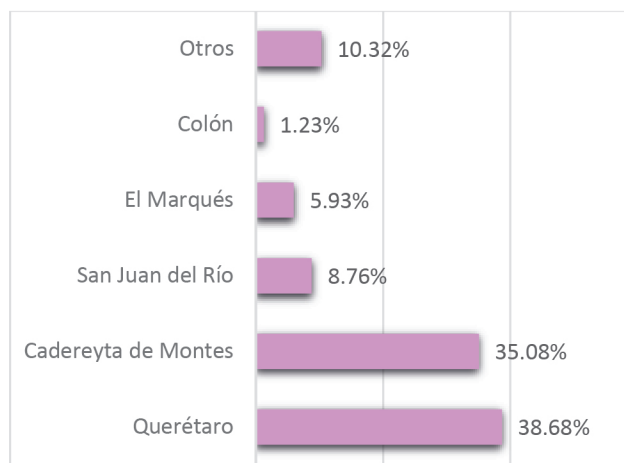
Fuente: elaboración propia.

III.4.3 Dióxido de Azufre (SO_2)

Los municipios con mayor contribución de dióxido de azufre son Querétaro (38.68%), Cadereyta de Montes (345.08%) y San Juan del Río (8.76%) que contribuyen con poco más del 80% de emisiones de SO_2 . Tabla 14 y gráfica 10.

Tabla 14. Emisiones de SO₂ por municipio.

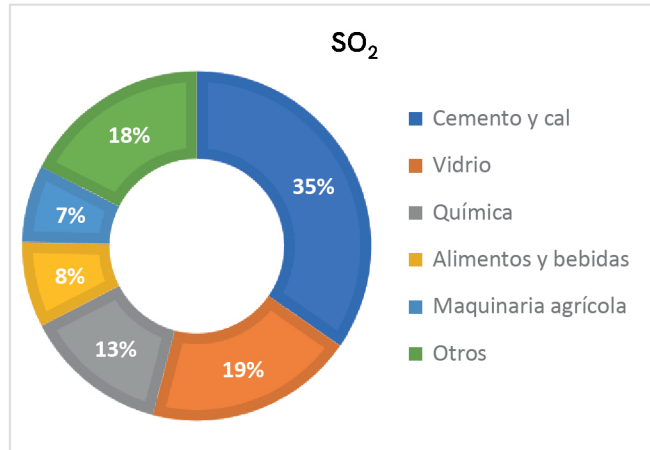
Municipio	SO ₂ (t /a)
Querétaro	849.85
Cadereyta de Montes	770.79
San Juan del Río	192.47
El Marqués	130.19
Colón	27.12
Otros	226.63
Total	2,197.05

Gráfica 10. Distribución de SO₂ por municipio.

Las subcategorías que contribuyen en mayor proporción son cemento y cal (34.0%), vidrio (19.0%), Química (13.3%), alimentos y bebidas (7.8%) y combustión agrícola (7.0%), que contribuyen en conjunto con poco más del 80%. Tabla 15 y Gráfica 11.

Tabla 15. Emisiones de SO₂ por subcategoría

Subcategoría	SO ₂ (t /a)
Cemento y cal	761.42
Vidrio	426.36
Química	294.15
Alimentos y bebidas	173.73
Maquinaria agrícola	156.93
Otros	384.45
Total	2,197.05

Gráfica 11. Emisiones de SO₂ por subcategoría.

Para la contribución por fuente de emisión de SO₂, las fuentes fijas son las principales, seguidas de fuentes móviles y por ultimo las fuentes de área.



9.29%
Fuentes de área

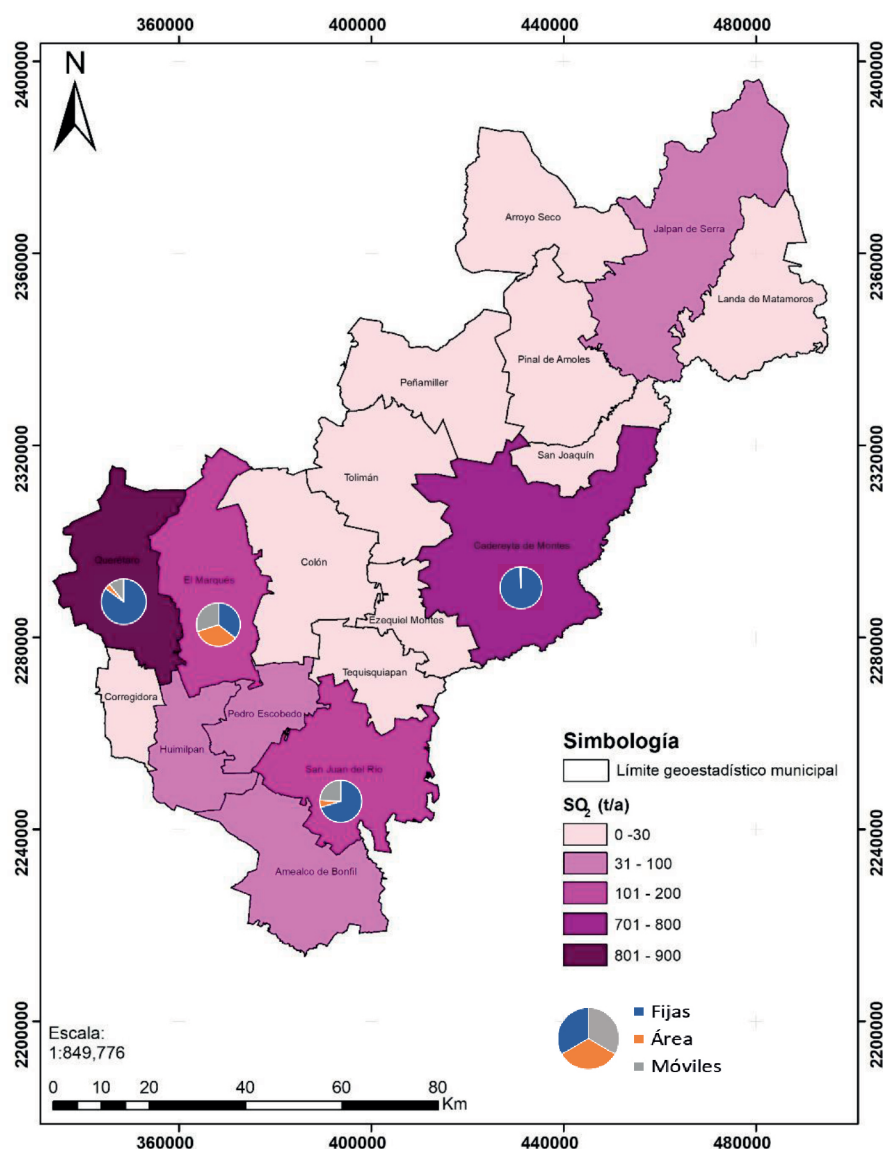


76.25%
Fuentes fijas



14.46%
Fuentes móviles

La distribución geográfica del SO_2 se muestra en el mapa 8, observando que el municipio de Querétaro es el que tiene la mayor contribución, seguido de San Cadereyta de Montes.



Mapa 10. Distribución de emisiones de SO_2 por municipio.

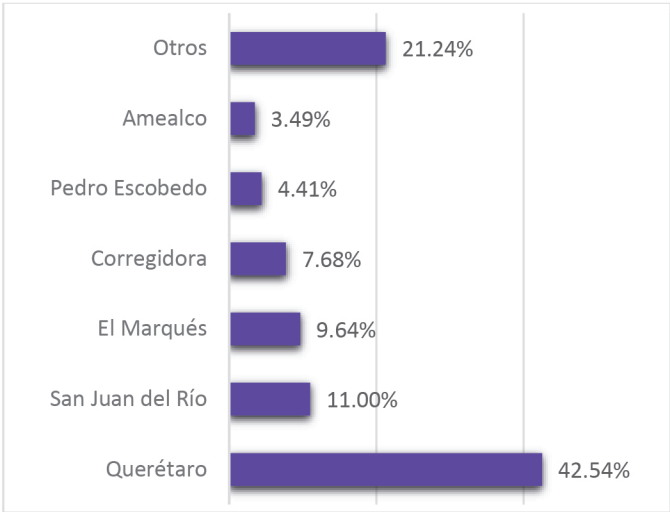
Fuente: elaboración propia.

III.4.4 Monóxido de Carbono (CO)

Las emisiones de monóxido de carbono se generan en una mayor proporción en los municipios de Querétaro (42.56%), San Juan del Río (10.99%), El Marqués (9.64%) y Corregidora (7.67%) los cuales contribuyen con aproximadamente el 71% de emisiones de CO. Tabla 16 y gráfica 12.

Tabla 16. Emisiones de CO por municipio.

Municipio	CO (t/a)
Querétaro	63,926.08
San Juan del Río	16,529.62
El Marqués	14,492.95
Corregidora	11,533.99
Pedro Escobedo	6,621.27
Amealco de Bonfil de Bonfil	5,251.61
Otros	31,921.79
Total	150,277.31

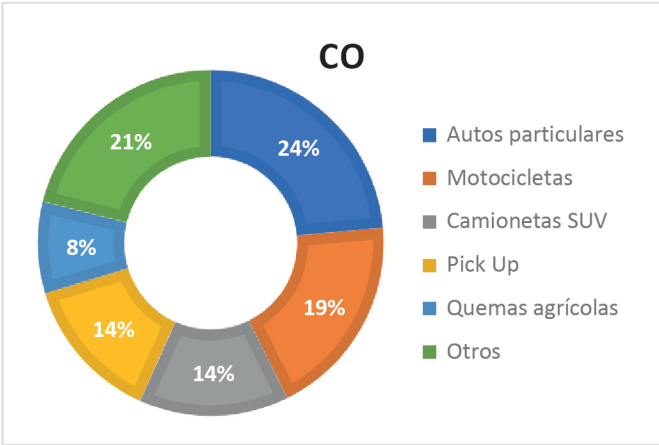


Gráfica 12. Distribución de CO por municipio.

Los contribuyentes principales son los autos particulares (23.7%), motocicletas (19.1%), camionetas SUV (14.0%), Pick Up (13.7%) y quemas agrícolas (8.6%) las cuales representan aproximadamente el 79% de emisiones de CO. Tabla 17 Gráfica 13.

Tabla 17. Emisiones de CO por subcategoría.

Subcategoría	CO (t/a)
Autos particulares	35,586.82
Motocicletas	28,762.99
Camionetas SUV	21,104.28
Pick Up	20,516.93
Quemas agrícolas	12,856.31
Otros	31,449.97
Total	150,277.31

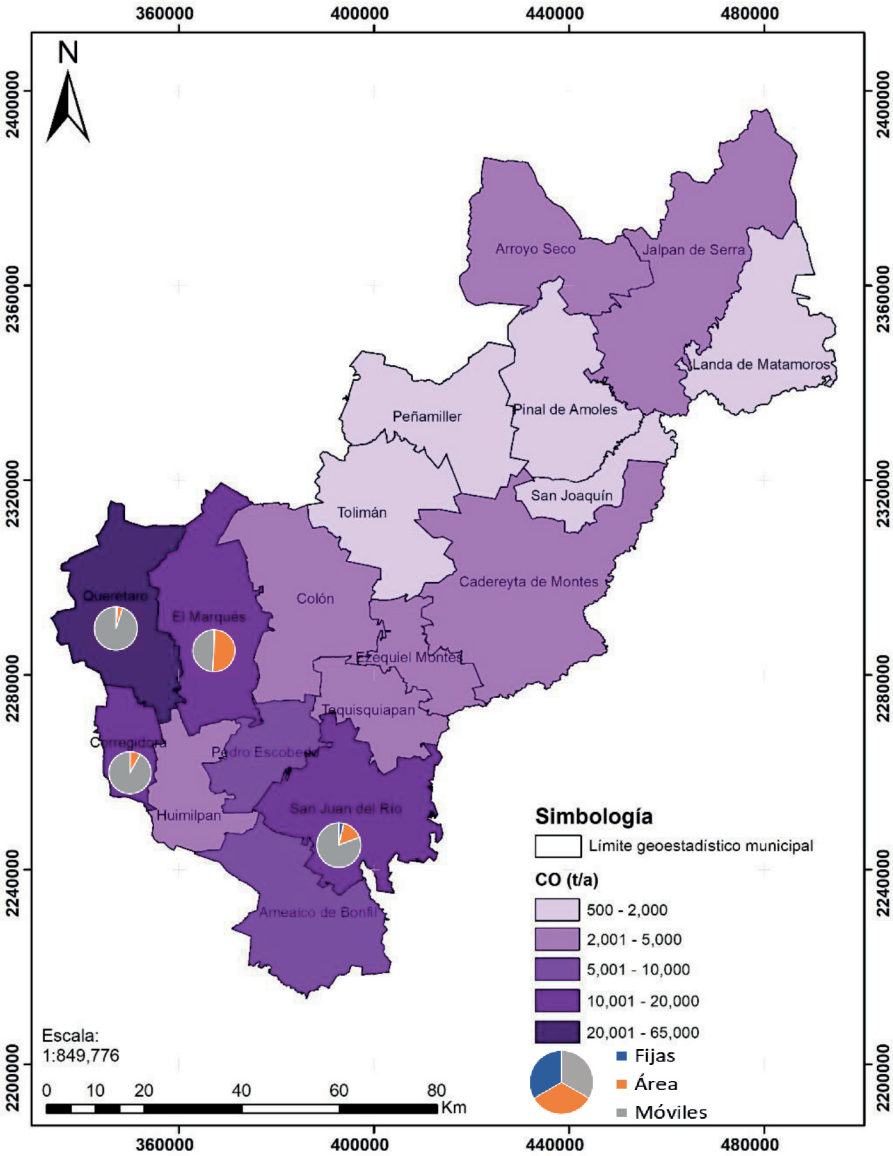


Gráfica 13. Emisiones de CO por subcategoría.

En cuanto a la contribución por fuente de emisión para CO, las fuentes móviles son las principales, seguidas de fuentes de área y por ultimo las fuentes fijas.



La contribución más significativa se genera en los municipios de Querétaro seguido de El Marqués, San Juan del Rio y Corregidora. Mapa 11.



Mapa 11. Distribución de emisiones CO por municipio.

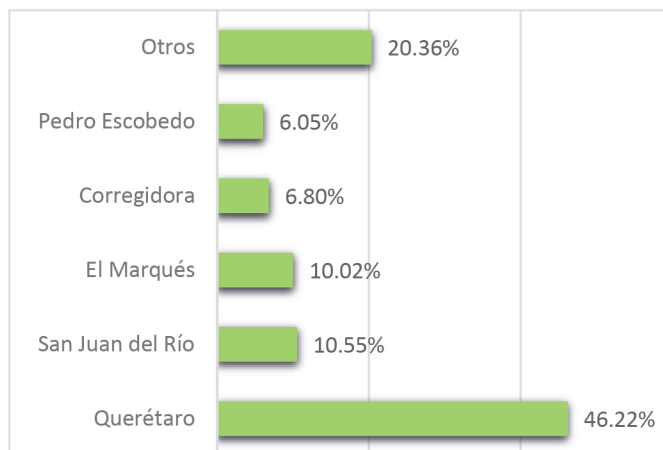
Fuente: elaboración propia.

III.4.5 Óxidos de Nitrógeno (NOX)

Las emisiones de dióxido de nitrógeno se identificaron en una mayor proporción en los municipios de Querétaro (46.22%), San Juan del Río (10.55%), El Marqués (10.02%), Corregidora (6.80%), Pedro Escobedo (6.05%), y otros (20.36%). Tabla 18 y gráfica 14.

Tabla 18. Emisiones de NO_x por municipio.

Municipio	NO _x (t /a)
Querétaro	21,677.36
San Juan del Río	4,945.54
El Marqués	4,697.35
Corregidora	3,189.28
Pedro Escobedo	2,839.62
Otros	9,549.58
Total	46,898.73

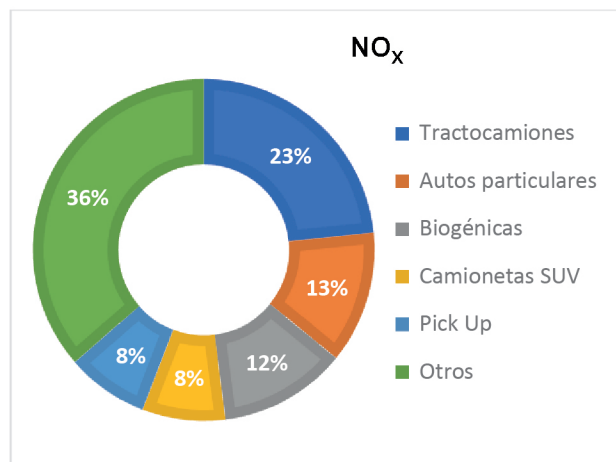


Gráfica 14. Distribución de NO_x por municipio, 2021.

Las subcategorías de mayor contribución son: Tractocamiones (23.4%), autos particulares (12.5%), biogénicas (12.1%), camionetas SUV (7.9%) y pick up (7.8%) contribuyendo en conjunto con aproximadamente el 63% de emisiones de NO_x. Tabla 29 y Gráfica 15.

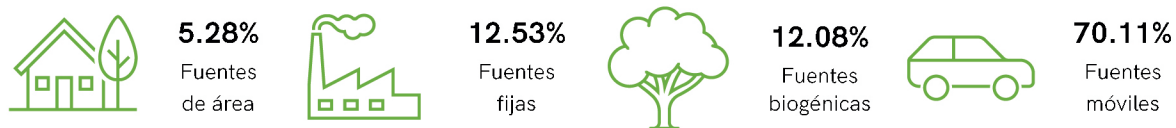
Tabla 19. Emisiones de NO_x por subcategoría.

Subcategoría	NO _x (t /a)
Tractocamiones	10,985.78
Autos particulares	5,859.35
Biogénicas	5,663.65
Camionetas SUV	3,690.07
Pick Up	3,655.52
Otros	17,044.35
Total	46,898.73

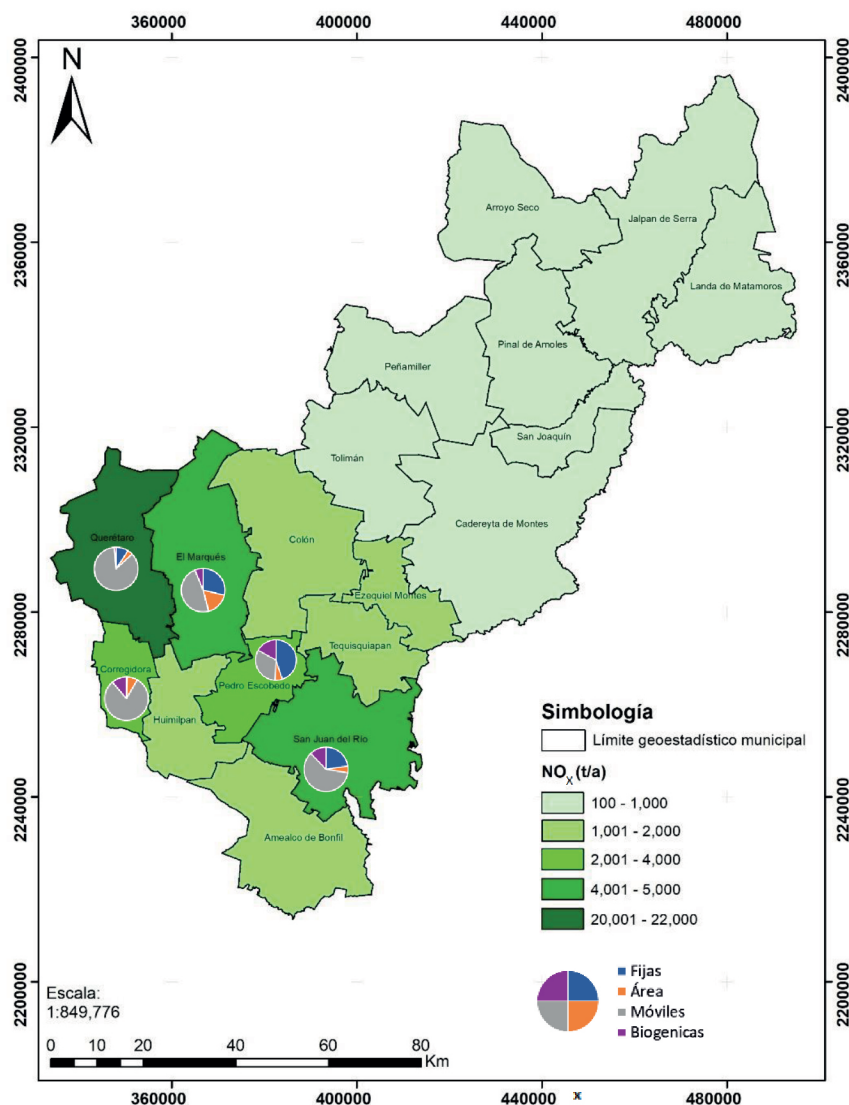


Gráfica 15. Distribución de NO_x por subcategoría.

Para las emisiones de NO_x en la contribución por fuente de emisión, las fuentes de móviles son las principales, seguidas de fuentes fijas, fuentes biogénicas y fuentes de área.



La contribución más significativa de NO_x se genera en el municipio de Querétaro, seguido del El Marqués y San Juan del Río. Mapa 12.



Mapa 12. Distribución de emisiones de NO_x por municipio.

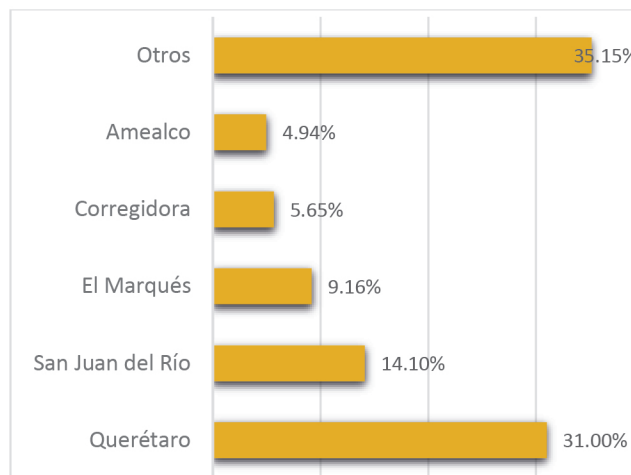
Fuente: elaboración propia.

III.4.6 Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles en mayor proporción se presentan en los municipios de Querétaro (30.89%), San Juan del Río (14.06%) y El Marqués (9.47%) contribuyendo con aproximadamente el 65% de emisiones de COV. Tabla 20 y gráfica 16.

Tabla 20. Emisiones de COV por municipio

Municipio	COV (t /a)
Querétaro	29,658.65
San Juan del Río	13,500.62
El Marqués	9,095.21
Corregidora	5,404.23
Amealco	4,729.63
Otros	33,636.29
Total	96,024.62

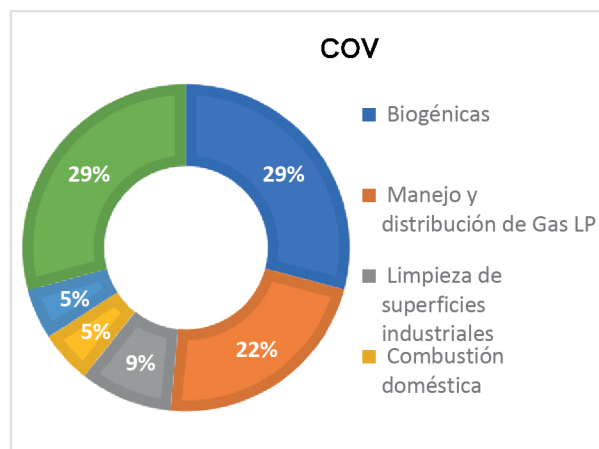


Gráfica 16. Distribución de COV por municipio

Las principales actividades que contribuyen son las biogénicas (29%) el manejo y distribución de Gas LP (22.3%), limpieza de superficies industriales (9.1%), combustión doméstica (5.2%) y autos particulares (5.0%) contribuyendo en conjunto con aproximadamente el 70% de emisiones de COV. Tabla 21 y Gráfica 17.

Tabla 21. Emisiones de COV por subcategoría.

Subcategoría	COV (t /a)
Biogénicas	27,860.43
Manejo y distribución de Gas LP	21,459.11
Limpieza de superficies industriales	8,731.62
Combustión doméstica	4,949.39
Autos particulares	4,762.55
Otros	28,261.53
Total	96,024.62



Gráfica 17. Distribución de COV por subcategoría

Respecto a la contribución por fuente de emisión de COV, las fuentes de área son las principales, seguidas de fuentes biogénicas, fuentes móviles y fuentes de fijas.



51.82%

Fuentes de área



5.20%

Fuentes fijas



29.01%

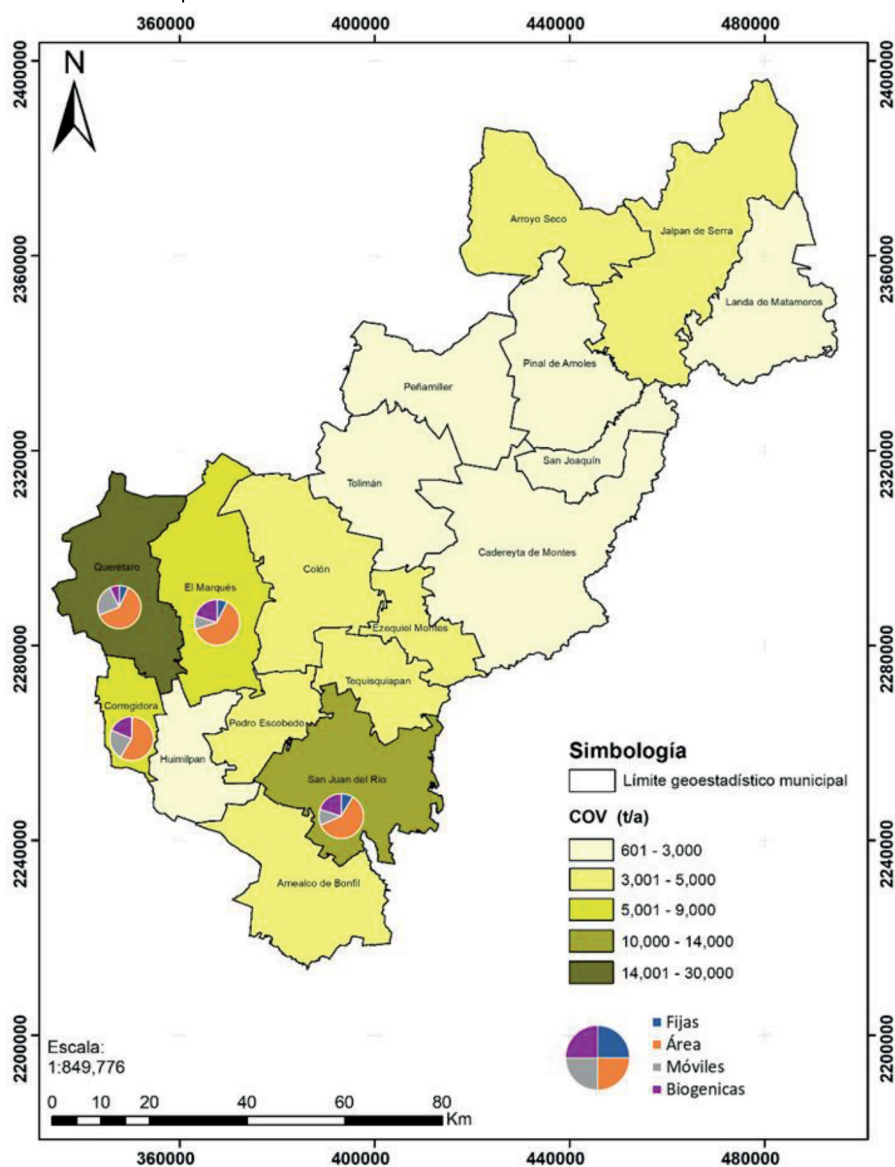
Fuentes biogénicas



13.96%

Fuentes móviles

La contribución más significativa de COV se observa en los municipios de Querétaro y San Juan del Río. Mapa 13.



Mapa 13. Distribución de emisiones de COV por municipio, Querétaro.

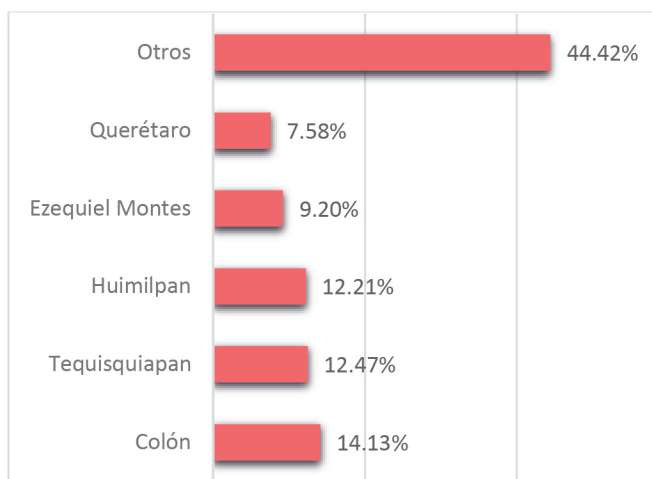
Fuente: elaboración propia.

III.4.7 Amoniaco (NH₃)

El amoniaco se identificó en mayor proporción en los municipios de Colón (14.13%), Tequisquiapan (12.47%), Huimilpan (12.21%), Ezequiel Montes (9.20%) y Querétaro (7.58%) contribuyendo con aproximadamente el 55% de las emisiones de NH₃. Tabla 22 y gráfica 18.

Tabla 22. Emisiones de NH₃ por municipio

Municipio	NH ₃ (t/a)
Colón	2,728.69
Tequisquiapan	2,407.10
Huimilpan	2,357.44
Ezequiel Montes	1,775.89
Querétaro	1,462.88
Otros	8,578.52
Total	19,310.52

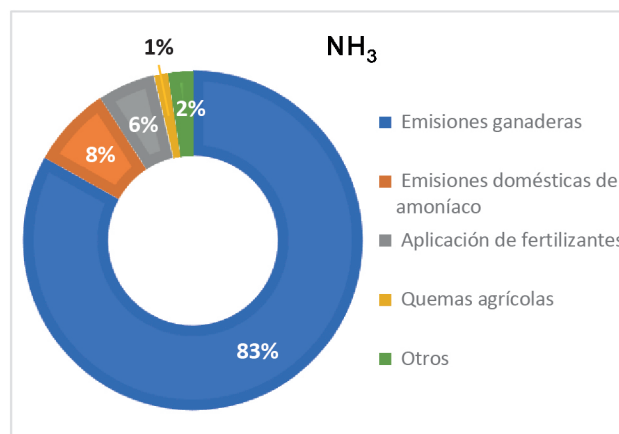


Gráfica 18. Distribución de NH₃ por municipio

Las principales categorías o sectores que contribuyen son las emisiones ganaderas (83.1%), emisiones domesticas de amoniaco (7.7%), aplicaciones de fertilizantes (5.4%), quemas agrícolas (1.3%) las cuales en conjunto contribuyen aproximadamente con el 98% de emisiones de NH₃. Tabla 24 y Gráfica 19.

Tabla 23. Emisiones de NH₃ por subcategoría

Subcategoría	NH ₃ (t /a)
Emisiones ganaderas	16,049.57
Emisiones domésticas de amoníaco	1,488.67
Aplicación de fertilizantes	1,050.64
Quemas agrícolas	257.00
Otros	464.64
Total	19,310.52

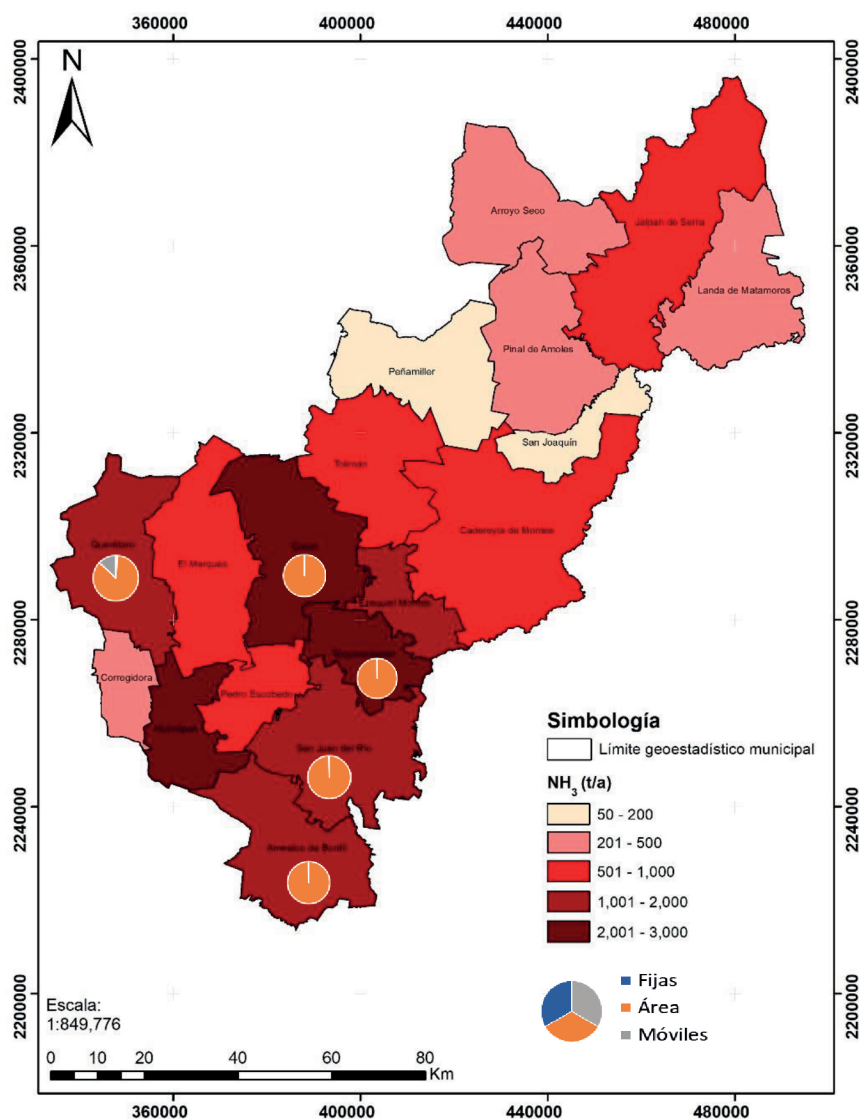


Gráfica 19. Distribución de NH₃ por subcategoría

En cuanto a la contribución por fuente de emisión, para el NH_3 , las fuentes de área son las principales, seguidas de fuentes de área, y por ultimo las fuentes de móviles.



La contribución más significativa se genera en los municipios de Colón, Tequisquiapan y Huimilpan. Mapa 14.



Mapa 14. Emisiones de NH_3 por municipio.

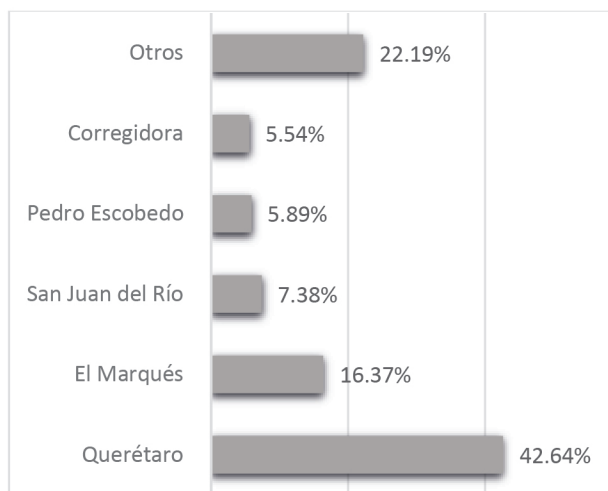
Fuente: elaboración propia.

III.4.8 Carbono Negro (CN)

El carbono negro se encontró en mayor proporción en los municipios de Querétaro (42.64%), El Marqués (16.37%), San Juan del Río (7.38%), Pedro Escobedo (5.89%) y Corregidora (5.54%) contribuyendo con aproximadamente el 78% de las emisiones de CN. Tabla 24 y gráfica 20.

Tabla 24. Emisiones de NH₃ por municipio

Municipio	NH ₃ (t/a)
Querétaro	413.21
El Marqués	158.61
San Juan del Río	71.50
Pedro Escobedo	57.05
Corregidora	53.72
Otros	215.06
Total	969.14

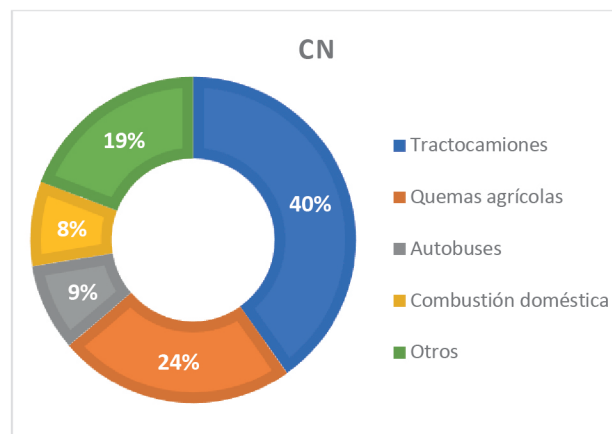


Gráfica 20. Distribución de NH₃ por municipio

Los principales sectores que contribuyen son los tractocamiones (40.2%), quemas agrícolas (23.6%), autobuses (8.6%), combustión doméstica (8.4%) las cuales en conjunto contribuyen aproximadamente con el 80% de emisiones de CN. Tabla 25 y Gráfica 21.

Tabla 25. Emisiones de NH₃ por subcategoría.

Subcategoría	COV (t /a)
Tractocamiones	389.79
Quemas agrícolas	228.52
Autobuses	83.39
Combustión doméstica	81.51
Otros	185.93
Total	969.14



Gráfica 21. Distribución de NH₃ por subcategoría

Respecto a la contribución por fuente de emisión de CN, las fuentes móviles son las principales, seguidas de fuentes de área y por ultimo las fuentes fijas.



40.70%
Fuentes de área

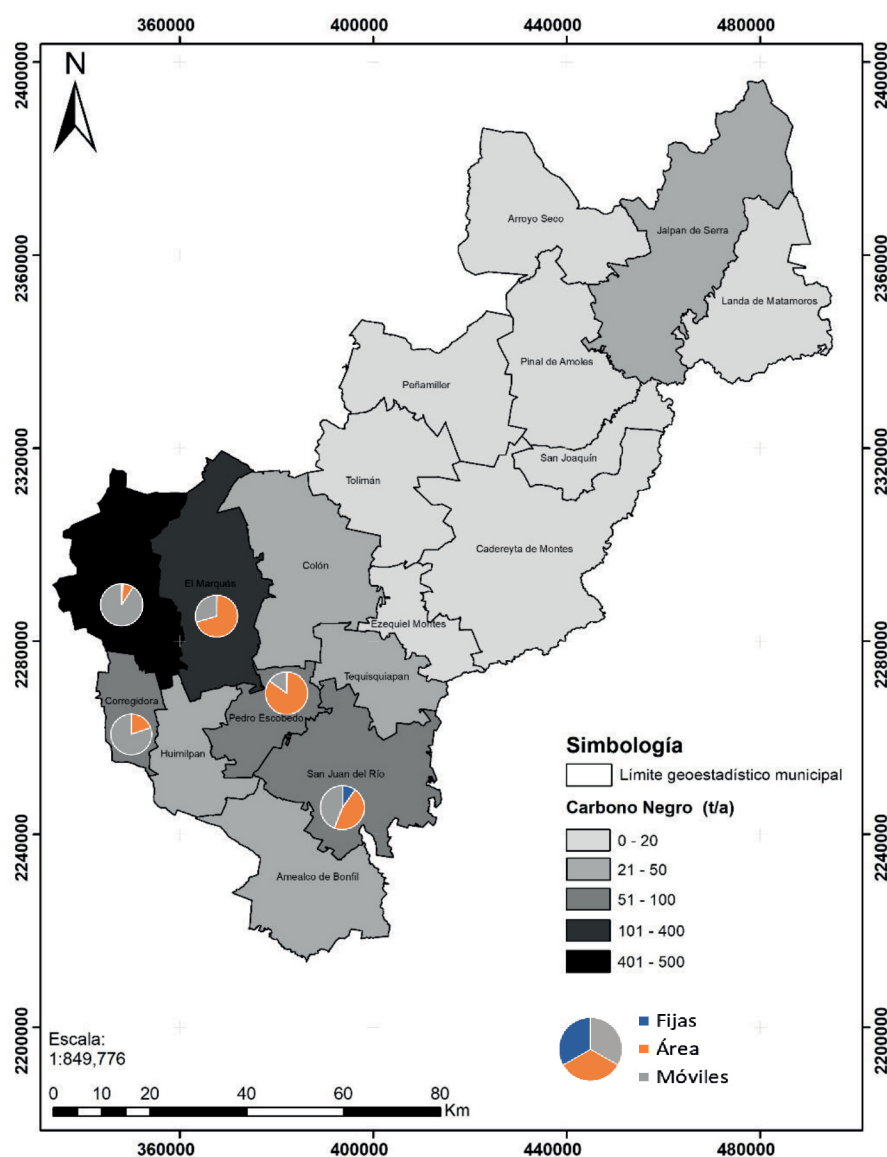


1.22%
Fuentes fijas



58.08%
Fuentes móviles

La contribución más significativa de CN se genera en los municipios de Querétaro, El Marqués, Pedro Escobedo, Corregidora y San Juan del Río. Mapa 15.



Mapa 15. Emisiones de CN por municipio.

Fuente: elaboración propia.

IV. Resultados por fuentes de emisión

IV.1 Fuentes Fijas

Se define como fuente fija a toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmosfera. Son reguladas dependiendo de su proceso y/o actividad por autoridad federal, estatal o municipal.

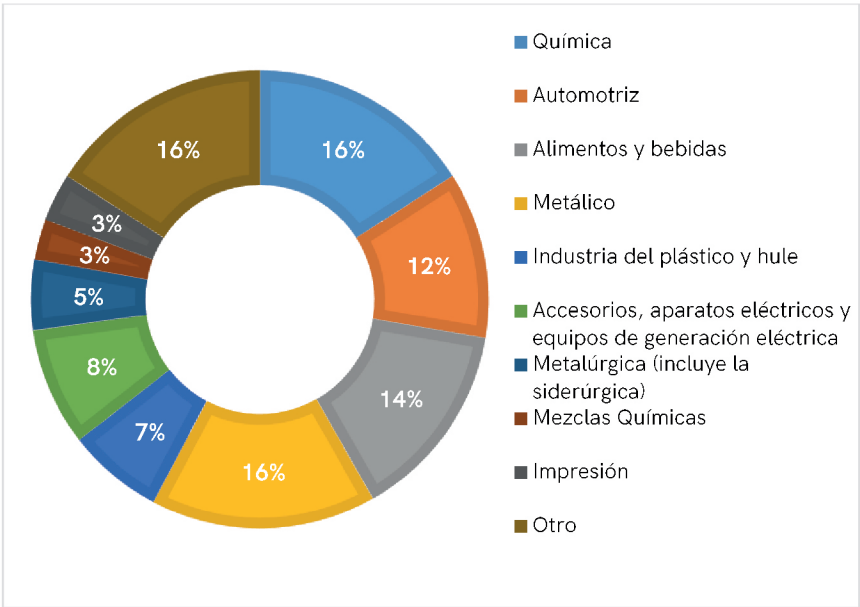
Las emisiones generadas a la atmosfera por fuentes fijas son principalmente las derivadas de procesos de combustión de combustiones fósiles, procesos de manufactura y por almacenamiento y transporte de materiales y productos. Conforme al Reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, cada fuente debe obtener su licencia de funcionamiento para operar, además de tener la obligación de manera anual de presentar la Cedula de Operación Anual (COA) a través de la cual se actualiza la información y contabiliza las emisiones.

Tabla 26. Subsectores considerados en la categoría de fuentes fijas

Sector	Establecimientos
Federal	154
Automotriz	45
Celulosa y papel	8
Cemento y cal	4
Generación de energía eléctrica	3
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	19
Petróleo y petroquímica	4
Pinturas y tintas	1
Química	61
Tratamiento de residuos peligrosos	7
Vidrio	2
Estatal	229

Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	32
Alimentos y bebidas	54
Extracción/beneficios minerales no metálicos	8
Impresión	13
Industria de la madera	2
Industria del plástico y hule	26
Industria textil	1
Manejo de desechos y remediación	4
Metálico	61
Mezclas Químicas	11
Minerales no metálicos	9
Papel y cartón	7
Plástico y Hule	1
Total	383

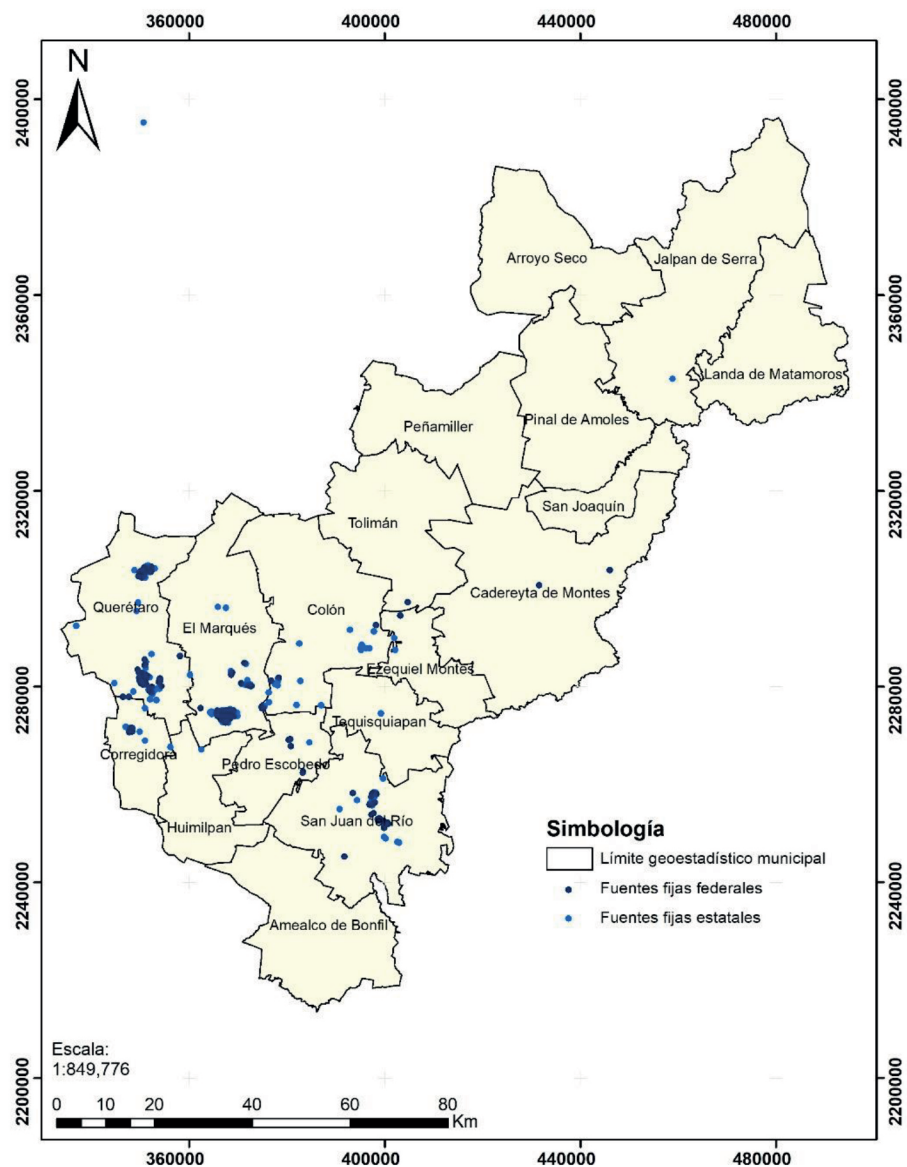
Fuente: Elaboración propia con información de COA 2022, SEMARNAT, SEDESU.



Gráfica 22. Distribución de subsectores evaluados como fuente fija.

La distribución de las subcategorías evaluadas se presenta en la gráfica 22, las subcategorías que tienen mayor cantidad de establecimientos industriales son la industria química, metálico y otros sectores representando cada uno el (16%), seguido del sector de alimentos y bebidas (14%), automotriz (12%), accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica (8%), la industria del plástico y hule (7%), metalúrgica incluyendo la siderúrgica (5%), impresión con el (3%), mezclas químicas (3%).

La representación geográfica de las fuentes de emisión estimadas se muestra en el Mapa 16, observando que se ubican principalmente en los municipios de Querétaro, El Marqués y San Juan del Río.



Mapa 16. Ubicación geográfica de fuentes fijas estimadas.

Fuente: Elaboración propia

IV.1.1 Metodología fuentes fijas

Para la estimación de fuentes fijas se aplicó la metodología establecida en los Manuales de Inventarios de Emisiones para México y métodos de cálculo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

La información recabada para la estimación fue obtenida de las Cédulas de Operación Anual (COA) federales y estatales, referente a: tipo de proceso, equipos, tipo de combustibles y su consumo, materias primas, cantidad de materias primas y tipo de productos. Esta información paso por un proceso de aseguramiento de control de calidad, considerando la variabilidad en los procesos, equipos y materias primas y cantidad y tipo de productos.

Toda la información recopilada para la estimación fue integrada en la base de datos de industria, para la cual se utilizó el formato DATGEN establecido por la SEMARNAT. Las estimaciones se realizaron con el método de factor de emisión para emisiones de combustión y balance de materiales para la estimación de emisiones de proceso para los casos en los que la información lo permitió.

La clasificación de los establecimientos se realiza conforme a su actividad industrial con el código SCIAN (INEGI, Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), 2008) el cual se utiliza para clasificar las actividades industriales de manera comparable en los tres países de América del Norte.

IV.1.2 Emisiones de fuentes fijas

Las emisiones anuales estimadas generadas por fuentes fijas en el Estado de Querétaro en 2021 fueron 1,841.44 toneladas de PM₁₀, 900.73 toneladas de PM_{2.5}, 1,675.20 toneladas de SO₂, 2,104.66 toneladas de CO, 5,878.47 toneladas de NO_x, 4,994.08 toneladas de COV, 43.60 toneladas de NH₃ y 11.82 toneladas de CN. Tablas 27 y 28.

Tabla 27. Emisiones de Fuente Fijas.

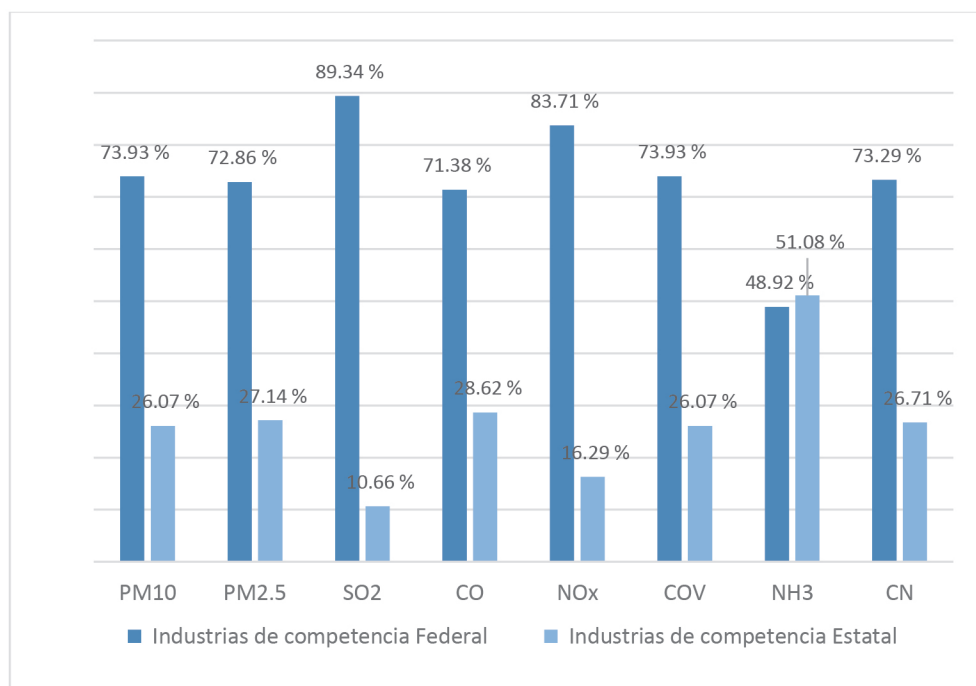
Sector industrial	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Federal	1,361.41	656.29	1,496.71	1,502.29	4,920.66	3,692.26	21.33	8.66
Estatal	480.03	244.44	178.50	602.36	957.82	1,301.82	22.27	3.16
Total	1,841.44	900.73	1,675.20	2,104.66	5,878.47	4,994.08	43.60	11.82

Tabla 28. Distribución Porcentual de Emisiones de Fuentes Fijas.

Sector industrial	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Federal	73.93	72.86	89.34	71.38	83.71	73.93	48.92	73.29
Estatal	26.07	27.14	10.66	28.62	16.29	26.07	51.08	26.71
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

La distribución porcentual de fuentes fijas muestra que la industria de competencia federal contribuye en mayor porcentaje de emisiones de todos los contaminantes. Gráfica 23.



Gráfica 23. Contribución porcentual de fuentes fijas por competencia.

Fuente: Elaboración propia

A. Emisiones de fuentes fijas por subcategoría o subsector.

En la tabla 29, se observan las emisiones desglosadas por subcategoría o subsector de fuentes fijas y la tabla 30 muestra la contribución porcentual, observando lo siguiente:

- Las emisiones de PM_{10} provienen principalmente de las industrias de generación de energía eléctrica (31.84%), seguida vidrio (19.02%) y papel y cartón (12.19%), De las emisiones de $PM_{2.5}$ la industria de vidrio es la principal emisora con (34.49%), seguida de la industria automotriz (16.82%) y papel y cartón (8.77%).
- La industria del cemento y cal es la mayor generadora de SO_2 con el 45.72%, seguida de la industria del vidrio (25.45%) y la química (17.56%).
- La industria de generación de energía eléctrica es la principal emisora de CO (43.72%), seguida de la industria de alimentos y bebidas (12.09%) y la de los minerales no metálicos (7.85%).
- La principal emisora de NO_x es la industria del vidrio (44.03%), seguida de a industria de generación eléctrica (26.98%) y la industria de alimentos y bebidas (7.35%).
- De los COV la principal generadora es la industria automotriz (27.63%), seguida de la industria de la celulosa y papel (14.34%) y la de Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica (10.83%).
- Las mayores emisiones de NH_3 son de la industria de alimentos y bebidas (23.32%), la industria del vidrio (15.88%) y la de minerales no metálicos (14.40%).
- En el caso de las emisiones de CN la industria que más aportación tiene es la de generación de energía eléctrica (42.80%), seguido de la industria de alimentos y bebidas (12.16%) y la de vidrio (9.29%).

Tabla 29. Emisiones de fuentes fijas por subcategoría.

Sector industrial	Emisiones (t/a)							
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COV	NH_3	CN
FEDERAL	1,361.41	656.29	1,496.71	1,502.29	4,920.66	3,692.26	21.33	8.66
Automotriz	213.03	151.53	1.08	83.58	101.67	1,380.03	2.65	0.42
Celulosa y papel	65.60	27.92	4.95	204.48	398.72	715.92	5.92	0.94
Cemento y cal	63.95	35.88	761.42	11.26	58.99	0.84	0.36	0.20
Generación de energía eléctrica	586.32	75.52	8.01	920.10	1,585.77	23.64	0.07	5.06
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	25.94	20.41	0.68	93.20	111.36	449.23	3.56	0.56
Petróleo y petroquímica	0.00	0.00	0.00	0.05	0.30	410.22	-	0.00
Pinturas y tintas	3.00	1.73	0.01	1.79	2.13	224.60	0.07	0.01

Química	52.06	31.53	294.15	45.23	68.28	442.24	1.61	0.34
Tratamiento de residuos peligrosos	1.28	1.12	0.03	1.00	5.18	33.32	0.17	0.03
Vidrio	350.24	310.65	426.36	141.61	2,588.25	12.23	6.92	1.10
ESTATAL	480.03	244.44	178.50	602.36	957.82	1,301.82	22.27	3.16
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	16.26	13.26	0.23	24.05	29.48	540.86	0.90	0.08
Alimentos y bebidas	82.06	43.54	173.73	254.38	432.11	40.33	10.17	1.44
Extracción/beneficios minerales no metálicos	5.35	3.45	0.05	0.99	1.68	10.88	0.03	0.00
Impresión	23.09	16.49	0.08	5.29	5.27	232.88	0.12	0.01
Industria de la madera	15.57	13.39	0.67	18.72	6.89	0.76	0.00	0.00
Industria del plástico y hule	33.07	23.55	0.17	7.81	13.23	175.46	0.12	0.02
Industria textil	9.20	8.65	0.58	80.61	95.97	5.28	3.08	0.49
Manejo de desechos y remediación	0.66	0.37	0.04	3.07	11.97	0.12	0.00	0.00
Metálico	23.77	17.72	0.09	9.02	14.07	201.63	0.29	0.08
Mezclas Químicas	44.20	23.24	2.22	165.19	301.14	23.45	6.28	0.99
Minerales no metálicos	224.41	79.04	0.62	30.65	42.93	4.92	1.18	0.04
Papel y cartón	2.35	1.73	0.02	2.59	3.09	65.24	0.10	0.01
Plástico y Hule	0.03	0.02	-	-	-	0.00	-	-
Total	1,841.44	900.73	1,675.20	2,104.66	5,878.47	4,994.08	43.60	11.82

Tabla 30. Distribución porcentual de fuentes fijas por subcategoría.

Sector industrial	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
FEDERAL	73.93	72.86	89.34	71.38	83.71	73.93	48.92	73.29
Automotriz	11.57	16.82	0.06	3.97	1.73	27.63	6.08	3.58
Celulosa y papel	3.56	3.10	0.30	9.72	6.78	14.34	13.59	7.92
Cemento y cal	3.47	3.98	45.45	0.54	1.00	0.02	0.82	1.72
Generación de energía eléctrica	31.84	8.38	0.48	43.72	26.98	0.47	0.16	42.80
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	1.41	2.27	0.04	4.43	1.89	9.00	8.16	4.78
Petróleo y petroquímica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	8.21	-	0.00
Pinturas y tintas	0.16	0.19	0.00	0.08	0.04	4.50	0.16	0.09
Química	2.83	3.50	17.56	2.15	1.16	8.86	3.68	2.87

Tratamiento de residuos peligrosos	0.07	0.12	0.00	0.05	0.09	0.67	0.39	0.23
Vidrio	19.02	34.49	25.45	6.73	44.03	0.24	15.88	9.29
ESTATAL	26.07	27.14	10.66	28.62	16.29	26.07	51.08	26.71
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	0.88	1.47	0.01	1.14	0.50	10.83	2.06	0.70
Alimentos y bebidas	4.46	4.83	10.37	12.09	7.35	0.81	23.32	12.16
Extracción /beneficio de minerales no metálicos	0.29	0.38	0.00	0.05	0.03	0.22	0.07	0.00
Impresión	1.25	1.83	0.00	0.25	0.09	4.66	0.28	0.06
Industria de la madera	0.85	1.49	0.04	0.89	0.12	0.02	0.00	0.00
Industria textil	1.80	2.61	0.01	0.37	0.23	3.51	0.29	0.17
Manejo de desechos y remediación	0.50	0.96	0.03	3.83	1.63	0.11	7.07	4.13
Metálico	0.04	0.04	0.00	0.15	0.20	0.00	0.00	0.00
Mezclas químicas	1.29	1.97	0.01	0.43	0.24	4.04	0.66	0.71
Minerales no metálicos	2.40	2.58	0.13	7.85	5.12	0.47	14.40	8.41
Papel y cartón	12.19	8.77	0.04	1.46	0.73	0.10	2.71	0.30
Plástico y hule	0.13	0.19	0.00	0.12	0.05	1.31	0.23	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

B. Emisiones de fuentes fijas por municipio

Las tablas 31 y 32 muestran las emisiones y la contribución por municipio en la categoría de fuentes fijas.

Tabla 31. Emisiones de fuentes fijas por municipio.

Municipio	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Amealco de Bonfil	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinal de Amoles	-	-	-	-	-	-	-	-
Arroyo Seco	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadereyta de Montes	7.28	4.11	761.35	2.08	48.07	0.24	0.00	0.15
Colón	12.76	11.34	0.43	35.94	47.08	631.10	1.36	0.22
Corregidora	7.42	5.32	0.27	13.81	17.30	36.74	0.48	0.05

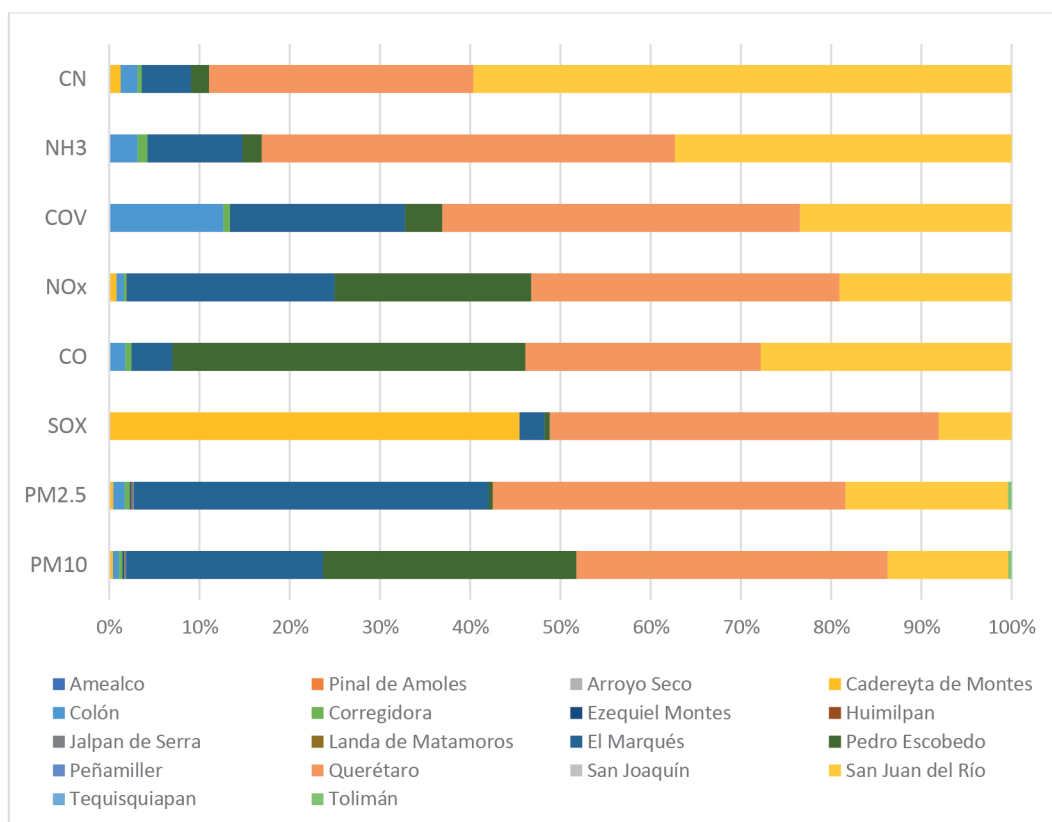
Ezequiel Montes	2.44	0.98	-	0.07	0.12	1.56	-	-
Huimilpan	0.75	0.62	-	-	-	-	-	-
Jalpan de Serra	3.58	2.16	0.04	0.12	0.57	0.04	-	0.00
Landa de Matamoros	-	-	-	-	-	-	-	-
El Marqués	401.85	354.35	46.43	95.80	1,355.78	968.02	4.58	0.64
Pedro Escobedo	516.72	3.98	9.54	823.25	1,279.18	205.41	0.95	0.24
Peñamiller	-	-	-	-	-	-	-	-
Querétaro	635.15	352.04	721.80	548.46	2,007.76	1,980.87	19.96	3.46
San Joaquín	-	-	-	-	-	-	-	-
San Juan del Río	246.20	162.36	135.34	585.13	1,122.63	1,170.10	16.27	7.05
Tequisquiapan	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolimán	6.29	3.47	-	-	-	-	-	-
Total	1,840.44	924.06	1,719.32	2,191.15	5,910.18	4,691.02	44.15	11.89

Tabla 32. Porcentaje de contribución de fuentes fijas por municipio.

Municipio	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Amealco de Bonfil	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinal de Amoles	-	-	-	-	-	-	-	-
Arroyo Seco	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadereyta de Montes	0.40	0.46	45.45	0.10	0.82	0.00	0.01	1.25
Colón	0.69	1.26	0.03	1.71	0.80	12.64	3.13	1.90
Corregidora	0.40	0.59	0.02	0.66	0.29	0.74	1.10	0.44
Ezequiel Montes	0.13	0.11	-	0.00	0.00	0.03	-	-
Huimilpan	0.04	0.07	-	-	-	-	-	-
Jalpan de Serra	0.19	0.24	0.00	0.01	0.01	0.00	-	-
Landa de Matamoros	-	-	-	-	-	-	-	-
El Marqués	21.83	39.34	2.77	4.55	23.06	19.38	10.51	5.45
Pedro Escobedo	28.08	0.44	0.57	39.12	21.76	4.11	2.17	1.99
Peñamiller	-	-	-	-	-	-	-	-
Querétaro	34.51	39.08	43.09	26.06	34.15	39.66	45.77	29.30
San Joaquín	-	-	-	-	-	-	-	-
San Juan del Río	13.38	18.03	8.08	27.80	19.10	23.43	37.32	59.66
Tequisquiapan	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolimán	0.34	0.39	-	-	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

La contribución de fuentes fijas a nivel municipal por contaminante gráfica 24, en la que se observa lo siguiente:

- El municipio de Querétaro es el principal emisor de PM₁₀ (34.51%), PM_{2.5} (39.08%), NO_x (35.15%), COV (39.66%) y NH₃ (45.77%) y es el segundo en emisiones de SO₂ (43.09%) y CN (29.30%).
- El municipio de Cadereyta de Montes es el principal emisor de SO₂ (45.45%).
- El municipio de Pedro Escobedo es el que tienen la mayor aportación de CO (39.12%), el segundo emisor de PM₁₀ (28.08%) y de NO_x (21.76%).
- El municipio de San Juan del Río es el primero en emisiones de CN (59.66%), el segundo en emisiones de COV (23.43%) y NH₃ (37.32%) y el tercero emisor de PM_{2.5} (18.03%) y CO, (27.80%).



Gráfica 24. Contribución porcentual por contaminante por municipio.

IV.2 Fuentes de Área

Las fuentes de área son el resultado de las diversas actividades antropogénicas, están definidas como aquellas que son demasiado numerosas y dispersas para ser incluidas de manera eficiente dentro de un inventario de fuentes puntuales, pero que, en conjunto, emiten contaminantes al aire de manera significativa.

Por ello, el inventario de fuentes de área integra las emisiones de fuentes similares dentro de categorías y cada una de estas categorías está integrada por subcategorías de fuente más específica que son definidas por un proceso de emisión similar, o bien por la similitud de los métodos para una mejor estimación de las emisiones. Se agruparon en 8 categorías y 43 subcategorías, las cuales fueron desagregadas en función del combustible utilizado o alguna característica común.

Tabla 33. Categorías y subcategorías consideradas en fuentes de área

Categoría	Subcategoría o subsector
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	1. Industrial
	2. Comercial
	3. Doméstica
	4. Agrícola
Uso de solventes	5. Artes gráficas
	6. Asfaltado
	7. Lavado en seco
	8. Limpieza de superficies industriales
	9. Pintado automotriz
	10. Pintura de señalización vial
	11. Recubrimiento de superficies industriales
	12. Recubrimiento de superficies arquitectónicas
Uso doméstico de solventes	13. Productos en aerosol
	14. Productos domésticos
	15. Productos de cuidado personal
	16. Productos de cuidado automotriz
	17. Adhesivos y selladores
	18. Pesticidas comerciales y domésticos
	19. Productos misceláneos

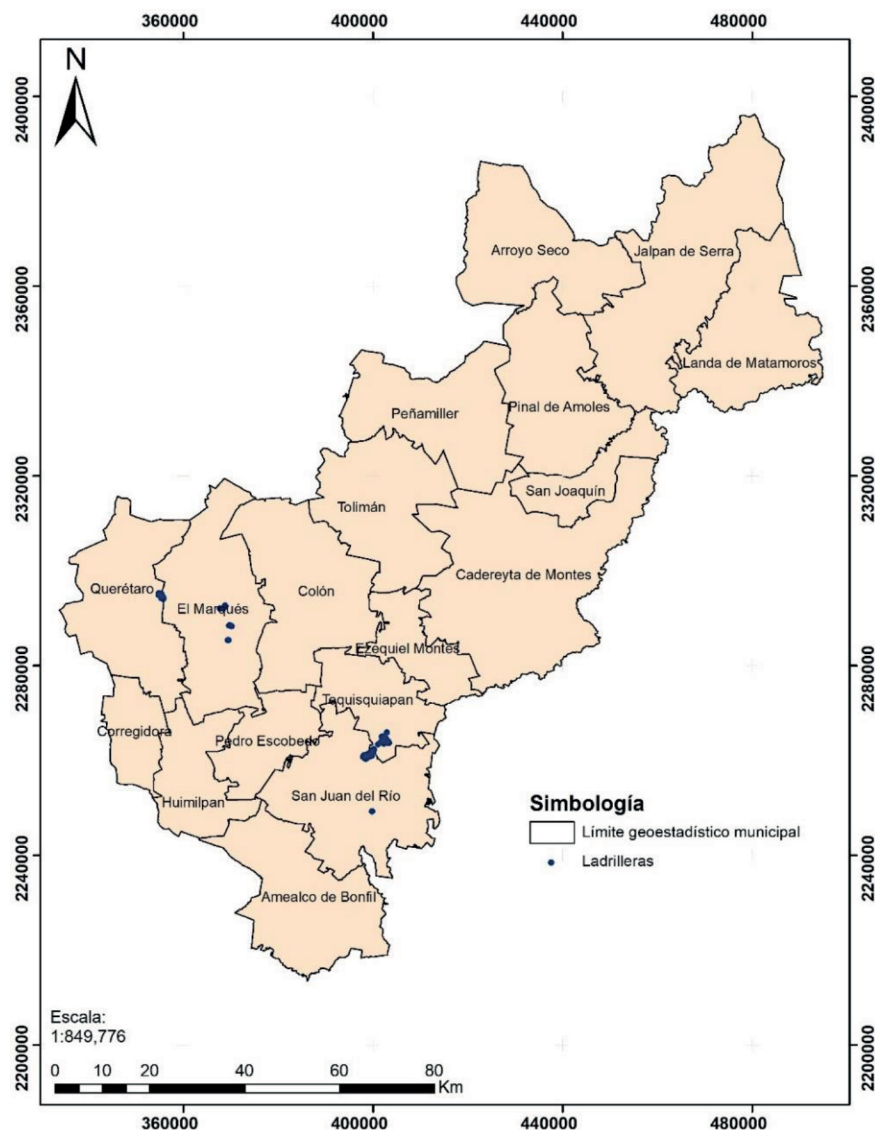
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	20. Manejo y distribución de Gas LP
	21. Manejo y distribución de combustibles
Fuentes industriales ligeras y comerciales	22. Actividades de construcción
	23. Asados al carbón
	24. Panificación
	25. Ladrilleras
Agropecuarias	26. Aplicación de fertilizantes
	27. Aplicación de plaguicidas
	28. Emisiones ganaderas
	29. Corrales de engorda
	30. Labranza
	31. Quemadas agrícolas
Manejo de residuos	32. Aguas residuales
	33. Relleno sanitario
	34. Quema de residuos a cielo abierto
Fuentes misceláneas	35. Incendios de construcciones
	36. Esterilización de material hospitalario
	37. Incendios forestales
	38. Emisiones domésticas de amoníaco
	39. Bancos de material

La información requerida para cada una de las subcategorías se solicitó a las dependencias municipales, estatales y federales correspondientes de manera oficial a través del Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). En fuentes de área, varias de las subcategorías o subsectores considerados, guardan una relación directa con la cantidad de población, por lo que al incrementar la población las emisiones de contaminantes son también incrementadas. La información de población utilizada fue la reportada por la CONAPO en sus proyecciones de población para el 2021.

Para algunas subcategorías de fuentes de área, se obtuvo información más precisa sobre ubicación y datos de actividad como en ladrilleras, bancos de material, plantas de tratamiento y asados al carbón por lo que se realiza la representación geográfica de cada una de estas subcategorías.

En lo que respecta a ladrilleras, se tuvo información de diferentes fuentes como los municipios y SEDESU de forma adicional realizaron encuestas con la finalidad de precisar la información referente a volumen de producción y combustibles utilizados

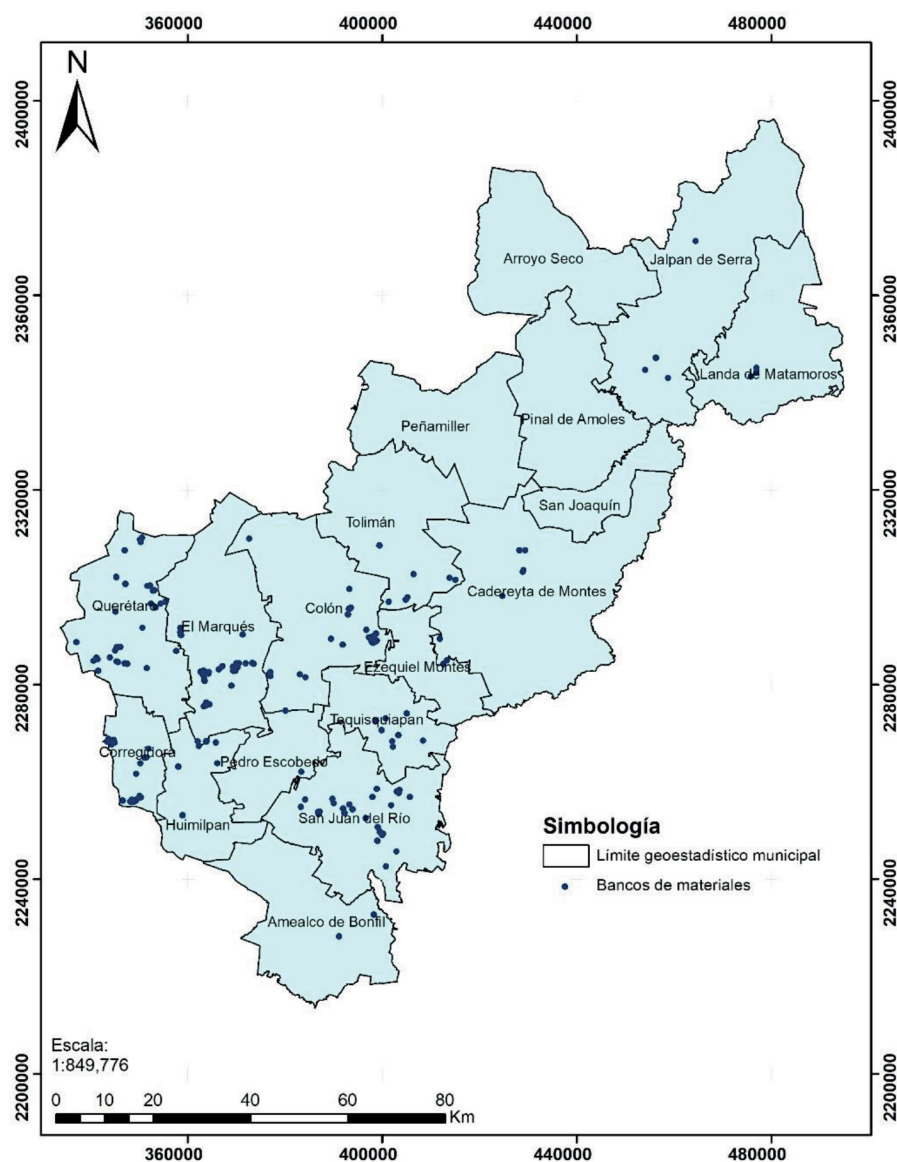
principalmente. En el Mapa 17 se muestra la ubicación geográfica de hornos ladrilleros.



Mapa 17. Ubicación geográfica de ladrilleras en el Estado.

Fuente: elaboración propia.

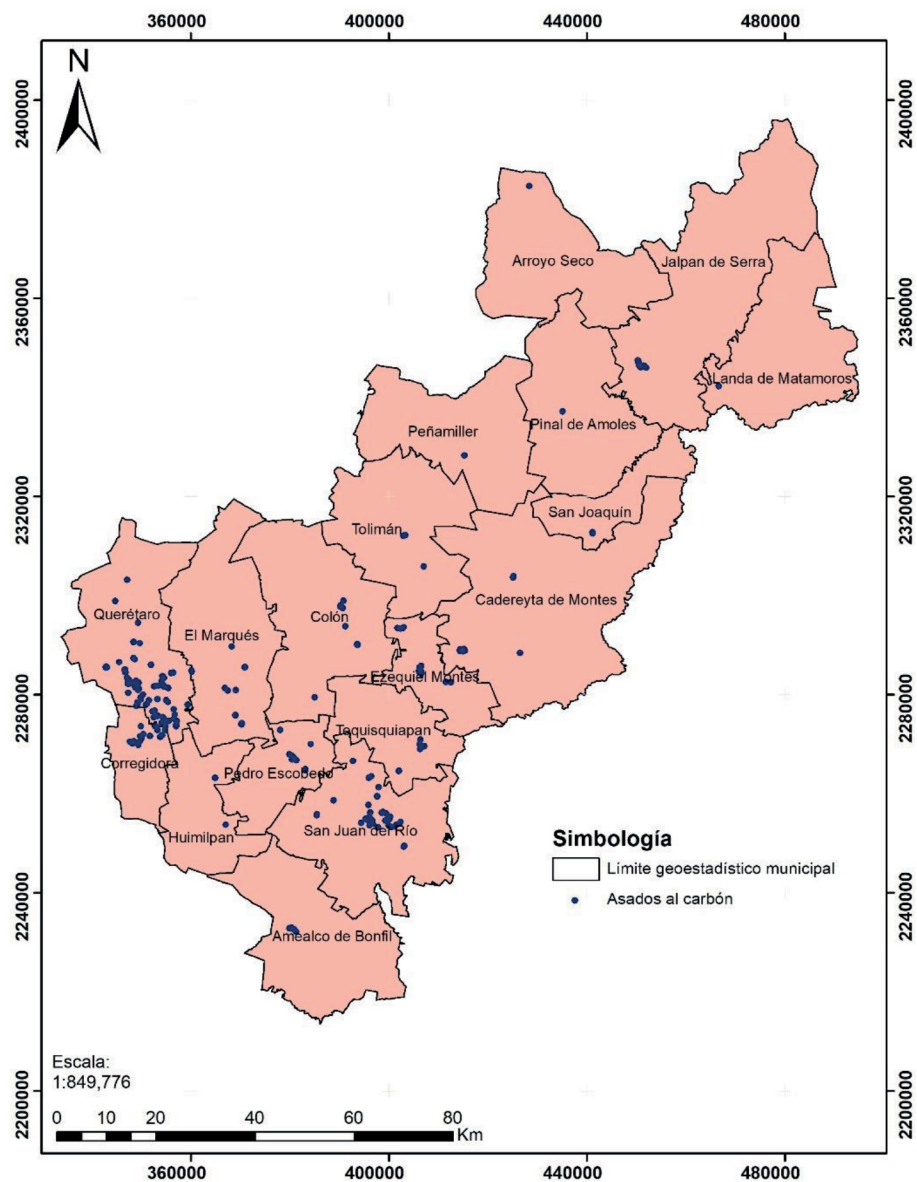
Para bancos de material, la información proporcionada fue para un total de 200 bancos de materia (SEDESU) ubicados en los municipios de Cadereyta de Montes, Colón, Corregidora, Ezequiel Montes, Huimilpan, El Marqués, Amealco de Bonfil de Bonfil, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Querétaro y Tolman. En el Mapa 18 se muestra la representación geográfica de su ubicación.



Mapa 18. Ubicación geográfica de bancos de material.

Fuente: elaboración propia.

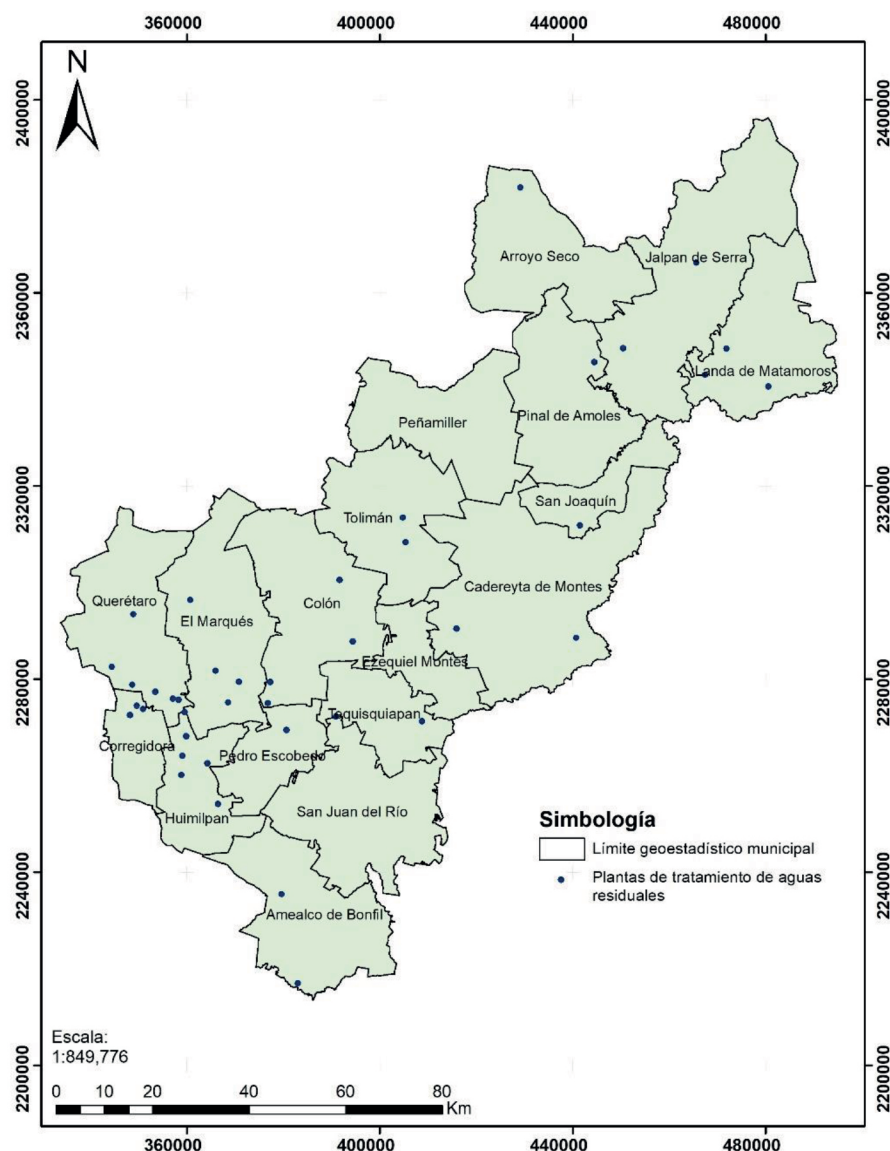
Con apoyo de los municipios se obtuvieron las emisiones generadas por asados al carbón, para Amealco de Bonfil, Pinal de Amoles, Arroyo Seco, Cadereyta de Montes, Colón, Corregidora, Ezequiel Montes, Huimilpan, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, El Marqués, Pedro Escobedo, Peñamiller, Querétaro, San Joaquín, San Juan del Río Tequisquiapan y Tolimán (Mapa 19). Los datos de actividad fueron precisados mediante encuestas en campo.



Mapa 19. Ubicación geográfica de asados al carbón.

Fuente: elaboración propia.

Otra actividad importante es el tratamiento de aguas residuales a través de plantas de tratamiento. En el mapa 20 se observa la ubicación geográfica de las plantas de tratamiento de aguas residuales consideradas en la estimación.



Mapa 20. Ubicación geográfica de plantas de tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

IV.2.1 Metodología fuentes de área

La metodología utilizada para la estimación de fuentes de área es la estandarizada para inventarios nacionales de México. Así como las establecidas en el Manual de Estimación de Emisiones de Fuentes de Área (SEMARNAT, 2010). El método de estimación de emisiones es el mismo en general, este sigue el método de factor de emisión dado por tipo de actividad y el tipo de contaminante.

La ecuación general para la estimación de emisiones es:

$$\text{Emisión} = \text{Datos de actividad} * \text{Factor de Emisión}$$

Los factores de emisión usados para cada subcategoría se integran en las bases de datos de estimación. En su mayoría las emisiones se estimaron a partir de datos que describen la intensidad de la actividad y factor de emisión, otras se realizaron combinado factores de emisión y balances de combustibles y/o solventes.

IV.2.3 Emisiones de fuentes de área

Las emisiones anuales generadas por fuentes de área en el Estado de Querétaro en 2021 son 6,114.02 toneladas de PM₁₀, 4,626.94 toneladas de PM_{2.5}, 361.07 toneladas de SO₂, 34,854.77 toneladas de CO, 4,863.16 toneladas de NO_x, 49,716.25 toneladas de COV, 18,937.11 toneladas de NH₃ y 394.47 toneladas de CN.

Tabla 34. Emisiones de fuentes de área por categoría.

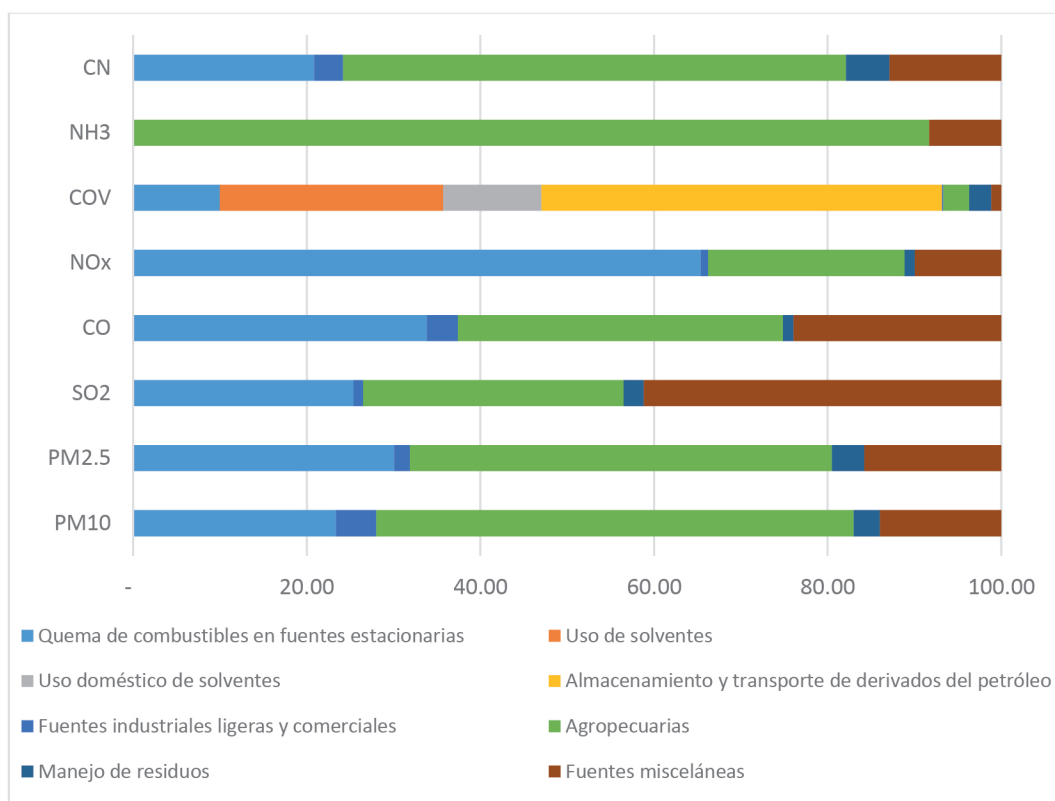
Categoría	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	1,389.54	1,340.67	51.81	11,621.11	1,618.76	4,959.01	3.26	82.20
Uso de solventes	-	-	-	-	-	12,816.42	-	-
Uso doméstico de solventes	-	-	-	-	-	5,629.72	-	-
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	-	-	-	-	-	22,971.86	-	-
Fuentes industriales ligeras y comerciales	276.22	79.74	2.23	1,227.44	21.08	72.46	0.10	13.18
Agropecuarias	3,269.50	2,169.04	61.28	12,856.31	560.42	1,472.51	17,357.21	228.52
Manejo de residuos	180.89	165.65	4.76	423.03	28.56	1,267.38	-	19.88
Fuentes misceláneas	829.88	703.83	84.06	8,213.00	246.74	575.02	1,571.01	50.69
Total	5,946.02	4,458.94	204.14	34,340.89	2,475.57	49,764.39	18,931.58	394.47

Con respecto a la distribución porcentual, se puede observar que las fuentes agropecuarias son las primeras en emisiones de PM₁₀, PM_{2.5}, CO, NH₃ y CN, las quemas de combustibles en fuentes estacionarias son las primeras en emisiones de

SO₂, y NO_x, el almacenamiento y transporte de derivados de petróleo en emisiones de COV (Tabla 35 y gráfica 25).

Tabla 35. Distribución porcentual de emisiones de fuentes de área por categoría.

Categoría	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	23.37	30.07	25.38	33.84	65.39	9.96	0.02	20.84
Uso de solventes	-	-	-	-	-	25.75	-	-
Uso doméstico de solventes	-	-	-	-	-	11.31	-	-
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	-	-	-	-	-	46.16	-	-
Fuentes industriales ligeras y comerciales	4.65	1.79	1.09	3.57	0.85	0.15	0.00	3.34
Agropecuarias	54.99	48.64	30.02	37.44	22.64	2.96	91.68	57.93
Manejo de residuos	3.04	3.72	2.33	1.23	1.15	2.55	-	5.04
Fuentes misceláneas	13.96	15.78	41.18	23.92	9.97	1.16	8.30	12.85
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Gráfica 25. Contribución porcentual de subcategorías de fuentes de área por contaminante.

A. Emisiones de fuentes de área por subcategoría o subsector.

Las tablas 36 y 37, muestran la contribución por subcategoría de fuentes de área en t/a y contribución porcentual respectivamente, en donde se observa que:

- Las quemas agrícolas son las principales emisoras de PM₁₀ (33.32%) y PM_{2.5} (42.71%). Seguidas combustiones domésticas de leña que contribuyen en PM₁₀ (21.77%) y PM_{2.5} (27.95%), seguidas de la labranza (18.41%) de PM₁₀ y los incendios forestales en PM_{2.5} (15.20%).
- Para el SO₂ los incendios forestales (37.50%) son los principales, seguidos de las quemas agrícolas (30.02%) y la combustión doméstica de leña (18.14%).
- En el caso del CO, las principales contribuyentes son las quemas agrícolas (37.44%), seguidos de la combustión doméstica de leña (31.50%) y los incendios forestales (23.92%).
- Para el NO_x, la combustión doméstica de gas LP (46.11%), seguidas de las quemas agrícolas (22.64%) y emisiones por combustión doméstica de leña (10.47%).
- Para los COV, el principal contribuyente es el manejo y distribución de Gas LP (43.12%), seguido de la limpieza de superficies industriales (17.55%) y la combustión doméstica de leña (9.86%).
- Para el NH₃, las emisiones ganaderas (84.78%) son las que más contribuyen, seguidas por las emisiones domésticas de amoníaco (7.86%) y la aplicación de fertilizantes (5.55%).
- En cuanto a las emisiones de CN las de mayor contribución son las quemas agrícolas (57.93%), seguidas de las emisiones generadas por la combustión agrícola de leña (19.27%) y los incendios forestales (12.84%).

Tabla 36. Emisiones de fuentes de área por categoría.

Categoría	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	1,389.54	1,340.67	51.81	11,621.11	1,618.76	4,959.01	3.26	82.20
Combustión agrícola								
Gas L. P.	0.91	0.91	0.15	9.69	17.02	0.59	-	0.06
Combustión comercial								

Gas L. P.	3.01	3.01	0.37	24.71	43.46	2.61	-	0.12
Gas natural	2.29	2.18	0.51	25.06	33.67	1.90	0.15	0.07
Combustión doméstica								
Gas L. P.	79.50	79.50	9.76	650.12	1,141.43	39.87	-	5.33
Gas natural	2.30	2.30	0.18	25.44	30.29	1.67	0.15	0.15
Leña	1,294.70	1,246.41	37.04	10,815.80	259.28	4,907.86	-	76.03
Combustión industrial								
Gas L. P.	0.34	0.34	0.04	2.36	4.14	0.14	-	0.02
Diesel	0.61	0.15	3.30	3.06	12.25	0.12	0.49	0.02
Gas natural	5.87	5.87	0.46	64.87	77.22	4.25	2.47	0.39
Uso de solventes	-	-	-	-	-	12,816.42	-	-
Artes gráficas	-	-	-	-	-	411.64	-	-
Asfaltado	-	-	-	-	-	908.53	-	-
Lavado en seco	-	-	-	-	-	78.46	-	-
Limpieza de superficies industriales	-	-	-	-	-	8,731.62	-	-
Pintado automotriz	-	-	-	-	-	485.93	-	-
Pintura de señalización vial	-	-	-	-	-	11.85	-	-
Recubrimiento de superficies industriales	-	-	-	-	-	804.07	-	-
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	-	-	-	-	-	1,384.32	-	-
Uso doméstico de solventes	-	-	-	-	-	5,629.72	-	-
Productos en aerosol	-	-	-	-	-	81.80	-	-
Productos domésticos	-	-	-	-	-	640.14	-	-
Productos de cuidado personal	-	-	-	-	-	1,867.09	-	-
Productos de cuidado automotriz	-	-	-	-	-	1,084.69	-	-
Adhesivos y selladores	-	-	-	-	-	462.33	-	-
Pesticidas comerciales y domésticos	-	-	-	-	-	1,440.33	-	-
Productos misceláneos	-	-	-	-	-	53.35	-	-
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	-	-	-	-	-	22,971.86	-	-

Manejo y distribución de Gas LP	-	-	-	-	-	21,459.11	-	-
Manejo y distribución de combustibles	-	-	-	-	-	1,512.75	-	-
Fuentes industriales ligeras y comerciales	276.22	79.74	2.23	1,227.44	21.08	24.10	0.10	13.18
Actividades de construcción	214.31	21.43	-	-	-	-	-	-
Asados al carbón	31.15	31.09	0.02	23.52	0.12	14.73	-	1.89
Panificación	-	-	-	-	-	53.74	-	-
Ladrilleras	30.76	27.22	2.21	1203.92	20.96	3.99	0.10	11.29
Agropecuarias	3,269.50	2,169.04	61.28	12,856.31	560.42	1,472.51	17,357.21	228.52
Aplicación de fertilizantes	-	-	-	-	-	-	1,050.64	-
Aplicación de plaguicidas	-	-	-	-	-	56.91	-	-
Emisiones ganaderas	-	-	-	-	-	-	16,049.57	--
Corrales de engorda	193.63	22.11	-	-	-	-	-	-
Labranza	1,094.44	242.64	-	-	-	-	-	-
Quemas agrícolas	1,981.43	1,904.29	61.28	12,856.31	560.42	1,415.60	257.00	228.52
Manejo de residuos	180.89	165.65	4.76	423.03	28.56	1,267.38	-	19.88
Aguas residuales	-	-	-	-	-	634.79	-	-
Relleno sanitario	-	-	-	18.42	-	489.78	-	-
Quema de residuos a cielo abierto	180.89	165.65	4.76	404.61	28.56	142.80	-	19.88
Fuentes misceláneas	829.88	703.83	84.06	8,213.00	246.74	575.02	1,571.01	50.69
Incendios de construcciones	0.47	0.44	7.51	0.18	0.47	0.06	-	0.06
Esterilización de material hospitalario	-	-	-	-	-	1.49	-	-
Incendios forestales	828.67	703.21	76.55	8,212.82	246.28	573.47	82.34	50.63
Emisiones domésticas de amoníaco	-	-	-	-	-	-	1,488.67	-
Bancos de material	0.74	0.18	-	-	-	-	-	-
Total	5,946.02	4,458.94	204.14	34,340.89	2,475.57	49,764.39	18,931.58	394.47

Tabla 37. Distribución porcentual de emisiones de fuentes de área por categoría.

Categoría	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Quema de combustibles en fuentes estacionarias	23.37	30.07	25.38	33.84	65.39	9.96	0.02	20.84
Combustión agrícola	0.02	0.02	0.07	0.03	0.69	0.00	-	0.02
Gas L. P.	0.02	0.02	0.07	0.03	0.69	0.00	-	0.02
Combustión comercial	0.09	0.12	0.43	0.14	3.12	0.01	0.00	0.05

Gas L. P.	0.05	0.07	0.18	0.07	1.76	0.01	-	0.03
Gas natural	0.04	0.05	0.25	0.07	1.36	0.00	0.00	0.02
Combustión doméstica	23.15	29.79	23.01	33.46	57.81	9.96	0.00	20.66
Gas L. P.	1.34	1.78	4.78	1.89	46.11	0.08	-	1.35
Gas natural	0.04	0.05	0.09	0.07	1.22	0.00	0.00	0.04
Leña	21.77	27.95	18.14	31.50	10.47	9.86	-	19.27
Combustión industrial	0.11	0.14	1.86	0.20	3.78	0.01	0.02	0.11
Gas L. P.	0.01	0.01	0.02	0.01	0.17	0.00	-	0.01
Diesel	0.01	0.00	1.62	0.01	0.49	0.00	0.00	0.01
Gas natural	0.10	0.13	0.23	0.19	3.12	0.01	0.01	0.10
Uso de solventes	-	-	-	-	-	25.78	-	-
Artes gráficas	-	-	-	-	-	0.83	-	-
Asfaltado	-	-	-	-	-	1.83	-	-
Lavado en seco	-	-	-	-	-	0.16	-	-
Limpieza de superficies industriales	-	-	-	-	-	17.56	-	-
Pintado automotriz	-	-	-	-	-	0.98	-	-
Pintura de señalización vial	-	-	-	-	-	0.02	-	-
Recubrimiento de superficies industriales	-	-	-	-	-	1.62	-	-
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	-	-	-	-	-	2.78	-	-
Uso doméstico de solventes	-	-	-	-	-	11.32	-	-
Productos en aerosol	-	-	-	-	-	0.16	-	-
Productos domésticos	-	-	-	-	-	1.29	-	-
Productos de cuidado personal	-	-	-	-	-	3.75	-	-
Productos de cuidado automotriz	-	-	-	-	-	2.18	-	-
Adhesivos y selladores	-	-	-	-	-	0.93	-	-
Pesticidas comerciales y domésticos	-	-	-	-	-	2.89	-	-
Productos misceláneos	-	-	-	-	-	0.11	-	-
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	-	-	-	-	-	46.16	-	-
Manejo y distribución de Gas LP	-	-	-	-	-	43.12	-	-
Manejo y distribución de combustibles	-	-	-	-	-	3.04	-	-
Fuentes industriales ligeras y comerciales	4.52	1.79	1.09	3.57	0.85	0.15	0.00	3.34
Actividades de construcción	3.60	0.48	-	-	-	-	-	-
Asados al carbón	0.52	0.70	0.01	0.07	0.01	0.03	-	0.48
Panificación	-	-	-	-	-	0.11	-	-
Ladrilleras	0.52	0.61	1.08	3.51	0.85	0.01	0.00	2.86
Agropecuarias	54.99	48.64	30.02	37.44	22.64	2.96	91.68	57.93

Aplicación de fertilizantes	-	-	-	-	-	-	5.55	-
Aplicación de plaguicidas	-	-	-	-	-	0.11	-	-
Emisiones ganaderas	-	-	-	-	-	-	84.78	-
Corrales de engorda	3.26	0.50	-	-	-	-	-	-
Labranza	18.41	5.44	-	-	-	-	-	-
Quemas agrícolas	33.32	42.71	30.02	37.44	22.64	2.84	1.36	57.93
Manejo de residuos	3.04	3.72	2.33	1.23	1.15	2.55	-	5.04
Aguas residuales	-	-	-	-	-	1.28	-	-
Relleno sanitario	-	-	-	0.05	-	0.98	-	-
Quema de residuos a cielo abierto	3.04	3.72	2.33	1.18	1.15	0.29	-	5.04
Fuentes misceláneas	13.96	15.78	41.18	23.92	9.97	1.16	8.30	12.85
Incendios de construcciones	0.01	0.01	3.68	0.00	0.02	0.00	-	0.02
Esterilización de material hospitalario	-	-	-	-	-	0.00	-	-
Incendios forestales	13.94	15.77	37.50	23.92	9.95	1.15	0.43	12.84
Emisiones domésticas de amoníaco	-	-	-	-	-	-	7.86	-
Bancos de material	0.01	0.00	-	-	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

B. Emisiones de fuentes de área por municipio.

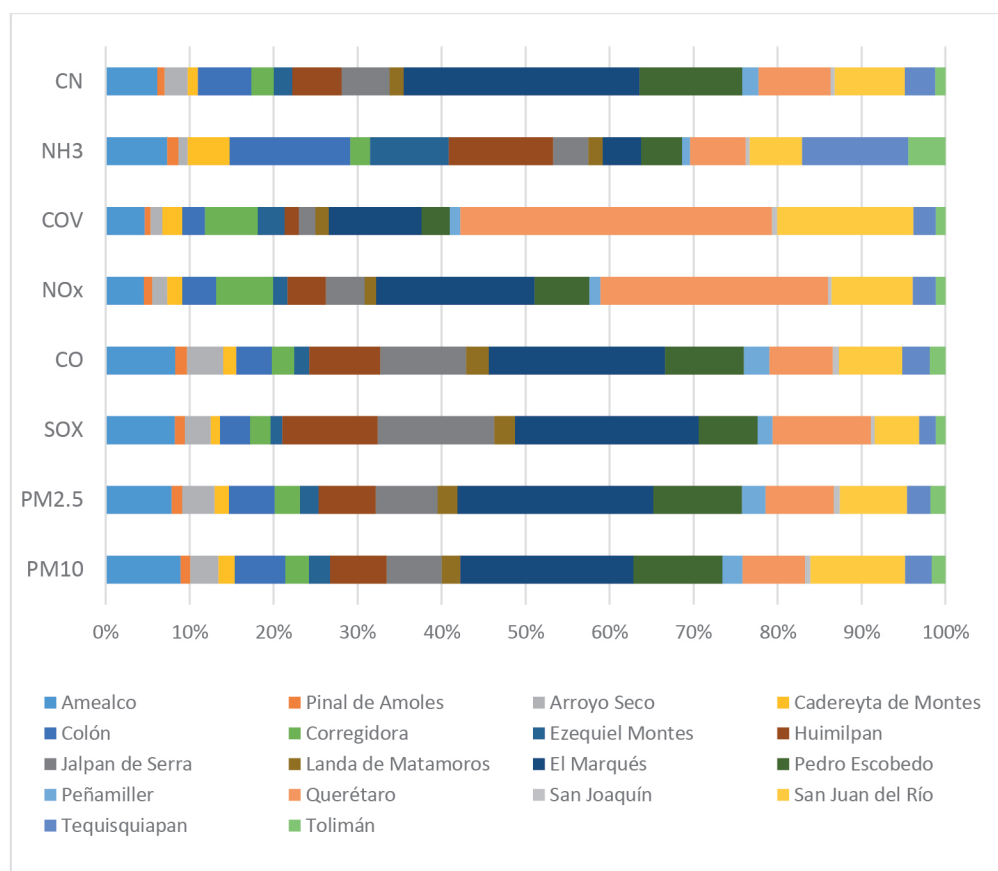
Tabla 38.Emisiones de fuentes de área por municipio.

Municipio	Emisiones (t/a)							
	PM10	PM2.5	SOX	CO	NOx	COV	NH3	CN
Amealco	530.87	351.23	16.84	2,848.61	112.96	2,310.69	1,386.28	24.31
Pinal de Amoles	68.30	54.73	2.40	476.04	23.94	357.40	254.28	3.43
Arroyo Seco	198.74	172.15	6.33	1,480.16	44.43	701.27	207.94	10.87
Cadereyta de Montes	115.89	76.18	2.21	540.53	44.36	1,175.33	944.85	4.75
Colón	357.40	243.97	7.33	1,449.94	100.37	1,342.65	2,722.19	25.08
Corregidora	168.39	133.26	4.96	923.18	167.34	3,131.32	448.13	10.52
Ezequiel Montes	149.85	98.34	2.90	605.26	42.62	1,586.50	1,769.72	8.71
Huimilpan	399.88	304.57	23.21	2,913.06	113.17	829.37	2,353.10	23.15
Jalpan de Serra	390.67	327.88	28.31	3,504.50	113.90	1,000.18	798.09	22.64
Landa de Matamoros	130.44	105.72	5.06	924.08	34.60	780.38	318.94	6.58
El Marqués	1,225.69	1,038.92	44.63	7,210.98	466.48	5,495.83	869.84	110.79
Pedro Escobedo	631.26	471.80	14.29	3,215.26	161.22	1,684.83	918.28	48.27

Peñamiller	142.90	124.77	3.66	1,049.79	33.71	614.88	183.55	7.55
Querétaro	442.35	363.02	23.87	2,592.90	670.73	18,474.71	1,252.32	33.84
San Joaquín	37.15	31.29	0.93	252.83	10.22	306.44	86.18	1.93
San Juan del Río	670.33	356.63	10.86	2,591.54	238.89	8,070.36	1,183.60	32.90
Tequisquiapan	189.06	125.50	4.02	1,116.75	68.52	1,341.20	2,398.52	14.28
Tolimán	96.84	78.98	2.33	645.47	28.10	561.02	835.77	4.88
Total	5,946.02	4,458.94	204.14	34,340.89	2,475.57	49,764.39	18,931.58	394.47

Tabla 39. Distribución porcentual de fuentes de área por municipio.

Municipio	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Amealco	8.93	7.88	8.25	8.30	4.56	4.64	7.32	6.16
Pinal de Amoles	1.15	1.23	1.18	1.39	0.97	0.72	1.34	0.87
Arroyo Seco	3.34	3.86	3.10	4.31	1.79	1.41	1.10	2.76
Cadereyta de Montes	1.95	1.71	1.08	1.57	1.79	2.36	4.99	1.20
Colón	6.01	5.47	3.59	4.22	4.05	2.70	14.38	6.36
Corregidora	2.83	2.99	2.43	2.69	6.76	6.29	2.37	2.67
Ezequiel Montes	2.52	2.21	1.42	1.76	1.72	3.19	9.35	2.21
Huimilpan	6.73	6.83	11.37	8.48	4.57	1.67	12.43	5.87
Jalpan de Serra	6.57	7.35	13.87	10.21	4.60	2.01	4.22	5.74
Landa de Matamoros	2.19	2.37	2.48	2.69	1.40	1.57	1.68	1.67
El Marqués	20.61	23.30	21.86	21.00	18.84	11.04	4.59	28.09
Pedro Escobedo	10.62	10.58	7.00	9.36	6.51	3.39	4.85	12.24
Peñamiller	2.40	2.80	1.79	3.06	1.36	1.24	0.97	1.91
Querétaro	7.44	8.14	11.69	7.55	27.09	37.12	6.61	8.58
San Joaquín	0.62	0.70	0.46	0.74	0.41	0.62	0.46	0.49
San Juan del Río	11.27	8.00	5.32	7.55	9.65	16.22	6.25	8.34
Tequisquiapan	3.18	2.81	1.97	3.25	2.77	2.70	12.67	3.62
Tolimán	1.63	1.77	1.14	1.88	1.13	1.13	4.41	1.24
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Gráfica 26. Contribución porcentual municipal por contaminante.

De lo observado en las tablas y gráfica anteriores, la contribución de fuentes de área a nivel municipal por contaminante en la siguiente:

- El Marqués en cuanto a fuentes de área es el primer emisor de PM₁₀ (20.61%), PM_{2.5} (23.30%), SO₂ (21.86%), CO (21.00%) y CN (28.09%) y el segundo en emisiones de NO_x (18.84%) y COV (11.05%).
- El municipio de Querétaro es el primero en emisiones de fuentes de área por NO_x (27.09%) y COV (37.12%), tercero en emisiones de PM₁₀ (8.24%), SO₂ (11.69%) y CN (8.58%).
- Colón es el primero en emisiones de fuentes de fuentes de área de NH₃ (14.38%), el segundo es el municipio de Tequisquiapan (12.67%), seguido de emisiones Huimilpan (12.43%).
- Jalpan de Serra en cuanto fuentes de área es el segundo en emisiones de SO₂ (13.87%) y CO (10.21%).

- Pedro Escobedo se ubica en el segundo lugar en emisiones de fuentes de área por $PM_{2.5}$ (10.58%) y CN (12.24%) y tercero en emisiones de CO (9.36%).
- San Juan del Río es el segundo emisor de fuentes de área por PM_{10} (11.27%) y COV (16.22%) y el tercero en NO_x (9.65%).

IV.3 Fuentes Biogénicas

Las fuentes biogénicas incluyen las emisiones de COV producidas por los bosques o por los cultivos, así como las emisiones de NO_x provenientes del suelo.

Sin embargo, es importante mencionar que la vegetación y el suelo, como componentes naturales, no son fuentes emisoras de contaminantes; sin embargo, en los bosques y en la agricultura se generan emisiones de gases tales como el carbono y el nitrógeno provenientes de los procesos de descomposición de la biomasa en materia orgánica; del mismo modo, también contribuyen con emisiones que forman parte de los ciclos generadores de sustancias precursoras de estos, en este caso estamos hablando de los compuestos orgánicos volátiles. Sin embargo, la importancia de la estimación de estas emisiones estriba en que a nivel global pueden ser iguales o de mayor magnitud que las generadas por actividades antropogénicas. Por lo que es importante cuantificar las emisiones de COV's de fuentes biogénicas para tener una perspectiva completa de la cantidad de compuestos precursores de contaminantes secundarios que son emitidos y establecer estrategias para un manejo integral de la calidad del aire.

En la tabla 40 se hace relación de los distintos tipos de vegetación y uso de suelo existentes en el Estado de Querétaro, así como sus correspondientes superficies en hectáreas.

Tabla 40. Superficie de tipos de vegetación y usos de suelo, en el Estado

Clave	Uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)
PZI	Pastizal Inducido	87,100.13
SVC	Selva Caducifolia	67,090.38
BC	Bosque Cultivado	453.05
BA	Bosque de Oyamel	94.53
BP	Bosque de Pino	5,791.00

BPQ	Bosque de Pino-Encino	20,583.58
BJ	Bosque de Tásbate	3,409.17
BQ	Bosque de Encino	72,000.57
BQP	Bosque de Encino-Pino	18,058.34
BOM	Bosque Mesófilo de Montaña	28.72
SVP	Selva Perennifolia	626.01
Uso de suelo asociado a tipos de vegetación no forestal		
MX	Matorral Xerófilo	161318.99
OVH	Vegetación Hidrófila	88.54
OVG	Vegetación de Galería	126.29
VS/BO	Vegetación Secundaria de Bosque	167,253.91
(VS/SV)	Vegetación Secundaria de Selva	78,939.28
VS/MX	Vegetación Secundaria de Matorral Xerófilo	101,260.19
Otros usos de suelo		
	Agricultura	346,070.53
H2O	Cuerpos de Agua	4,407.91
AU	Áreas Urbanas	35,429.60
ADV	Área sin vegetación	818.16
Total		1,170,948.89

Fuente: INEGI Uso de suelo y vegetación serie VI y VII

IV.3.1 Metodología fuentes biogénicas

Para la estimación de fuentes biogénicas, se usó el modelo GloBEIS (Global Biosphere Emissions and Interactions System, Sistema Global de Interacciones y Emisiones de la Biósfera) desarrollado por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) y el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCA), en su versión 3.2 modificado para México.

Para la integración de la información del área geográfica se confirmó empleando el Marco Geoestadístico Municipal (MGM) y el Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades, publicadas en INEGI. La homologación de los distintos usos de suelo y vegetación se realizó con la cartografía de la serie VI de INEGI. Los datos de información meteorológica proporcionados por la CEAQ y SEDESU.

Las emisiones biogénicas de COV y las emisiones de NO_x provenientes del suelo se estimaron con un modelo biogénico desarrollado por la Comisión para la Calidad Ambiental de Texas (Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ). Este modelo, denominado Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, versión 3 (Global Biosphere Emission and Interactions System, GloBEIS3)

La información que se utilizó proviene de diversas instituciones como Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Sistema Nacional de Meteorología (SNM), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Centro Nacional de Meteorología (CENAM), El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La información meteorológica fue proporcionada por la Comisión Estatal de aguas de Querétaro. Dicha información consistió en los datos horarios de variables meteorológicas como temperatura ambiente, en grados centígrados, así como la radiación solar, en Watts por metro cuadrado, para el año 2021, de las estaciones meteorológicas.

IV. 3.2 Emisiones de fuentes biogénicas

Las emisiones totales generadas por las fuentes biogénicas en el Estado de Querétaro para el año 2021, se estimaron en 3,701.73 toneladas de NO, 5,663.65 toneladas de NO_x, 1,158.99 toneladas de isopreno, 7,949.99 toneladas de Monoterpenos, 18,751.44 toneladas de otros COV, estimando que se emitieron un total de 27,860.43 toneladas de compuestos orgánicos volátiles.

Tabla 41. Emisiones de fuentes biogénicas.

EMISIONES (t/a)					
NO	NO _x	Isopreno	Monoterpenos	Otros COV	COV Totales
3,701.73	5,663.65	1,158.99	7,949.99	18,751.44	27,860.43

A. Emisiones de fuentes biogénicas por subcategoría

Las categorías que tienen una mayor contribución son la agricultura en las principales emisiones de NO, NO_x, y otros COVS, la vegetación secundaria de selva (VS/SV) genera la mayor contribución de Isopreno y monoterpenos.

Tabla 42. Emisiones de fuentes biogénicas por categoría.

Categoría	Emisiones (t/a)					
	NO	NO _x	Isopreno	Monoterpenos	Otros COV	COV Totales
Uso de Suelo Forestal	404.58	619.00	234.53	1,345.75	4,360.62	5,940.91
Pastizal Natural (PZN)	-	-	-	-	-	-
Pastizal Inducido (PZI)	178.57	273.21	0.53	51.13	44.09	95.74
Selva Caducifolia (SBC)	110.06	168.40	69.47	1,104.15	3,649.59	4,823.21
Bosque Cultivado (BC)	1.04	1.59	22.22	59.36	102.93	184.51
Bosque de Oyamel (BA)	0.04	0.07	0.14	0.06	0.26	0.46
Bosque de Pino (BP)	2.65	4.05	0.00	2.02	1.58	3.60
Bosque de Pino-Encino (BPQ)	10.15	15.53	25.79	12.90	62.39	101.07
Bosque de Táscate (BJ)	2.12	3.24	0.00	0.07	0.26	0.33
Bosque de Encino (BQ)	53.36	81.65	92.77	19.08	223.64	335.49
Bosque de Encino-Pino (BQP)	43.97	67.27	13.69	43.98	212.74	270.42
Bosque Mesófilo de Montaña (BOM)	0.02	0.03	0.53	2.45	2.59	5.58
Selva Perennifolia (SVP)	2.59	3.96	9.38	50.57	60.54	120.50
Uso de Suelo no Forestal	361.23	552.67	879.72	4,177.39	5,837.22	10,894.32
Matorral Xerófilo (MX)	104.69	160.17	0.51	39.55	33.89	73.95
Vegetación Hidrófila (OVH)	0.07	0.11	0.03	0.88	1.48	2.39
Vegetación de Galería (OVG)	0.11	0.16	0.82	0.21	4.24	5.27
Vegetación Secundaria de Pastizal Natural (VS/PZN)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vegetación Secundaria de Bosque (VS/BO)	96.72	147.99	2.41	10.57	28.05	41.03
Vegetación Secundaria de Selva (VS/SV)	36.72	56.18	875.16	4,052.50	5,007.87	9,935.53

Vegetación Secundaria de Matorral Xerófilo (VS/MX)	122.91	188.06	0.79	73.67	761.69	836.15
Vegetación Secundaria de Otros Tipos de Vegetación (VS/OV)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros usos de suelo	2,935.93	4,491.98	44.74	2,426.85	8,553.61	11,025.20
Sin vegetación	0.43	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Agricultura	2,935.50	4,491.32	44.60	2,421.95	8,545.01	11,011.56
Cuerpos de Agua (H2O)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Áreas Urbanas (AU)	0.00	0.00	0.14	4.90	8.59	13.64
Total	3,701.73	5,663.65	1,158.99	7,949.99	18,751.44	27,860.43

Tabla 43. Contribución porcentual de emisiones de fuentes biogénicas por categoría.

Categoría	Emisiones (t/a)					
	NO	NO _x	Isopreno	Monoterpenos	Otros COV	COV Totales
Uso de Suelo Forestal	10.93	10.93	20.24	16.93	23.25	21.32
Pastizal Natural (PZN)	-	-	-	-	-	-
Pastizal Inducido (PZI)	4.82	4.82	0.05	0.64	0.24	0.34
Selva Caducifolia (SBC)	2.97	2.97	5.99	13.89	19.46	17.31
Bosque Cultivado (BC)	0.03	0.03	1.92	0.75	0.55	0.66
Bosque de Oyamel (BA)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Bosque de Pino (BP)	0.07	0.07	0.00	0.03	0.01	0.01
Bosque de Pino-Encino (BPQ)	0.27	0.27	2.23	0.16	0.33	0.36
Bosque de Táscate (BJ)	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Bosque de Encino (BQ)	1.44	1.44	8.00	0.24	1.19	1.20
Bosque de Encino-Pino (BQP)	1.19	1.19	1.18	0.55	1.13	0.97
Bosque Mesófilo de Montaña (BOM)	0.00	0.00	0.05	0.03	0.01	0.02
Selva Perennifolia (SVP)	0.07	0.07	0.81	0.64	0.32	0.43
Uso de Suelo no Forestal	9.76	9.76	75.90	52.55	31.13	39.10
Matorral Xerófilo (MX)	2.83	2.83	0.04	0.50	0.18	0.27
Vegetación Hidrófila (OVH)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Vegetación de Galería (OVG)	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02	0.02

Vegetación Secundaria de Pastizal Natural (VS/PZN)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vegetación Secundaria de Bosque (VS/BO)	2.61	2.61	0.21	0.13	0.15	0.15
Vegetación Secundaria de Selva (VS/SV)	0.99	0.99	75.51	50.97	26.71	35.66
Vegetación Secundaria de Matorral Xerófilo (VS/MX)	3.32	3.32	0.07	0.93	4.06	3.00
Vegetación Secundaria de Otros Tipos de Vegetación (VS/OV)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros usos de suelo	79.31	79.31	3.86	30.53	45.62	39.57
Sin vegetación	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Agricultura	79.30	79.30	3.85	30.46	45.57	39.52
Cuerpos de Agua (H ₂ O)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Áreas Urbanas (AU)	0.00	0.00	0.01	0.06	0.05	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

B. Emisiones biogénicas por municipio.

En las tablas 44 y 45 se muestran los resultados de emisiones biogénicas por municipio. En las tablas se observa que el municipio de Amealco de Bonfil es el principal emisor de NO_x (16.37%), Jalpan de Serra es el principal emisor de COV (12.36%), San Juan del Rio el segundo de NO_x (10.73%), y el tercero en las emisiones de COV (9.70%). Arroyo seco es el segundo en emisiones COV (10.07%), el tercero en emisiones de NO_x (8.53%).

Tabla 44. Emisiones totales de fuentes biogénicas por municipio.

Municipio	Emisiones (t/a)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Amealco de Bonfil	-	-	-	-	927.16	2,127.07	-
Pinal de Amoles	-	-	-	-	145.07	1,038.95	-
Arroyo Seco	-	-	-	-	226.17	2,806.74	-
Cadereyta de Montes	-	-	-	-	132.71	618.20	-
Colón	-	-	-	-	304.00	2,010.05	-
Corregidora	-	-	-	-	354.16	1,002.08	-

Ezequiel Montes	-	-	-	-	481.25	1,167.44	-
Huimilpan	-	-	-	-	438.01	1,610.45	-
Jalpan de Serra	-	-	-	-	175.98	3,443.45	-
Landa de Matamoros	-	-	-	-	113.54	664.35	
El Marqués	-	-	-	-	286.76	1,769.53	
Pedro Escobedo	-	-	-	-	483.37	2,114.33	
Peñamiller	-	-	-	-	52.30	223.73	
Querétaro	-	-	-	-	317.23	2,069.28	
San Joaquín	-	-	-	-	32.10	312.94	
San Juan del Río	-	-	-	-	607.91	2,702.44	
Tequisquiapan	-	-	-	-	468.97	1,642.37	
Tolimán	-	-	-	-	116.95	537.01	
Total	-	-	-	-	5,663.65	27,860.43	-

Tabla 45. Contribución porcentual de fuentes biogénicas por categoría, 2021.

Municipio	Emisiones (%)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Amealco de Bonfil	-	-	-	-	16.37	7.63	-
Pinal de Amoles	-	-	-	-	2.56	3.73	-
Arroyo Seco	-	-	-	-	3.99	10.07	-
Cadereyta de Montes	-	-	-	-	2.34	2.22	-
Colón	-	-	-	-	5.37	7.21	-
Corregidora	-	-	-	-	6.25	3.60	-
Ezequiel Montes	-	-	-	-	8.50	4.19	-
Huimilpan	-	-	-	-	7.73	5.78	-
Jalpan de Serra	-	-	-	-	3.11	12.36	-
Landa de Matamoros	-	-	-	-	2.00	2.38	-
El Marqués	-	-	-	-	5.06	6.35	-
Pedro Escobedo	-	-	-	-	8.53	7.59	-
Peñamiller	-	-	-	-	0.92	0.80	-
Querétaro	-	-	-	-	5.60	7.43	-
San Joaquín	-	-	-	-	0.57	1.12	-
San Juan del Río	-	-	-	-	10.73	9.70	-
Tequisquiapan	-	-	-	-	8.28	5.90	-
Tolimán	-	-	-	-	2.06	1.93	-
Total	-	-	-	-	100.00	100.00	-

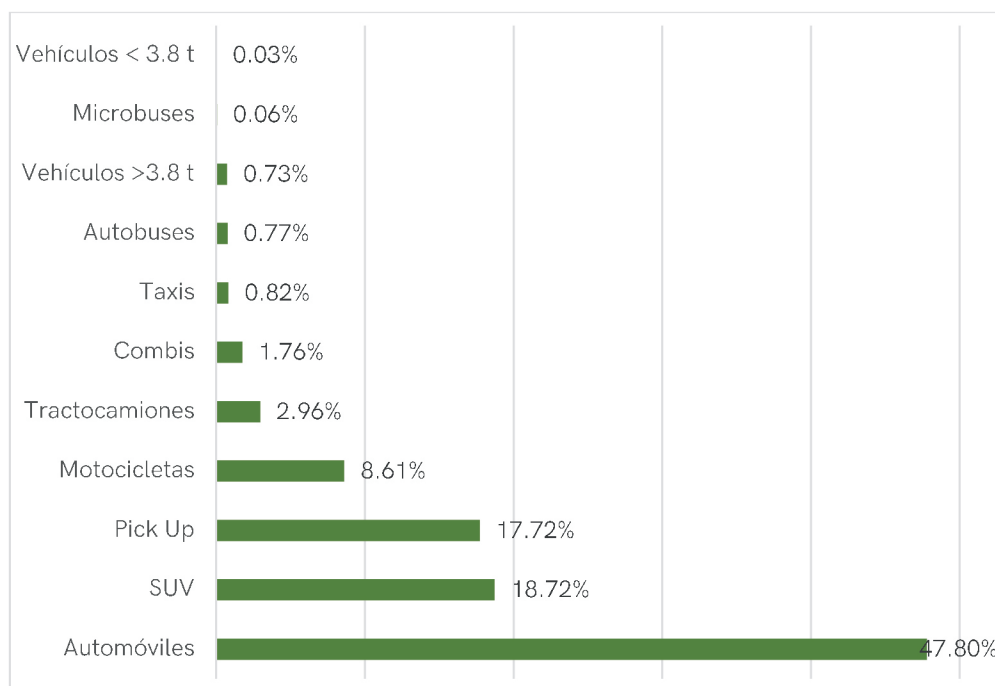
IV.4 Fuentes Móviles

Las emisiones generadas por fuentes móviles representan una contribución importante en los inventarios de emisiones, dado que todos los vehículos automotores de combustión interna que circulan en vialidades generan emisiones a la atmosfera y representan una fuente importante de contaminación del aire. Aunque las principales emisiones de las fuentes móviles se generan en el escape durante la combustión de hidrocarburos, también se generan emisiones evaporativas y durante el frenado por el desgaste de las llantas.

Conforme a la información de la flota en circulación del estado que fue proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro, una vez depuración de la base de datos para incluir vehículos hasta con 30 años de antigüedad y realizar la clasificaron por tipo de vehículo, año modelo y combustible, en total se contabilizaron 799,525 vehículos de combustión interna en circulación.

Tabla 46.Flota total vehicular registrada por tipo de vehículo y combustible.

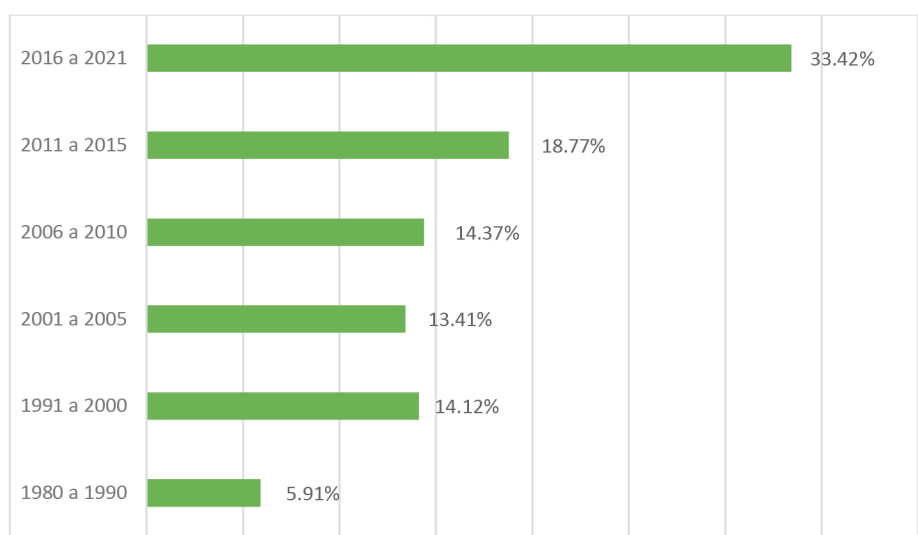
Categoría	Cantidad de vehículos por tipo de combustible usado			
	Gasolina	Diesel	Gas LP	Gas Natural
Automóviles	380,009	1739	19	428
SUV	148,639	1018	25	27
Taxis	3347	1	196	2,994
Combis	9928	4,076	27	67
Microbuses	70	142	29	264
Pick Up	137,795	3,615	147	95
Vehículos < 3.8 t	195	76	-	-
Tractocamiones	647	22,991	16	10
Autobuses	43	5,700	14	401
Vehículos >3.8 t	151	5,716	4	5
Motocicletas	68,859	-	-	-
Total	749,683	45,074	477	4,291



Gráfica 27. Distribución del parque vehicular en el Estado de Querétaro.

Fuente: Elaboración propia con información SEDESU

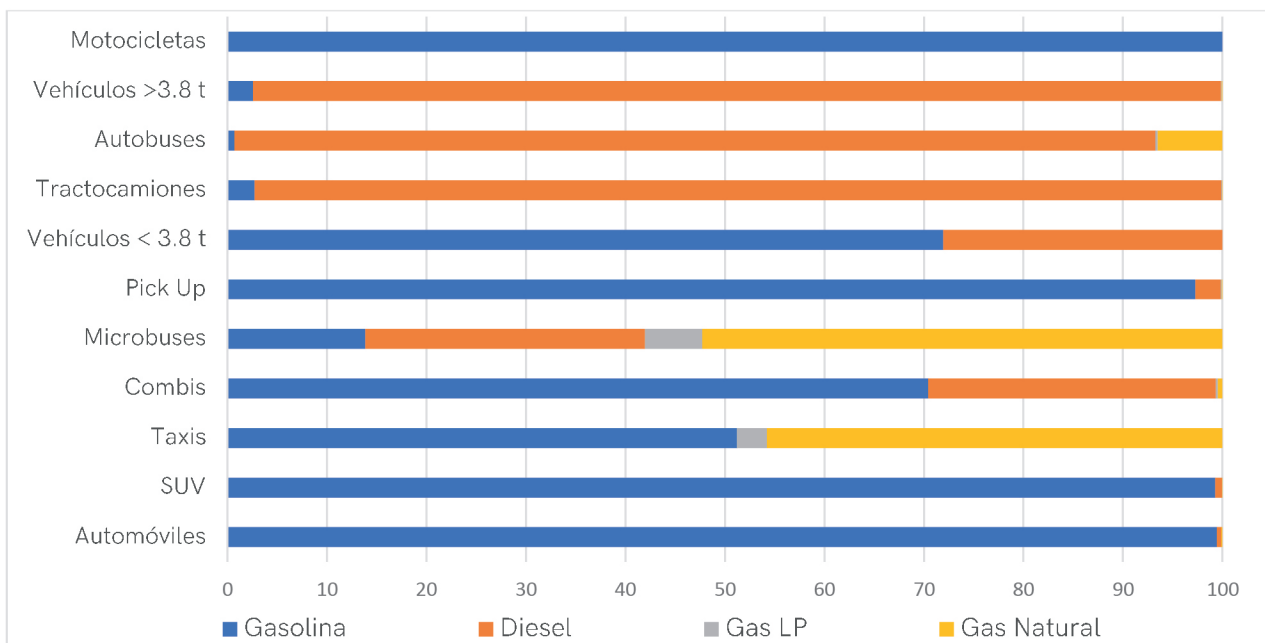
En cuanto a la antigüedad, el 33.53% de vehículos registrados tiene una antigüedad menor a 5 años, el 18.93% cuenta con más de 10 años de antigüedad y el 14.37% tiene antigüedad de más de quince años (Gráfica 28).



Gráfica 28. Distribución del parque vehicular registrados al 2021, por año modelo.

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SEDESU

La gran mayoría de los vehículos de que están registrados en el en Querétaro se mueven son gasolina (96%), seguidos de los de Diésel (6%). Gráfica 29.



Gráfica 29. Distribución porcentual del parque vehicular en 2021, por tipo de combustible.

Fuente: Elaboración propia

IV.4.1 Metodología fuentes móviles

Pera la categoría de fuentes móviles se estimaron dos subcategorías las fuentes móviles carreteras y las no carreteras; a continuación, se describe la metodología aplicada en cada una.

1. Fuentes móviles carreteras

Las emisiones generadas por fuentes móviles carreteras (vehículos a gasolina y diésel) se estimaron con el software MOVES-México (Motor Vehicle Emission Simulator), que es una versión del modelo para el cálculo de emisiones vehiculares MOVES2014a, desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos. El modelo fue desarrollado en el año 2010 para sustituir al modelo MOBILE6 bajo el nombre de MOVES2010, en el año 2014 tuvo una actualización

tomando el nombre de MOVES2014, y para diciembre de 2015 la EPA realizó una última adecuación del modelo con mejoras al mismo y lo renombró MOVES2014a.

Esta metodología es la que se aplica a nivel nacional en el cálculo de las emisiones del autotransporte y también está descrita por la SEMARNAT en el Manual VI “Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores” del Programa de Inventarios de Emisiones para México (SEMARNAT-INE, 1997). Dicha metodología requiere de factores de emisión aplicados a un dato de actividad.

Los factores de emisión, tal como se hace a nivel nacional, se estimaron con el software MOVES-México (*Motor Vehicle Emission Simulator*), que es una versión del modelo para el cálculo de emisiones vehiculares MOVES2014a, desarrollado por la EPA (*Environmental Protection Agency*) de Estados Unidos.

Respecto a las características de combustible, se analizaron las del combustible suministrado por Petróleos Mexicanos (PEMEX) en la zona de estudio, para generar la base de datos con la información requerida por MOVES-México. Con la información de la cantidad por tipo de combustible vendida en la zona de estudio, se realiza el balance de materia y energía para verificar y validar los resultados del inventario de emisiones de fuentes móviles.

2. Fuentes no carreteras

2.1 Operación de aeronaves

La estimación de emisiones se realizó mediante el software Emissions and Dispersion Modeling Systems (EDMS 5.1.1) desarrollado por la Federal Aviation Administration (FAA) debido a que cuenta con una mayor precisión, ya que utiliza datos de número de operaciones considerando; el aterrizaje, carreteo de entrada, arranque de motor, carreteo de salida, despegue y la elevación, además de estimar las emisiones por el uso de equipos auxiliares, para cada tipo de aeronave.

Los datos de actividad fueron proporcionados por el Aeropuerto Internacional de Querétaro (AIQ) mediante oficio (AIQ, 2022). Donde se indica el número total de

operaciones anuales por tipo de aeronave, que en total suman 48,116 operaciones (ver Oficio AIQ/AA/185/2022 para más detalles).

Los factores de emisión utilizados fueron los precargados en el programa EDMS 5.1.1, generados con información de fabricantes de motores (GE, Honeywell, Rolls Royce, etc.) para cada tipo de aeronave de acuerdo con EPA AP-42, ICAO, AESO, entre otros.

2.2 Locomotoras

Las estimaciones de emisiones por el proceso de combustión interna en las locomotoras se clasifican como emisiones por operaciones de arrastre y por operaciones de patio. Para la primera se requiere del combustible consumido para llevar a cabo las operaciones de transporte de carga o pasajeros, y en la segunda se requiere del número de locomotoras en operación dentro de las terminales de ferrocarril, así como los factores de emisión para el combustible utilizado y para el uso de locomotoras.

El dato de actividad de consumo de diésel se obtuvo a partir de lo reportado por la SENER en el Sistema de Información Energético, referente a la Demanda Interna de Diesel por Estado en el Sector Transporte Ferroviario en 2021 (SIE-SENER, 2021. IMP).

Para la determinar el consumo para cada uno de los municipios del estado se consideró la longitud de vías férreas troncales por municipio en proporción con las vías férreas en el del estado (SCT, 2021. Anuario Estadístico del Sector Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2021).

Debido a la falta de información precisa por municipio, se midió la longitud mediante la aplicación QGIS 3.22.16-Pi con base en los archivos SHP del Instituto de Geografía de la UNAM (UNAM, 2022. Unidad de Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad (GITS) del Instituto de Geografía. Infraestructura de Datos Espaciales Abiertos (IDEA).) considerando que el 93.5% del combustible a nivel nacional es consumido por actividades de este tipo (SCT-ARTF, 2021. Anuario Estadístico Ferroviario 2021, Parte 2).

Operaciones de patio: Para las operaciones de patio, el número de locomotoras fue obtenido a partir del total nacional publicado en el Anuario Estadístico del Sector Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2021 (SCT, 2021). Anuario Estadístico del Sector Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2021.

2.3 Terminales de autobuses

La estimación de emisiones de contaminantes en las terminales de autobuses se realizó con base en el número de salidas al año, la velocidad promedio dentro de la terminal y el tiempo de entrada y salida promedio.

Al no contar con información precisa de todas las terminales, se obtuvo información complementaria a partir de las páginas web oficiales de las líneas de autobuses y de las terminales autorizadas por la SCT (SCT, 2022. Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF). Relación de terminales por Entidad Federativa. Terminales autorizadas al 02 de mayo de 202. Los factores de emisión utilizados son los obtenidos mediante el software MOVES-México (Motor Vehicle Emission Simulator) (MOVES, 2023). Considerando que todos los autobuses consumen sólo diésel.

IV.4.2 Emisiones de fuentes móviles

Las emisiones anuales generadas por fuentes móviles en el Estado de Querétaro en 2021 se estimaron en 1,566.50 t/a de PM₁₀, 1,137.19 t/a de PM_{2.5}, 317.71 t/a de SO₂, 113,831.76 t/a de CO, 32,881.03 t/a de NO_x, 13,405.73 t/a de COV, 335.34 t/a de NH₃ y 562.86 t/a de CN. Tabla 47.

Tabla 47. Emisiones de fuentes móviles en el Estado de Querétaro, 2021.

Fuentes Móviles	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Total	1,566.50	1,137.19	317.71	113,831.76	32,881.03	13,405.73	335.34	562.86

A. Emisiones de fuentes móviles por subcategoría

En la tabla 48 se presentan las emisiones de fuentes móviles por subcategoría observando lo siguiente:

- Los tractocamiones son los primeros en emisiones de PM₁₀ (46.72%), PM_{2.5} (49.29%), NO_x (33.41%) y CN (69.25%).
- Los autos particulares son los primeros en emisiones de, CO (31.26%), y COV (35.53%). Los segundos en emisiones de PM₁₀ (11.44%), NO_x (17.82%) y NH₃ (26.71%).
- La maquinaria agrícola es la primera en emisiones de SO₂ (49.40%), la segunda en PM_{2.5} (14.77%), y la tercera en PM₁₀ (10.72%) y CN (4.48%).
- Las motocicletas son las primeras en emisiones de NH₃ (39.19%), segundas en emisiones de CO (25.27%) y COV (21.75%).
- Los autobuses son el segundo en emisiones de CN (14.82%), y el tercero en emisiones de PM_{2.5} (10.73%).
- Las camionetas SUV son las terceras en emisiones de CO (18.54%), NO_x (11.22%), y NH₃ (12.44%) y las Pick Up son el tercero en emisiones de COV (18.70%).

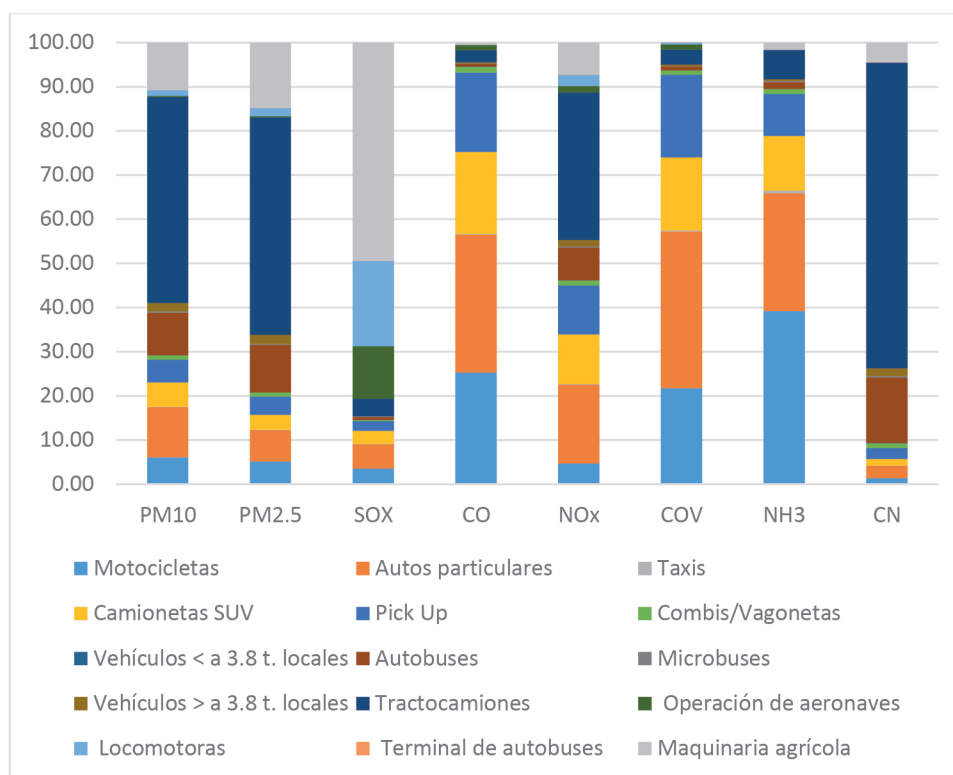
Tabla 48. Emisiones de fuentes móviles por categoría.

Categoría	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Fuentes carreteras	1,374.35	945.12	61.55	111,910.79	29,171.40	13,200.38	329.80	537.50
Motocicletas	94.94	58.40	11.34	28,762.99	1,551.98	2,915.19	131.41	7.91
Autos particulares	179.14	81.02	17.41	35,586.82	5,859.35	4,762.55	89.56	15.74
Taxis	1.24	0.30	0.18	188.91	53.52	28.62	1.90	0.04
Camionetas SUV	85.61	39.38	9.60	21,104.28	3,690.07	2,217.12	41.71	8.67
Pick Up	81.12	46.42	6.91	20,516.93	3,655.52	2,507.53	31.82	13.61
Combis/Vagonetas	15.46	10.72	0.79	1,481.84	372.90	130.99	3.79	6.38
Vehículos < a 3.8 t. locales	0.32	0.22	0.02	23.71	5.53	1.99	0.07	0.14
Autobuses	151.15	122.01	2.15	778.53	2,423.52	118.10	5.06	83.39
Microbuses	3.85	2.89	0.09	64.93	104.88	9.00	1.04	1.92
Vehículos > a 3.8 t. locales	29.72	23.25	0.40	216.71	468.35	47.53	1.08	9.92
Tractocamiones	731.80	560.50	12.66	3,185.14	10,985.78	461.76	22.36	389.79
Fuentes no carreteras	192.15	192.07	256.16	1,920.97	3,709.64	205.35	5.54	25.36

Operación de aeronaves	2.87	2.86	37.81	1,283.94	478.23	153.37	-	0.00
Locomotoras	20.98	20.98	61.41	121.70	839.22	51.53	-	0.00
Terminal de autobuses	0.29	0.23	0.00	1.45	4.60	0.23	0.01	0.16
Maquinaria agrícola	168.00	168.00	156.93	513.89	2387.59	0.23	5.53	25.20
Total	1,566.50	1,137.19	317.71	113,831.76	32,881.03	13,405.73	335.34	562.86

Tabla 49. Contribución porcentual de emisiones de fuentes móviles.

Categoría	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Fuentes carreteras	98.27	97.52	38.29	98.76	95.66	98.47	98.35	95.49
Motocicletas	6.79	6.03	7.05	25.38	5.09	21.75	39.84	1.40
Autos particulares	12.81	8.36	10.83	31.40	19.22	35.53	27.15	2.80
Taxis	0.09	0.03	0.11	0.17	0.18	0.21	0.58	0.01
Camionetas SUV	6.12	4.06	5.97	18.62	12.10	16.54	12.65	1.54
Pick Up	5.80	4.79	4.30	18.11	11.99	18.71	9.65	2.42
Combis/Vagonetas	1.11	1.11	0.49	1.31	1.22	0.98	1.15	1.13
Vehículos < a 3.8 t. locales	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03
Autobuses	10.81	12.59	1.34	0.69	7.95	0.88	1.54	14.82
Microbuses	0.27	0.30	0.06	0.06	0.34	0.07	0.31	0.34
Vehículos > a 3.8 t. locales	2.13	2.40	0.25	0.19	1.54	0.35	0.33	1.76
Tractocamiones	52.33	57.83	7.87	2.81	36.03	3.44	6.78	69.25
Fuentes no carreteras	1.73	2.48	61.71	1.24	4.34	1.53	0.00	4.51
Operación de aeronaves	0.21	0.29	23.52	1.13	1.57	1.14	-	-
Locomotoras	1.50	2.16	38.20	0.11	2.75	0.38	-	-
Terminal de autobuses	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
Maquinaria agrícola	10.72	14.77	49.40	0.45	7.26	0.00	1.65	4.48
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Gráfica 30. Contribución porcentual por contaminante por categoría.

B. Emisiones de fuentes de móviles por municipio.

Los municipios que contribuyen con los mayores porcentajes de emisiones de fuentes móviles son Querétaro que reporta la mayor contribución de todos los contaminantes, seguido de San Juan del Río y El Marqués.

Tabla 50. Emisiones de fuentes móviles por municipio.

Municipio	Emisiones (t/a)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CN
Amealco	37.72	32.97	21.34	2,403.00	794.27	291.87	5.26	8.27
Pinal de Amoles	3.74	2.89	1.44	499.53	107.05	61.75	1.00	0.74
Arroyo Seco	5.12	4.11	2.35	622.04	133.38	75.45	1.42	0.93
Cadereyta de Montes	27.31	21.33	7.23	2,750.42	678.79	339.77	5.54	8.17
Colón	32.21	27.43	19.37	2,077.67	691.40	247.26	5.13	7.37
Corregidora	123.75	83.49	11.43	10,597.00	2,650.48	1,234.09	32.79	43.15
Ezequiel Montes	23.85	17.94	5.48	2,195.35	529.04	253.04	6.18	7.49
Huimilpan	30.44	24.45	9.66	2,001.16	665.36	234.53	4.33	9.83

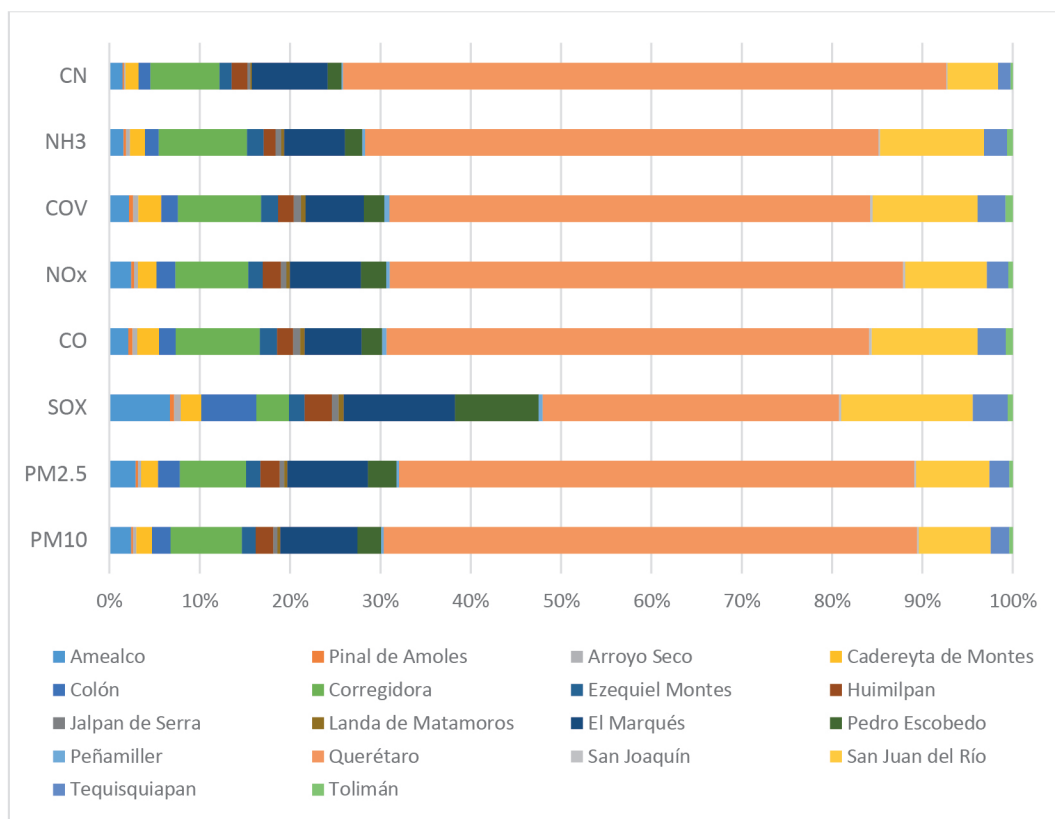
Jalpan de Serra	7.46	5.53	2.32	915.25	197.30	109.86	2.14	1.75
Landa de Matamoros	4.85	3.83	1.82	529.35	126.43	65.62	1.07	1.15
El Marqués	133.60	101.79	39.12	7,186.17	2,588.33	861.83	22.60	47.19
Pedro Escobedo	41.24	35.52	29.42	2,582.77	915.85	306.39	6.43	8.54
Peñamiller	4.29	3.35	1.42	590.77	129.78	75.16	1.02	0.98
Querétaro	925.15	648.62	104.19	60,784.72	18,681.64	7,133.78	190.61	375.90
San Joaquín	2.99	2.29	0.86	314.24	78.30	37.40	0.59	0.83
San Juan del Río	124.63	92.18	46.26	13,352.96	2,976.10	1,557.72	38.52	31.56
Tequisquiapan	32.14	24.99	12.20	3,538.61	772.82	414.25	8.59	7.72
Tolimán	6.03	4.48	1.79	890.75	164.72	105.97	2.11	1.29
Total	1,566.50	1,137.19	317.71	113,831.76	32,881.03	13,405.73	335.34	562.86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Contribución porcentual de fuentes móviles por municipio.

Municipio	Emisiones (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COV	NH ₃	CN
Amealco	2.41	2.90	6.72	2.11	2.42	2.18	1.57	1.47
Pinal de Amoles	0.24	0.25	0.45	0.44	0.33	0.46	0.30	0.13
Arroyo Seco	0.33	0.36	0.74	0.55	0.41	0.56	0.42	0.17
Cadereyta de Montes	1.74	1.88	2.28	2.42	2.06	2.53	1.65	1.45
Colón	2.06	2.41	6.10	1.83	2.10	1.84	1.53	1.31
Corregidora	7.90	7.34	3.60	9.31	8.06	9.21	9.78	7.67
Ezequiel Montes	1.52	1.58	1.72	1.93	1.61	1.89	1.84	1.33
Huimilpan	1.94	2.15	3.04	1.76	2.02	1.75	1.29	1.75
Jalpan de Serra	0.48	0.49	0.73	0.80	0.60	0.82	0.64	0.31
Landa de Matamoros	0.31	0.34	0.57	0.47	0.38	0.49	0.32	0.20
El Marqués	8.53	8.95	12.31	6.31	7.87	6.43	6.74	8.38
Pedro Escobedo	2.63	3.12	9.26	2.27	2.79	2.29	1.92	1.52
Peñamiller	0.27	0.29	0.45	0.52	0.39	0.56	0.30	0.17
Querétaro	59.06	57.04	32.79	53.40	56.82	53.21	56.84	66.79
San Joaquín	0.19	0.20	0.27	0.28	0.24	0.28	0.18	0.15
San Juan del Río	7.96	8.11	14.56	11.73	9.05	11.62	11.49	5.61
Tequisquiapan	2.05	2.20	3.84	3.11	2.35	3.09	2.56	1.37
Tolimán	0.38	0.39	0.56	0.78	0.50	0.79	0.63	0.23
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 31. Contribución porcentual de fuentes móviles por contaminante por municipio.
Fuente: Elaboración propia

- El municipio de Querétaro es el primero en contribución emisiones por fuentes móviles de todos los contaminantes: PM₁₀ (59.06%), PM_{2.5} (57.04%), SO₂ (32.79%), CO (53.40%), NO_x (56.82%), COV (53.21%) y CN (66.79%).
- San Juan del Río ocupa el segundo lugar de contribución de emisiones por fuentes móviles para los contaminantes: SO₂ (14.56%), CO (11.73%), NO_x (9.04%), COV (11.62%) y NH₃ (11.49%) y tercer lugar en emisiones de PM₁₀ (7.96%) y PM_{2.5} (8.11%).
- El Marqués se posiciona en el segundo lugar en emisiones de fuentes móviles de PM₁₀ (8.53%), PM_{2.5} (8.95%) y CN (8.38%) y el tercero en emisiones de SO₂ (12.31%).
- Corregidora es el tercer lugar en emisiones de fuentes móviles para CO (9.31%), NO_x (8.06%), COV (9.21%), NH₃ (9.78%) y CN (7.67%).

V. Conclusiones

Los contaminantes emitidos por fuente de emisión son los siguientes:

Fuentes fijas: contribuyen con la mayor aportación de SO₂ (76.25%), segundo lugar, en contribución de emisiones de PM₁₀ (19.69%) y PM_{2.5} (13.86%) y tercer lugar en aportación de NO_x (12.53%).

Fuentes de área: principales contribuyentes en emisiones de NH₃ (98.04%), PM₁₀ (63.57%), PM_{2.5} (68.63%) y COV (51.82%), además están en segundo lugar de contribución de emisiones de CO (22.85%) y CN (40.70%).

Fuentes Biogénicas: ocupan el segundo lugar en emisiones COV (29.01%) y tercer lugar de NO_x (12.08%).

Fuentes móviles: principales emisoras de CO (75.75%), NO_x (70.11%) y CN (58.08%), se posicionan además en el segundo lugar en la contribución de emisiones de PM_{2.5} (17.50%), SO₂ (14.46%) y COV (13.96%).

Los municipios con mayor aportación de emisiones son Querétaro, El Marqués y San Juan del Río, seguidos de Pedro Escobedo, Cadereyta de Montes y Colón, contribuyendo principalmente con:

- **Querétaro:** ocupa el primer lugar en emisión casi todos los contaminantes a excepción del PM_{2.5} y NH₃, contribuyendo en PM₁₀ (21.41%), SO₂ (38.68%), CO (42.54%), NO_x (46.22%), COV (30.89%) y CN (42.64%).
- **El Marqués:** Con la mayor aportación de emisiones de PM_{2.5} (23.01%), segundo aportador de PM₁₀ (18.83%) y CN (16.37%) y el tercero en contribución de emisiones de CO (9.64%), NO_x (10.02%) y COV (9.47%).
- **San Juan del Río:** Segundo lugar en contribución de CO (11%), NO_x (10.55%), y COV (14.06%) y Tercer lugar en contribución de emisiones de PM_{2.5} (9.41%), SO₂ (8.76%) y CN (7.38%).
- **Pedro Escobedo:** segundo lugar en contribución de emisiones de PM₁₀ (12.71%)
- **Cadereyta de Montes:** segundo lugar en contribución de SO₂ (35.08%)
- **Colón:** primer contribuyente de NH₃ (14.13%).

Las principales fuentes de aportación por contaminante son:

Partículas PM_{10} , son emitidas principalmente por quemas agrícolas (21.2%), combustión domestica (14.7%), labranza (11.7%) e incendios forestales (8.9%).

Partículas $PM_{2.5}$, las principales fuentes de emisión son quemas agrícolas (29.3%), combustión domestica (20.4%), incendios forestales (10.8%) y tractocamiones (8.6%)

Dióxido de Azufre SO_2 , las subcategorías de mayor aportación son industria de cemento y cal (34.7%), producción de vidrio 19.4%) y la industria química (13.4%).

Monóxido de Carbono CO , los principales emisores son los autos particulares (23.7%), motocicletas (19.1%), camionetas SUV (14.0%) y pick up (13.7%)

Óxidos Nitrosos NO_x , los que contribuyen principalmente son tractocamiones (23.4%), autos particulares (12.5%), biogénicas (12.1%) y camionetas SUV (7.9%).

Compuestos Orgánicos Volátiles COV , las fuentes principales de contribución son biogénicas (29.0%), manejo y distribución de Gas LP (22.3%) y limpieza de superficies industriales (9.1%).

Amoniaco NH_3 , los principales contribuyentes son las ganaderas (83.1%), emisiones domesticas de amoniaco (7.7%) y aplicaciones de fertilizantes (5.4%),

Carbono Negro CN , contribuido principalmente por tractocamiones (40.2%), quemas agrícolas (23.6%) y autobuses (8.6%).

VI. Recomendaciones

Fuentes fijas

- Establecer estrategias para fortalecer el cumplimiento de la entrega de la Cédula de Operación Anual (COA) en el sector industrial federal y estatal.
- Fortalecer y mantener actualizado el padrón de industrias de jurisdicción federal y estatal a través de fomentar la regulación mediante licencias de funcionamiento y cumplimiento anual de COA.
- Impulsar acciones de capacitación en el sector industrial para mejorar la calidad de la información entregada en COA.
- Fortalecer el sistema electrónico de captura de la COA estatal para obtener la base de datos de captura para validación de la información.

Fuentes de área

- Fortalecer la coordinación con municipios para impulsar acciones de identificación y regulación de fuentes de jurisdicción municipal.
- Impulsar la creación de sistemas de información a nivel municipal para la recopilación de datos de actividad de fuentes prioritarias a través de la regulación.
- Establecer mecanismos de coordinación entre la SEDESU y los municipios para impulsar las acciones de regulación e identificación de fuentes prioritarias.

Fuentes móviles

- Mantener actualizado del padrón vehicular estatal.
- Realizar estudios para obtener información de actividad vehicular (distancia recorrida por tipo de vehículo, consumo de combustible y velocidades de circulación, entre otras).
- Establecer mecanismos para integrar información sobre datos de actividad de maquinaria agrícola y de construcción a través de asociaciones de agricultores y cámaras de construcción.
- Impulsar la creación de sistemas de información sobre terminales de autobuses, para obtener datos de actividad vehicular con características técnicas de los autobuses.
- Generar registros de la operación de locomotoras en el estado.

Referencias

- Addleson, L., 2001. Materiales para la construcción.
- ANAFAPyT, 2018. Informe Anual del Mercado de Pinturas 2018.
- ARB, 2002. California Emission Inventory Development and Reporting System (CEIDARS) Particulate Matter (PM) Speciation Profiles.
- CARB, 2003. Detailed Documentation for Fugitive Dust and Ammonia Emission Inventory Changes for the SJVU APCD Particulate Matter SIP.
- CARB, 2004. Factores de Emisión a diferentes condiciones. Metodologías de Fuentes de Área sección 9.3 Incendios Forestales.
- Carbajal, N., et. Al. 2015. Air Quality Deterioration of Urban Areas Caused by Wildfires in a Natural Reservoir Forest of Mexico.
- Cárdenas B., et. al., 2012. Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire: segunda etapa. Informe Final del Convenio de Colaboración INE/ADA-110071.
- Comisión Nacional contra las Adicciones, 2017. Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco.
- CONAPO, 2023. Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050.
- Costagliola, M. , Prati, M. , Mariani, A. , Unich, A. and Morrone, B., 2015. Gaseous and Particulate Exhaust Emissions of Hybrid and Conventional Cars over Legislative and Real Driving Cycles
- CRE, 2023. Resolución RES/100/2004. Resolución por la que se modifica la Zona Geográfica de Querétaro para fines de distribución de gas natural.
- Diario Oficial de la Federación, 2016. NOM-016-CRE-2016. Especificaciones de calidad de los petrolíferos.
- Diario Oficial de la Federación, 2018. NOM-004-ASEA-2017. Sistemas de recuperación de vapores de gasolinas para el control de emisiones en estaciones de servicio para expendio al público de gasolinas-Métodos de prueba para determinar la eficiencia, mantenimiento y los parámetros para la operación.
- EEA, 2016. European Environment Agency. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. 2. A.5.b Construction and demolition
- EIIP, 1997. Final Report Volume III: Chapter 6, Solvent Cleaning. Emission Inventory Improvement Program.

- European Environment Agency, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including
- FERROMEX, 2021. Reporte anual 2021.
- INECC, 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México.
- INEGI, 2015. Tabulados de la Encuesta Intercensal.
- INEGI, 2018. Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2017.
- INEGI, 2020. Censo económico 2019. Sistema automatizado de información censal SAIC.
- INEGI, 2020. Datos abiertos: Principales resultados por AGEB y manzanas urbanas.
- INEGI, 2020. Subsistema de Información Demográfica y Social.
- INEGI, 2021. Censo de Población y Vivienda 2020.
- INEGI, 2022. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2020).
- INEGI, 2023. Banco de Información Económica
- INEGI. 2019. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA).
- INEGI-DENUE. 2022. Descarga masiva Querétaro 2022/05.
- Lijewski P., Kozak M., Fuć P., Rymaniak L., Ziółkowski A. 2019. Exhaust emissions generated under actual operating conditions from a hybrid vehicle and an electric one fitted with a range extender. Poznan University of Technology, Polonia .
- Ministry for the Environment, 2019. Measuring Emissions: A Guide for Organisations. 2019 Summary of Emission Factors.
- Múgica V., 1999. PECOR, Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su Aplicación en el Modelo CMB.
- PEMEX. 2018. Hoja de Datos de Seguridad de Gas L.P.
- Quiroz, C., Cantú, G., García M., 2021. "Entre humo y arcilla: contaminación ambiental y sobrevivencia humana en la producción artesanal de ladrillos" Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México
- Quivera, 2019, Migración interna y sus efectos en el crecimiento urbano del municipio de Querétaro, Revista de Estudios Territoriales, vol. 21, núm. 2. Universidad Autónoma del Estado de México

- Radian International LLC. 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México.
- Ravenet, J, 1992. Silos. Editoriarl Ravenet.
- RODRÍGUEZ T., D. A.; SIERRA P., A. 1995. Evaluación de los combustibles forestales en los bosques del Distrito Federal. Ciencia Forestal en México.
- SCT, 2021. Anuario Estadístico del Sector Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2021.
- SCT, 2022. Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF). Relación de terminales por Entidad Federativa
- SCT-ARTF, 2021. Anuario Estadístico Ferroviario 2021, Parte 2.
- Secretaría de Salud, 2023. Recursos en salud: Datos Abiertos 2021.
- SEDESU, 2018. Programa Estatal de Prevención y Gestión Integral De Residuos.
- SEMARNAT, 2019. Inventario Nacional de Emisiones de contaminantes criterio (INEM).
- SEMARNAT, 2019. Manual para determinar las emisiones biogénicas utilizando "GLOBEIS".
- SEMARNAT-INE-USEPA-WGA-NACEC, 2006. Inventario Nacional de Emisiones de México, 1999 (1ra Edición).
- SENER, 2022. Balance Nacional de Energía 2021.
- SENER-SIE, 2021. Volumen de ventas internas de Petrolíferos por entidad federativa 2021.
- SIAP, 2022. Estadística de uso tecnológico y de servicios en la superficie agrícola.
- Siriorn P., Angkee S, 2015 . An Investigation of Fuel Economy Potential of Hybrid Vehicles under Real-World Driving Conditions in Bangkok.
- T. J. Christian, et.al, 2010. Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico.
- U.S. EPA, 2002. SPECIATE Versión 3.1.
- U.S. EPA, 2008. Compilation of Air Pollution Emission Factor (AP 42).
- U.S. EPA, 2010. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990 - 2008
- U.S. EPA, 2020. WebFIRE Data in Bulk.
- UNAM, 2022. Unidad de Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad (GITS) del Instituto de Geografía. Infraestructura de Datos Espaciales Abiertos (IDEA).

- US EPA, 1997. EMISSION FACTOR DOCUMENTATION FOR AP-42 SECTION 2.4 MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS REVISED
- US EPA, 1998. Compilation of Air Pollutant Emission Factors.
- US EPA, 2000. Factor Information Retrieval (FIRE) Data System. Versión 6.23.
- US EPA, 2004. Documentation for the Draft 1999 National Emissions Inventory (Version 3.0) for Criteria Air Pollutants and Ammonia. Area Sources. E. H. Pechan & Associates, Inc. March 3, 2003
- US EPA, 2006. AP-42, sección 13.2.4, tabla "Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation"
- US EPA, 2011. National Emissions Inventory.
- US EPA, 2019. Factor Information Retrieval (FIRE) Data System. Versión 6.23.
- Valdez, I., Acevedo, J., Hernández. C. 2010. Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico.
- Velasco & Bernabé, 2004. Emisiones Biogénicas, 2004
- Violeta Múgica Álvarez, México D.F., 1999. PECOR, Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su Aplicación en el Modelo CMB
- Yarwood, G., G. Wilson, S. Shepard y A. Guenther. 2002. User's Guide to the Global Biosphere Emissions and Interactions System (GloBEIS3), Version 3.0 (Guía del usuario del Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, GloBEIS3). ENVIRON International Corporation, Novato, California.
- Yarwood, Wilson, Shepard, & Guenther, 2007. User's Guide to the Global Biosphere Emissions and Interactions System (GloBEIS) Version 3.2
- Zavala, M. et al., 2018. Black carbon, organic carbon, and co-pollutant emissions and energy efficiency from artisanal brick production in Mexico.



SECRETARÍA DE
DESARROLLO
SUSTENTABLE



QUERÉTARO
GOBIERNO DEL ESTADO
Juntos, Adelante.

CONTIGO

TODOS AVANZAMOS

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO AÑO BASE 2021

"Este programa es público, ajeno a cualquier partido político.
Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa".

