

PROGRAMA
DE GESTIÓN DE
CALIDAD DEL AIRE
Y DE ACCIÓN ANTE EL
CAMBIO CLIMÁTICO
ESTADO DE PUEBLA
2021-2030

DIAGNÓSTICO DE LAS EMISIONES
CONTAMINANTES GENERADAS
EN EL ESTADO DE PUEBLA

PEAACC



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO

COMA
COMISIÓN AMBIENTAL
DE LA MEGALÓPOLIS



**Gobierno
de Puebla**

Proyecto Financiado por el Fideicomiso 1490
para Apoyar los Programas, Proyectos
y Acciones Ambientales de la Megalópolis

PROGRAMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO 2021-2030 DEL ESTADO DE PUEBLA

"Proyecto Financiado por el Fideicomiso 1490
para Apoyar los Programas, Proyectos
y Acciones Ambientales de la Megalópolis"

Este documento fue desarrollado por:

AMBIENS Consultoría, Sustentabilidad y Gestión Climática SA de CV para la
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, DESARROLLO SUSTENTABLE Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA

Bajo el proyecto con número de contrato
GESAL-140-027/2022



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial
Gobierno de Puebla



Autores del documento:

Ing. Saúl Rodríguez Rivera

Con la colaboración de:

Ing. Víctor Javier Gutiérrez Avedoy

Mat. Jorge Martínez Castillejos

Este documento se elaboró para la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Gobierno del Estado de Puebla con recursos del Proyecto Financiado por el Fideicomiso 1490 “Para Apoyar los Programas, Proyectos y Acciones Ambientales de la Megalópolis”.

Citar el documento como: Diagnóstico de las Emisiones Contaminantes Generadas en el estado de Puebla, 2023. Programa de Gestión de Calidad del Aire y de Acción ante el Cambio Climático, 2021-2030. SMADSOT – CAME – SEMARNAT.

La reproducción total o parcial de este documento podrá efectuarse mediante autorización expresa de la fuente y dándole el crédito correspondiente.

© 2023

PROGRAMA
DE GESTIÓN DE **CALIDAD DEL AIRE**
Y DE ACCIÓN ANTE EL **CAMBIO CLIMÁTICO**
ESTADO DE PUEBLA
2021-2030

**DIAGNÓSTICO DE LAS EMISIONES
CONTAMINANTES GENERADAS
EN EL ESTADO DE PUEBLA**

CONTENIDO

DIAGNÓSTICO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES GENERADAS EN EL ESTADO DE PUEBLA.....	6
Tendencias de los principales factores que afectan la calidad del aire	10
Factores de presión que afectan la calidad del aire	12
Unidades económicas	13
Comercios y servicios	14
Industrias manufactureras	17
Ladrilleras.....	19
Vehículos automotores.....	24
Sector doméstico.....	26
Abreviaturas y acrónimos.....	30

FIGURAS

Figura 1. Plataforma de consulta de los resultados del INEM-2016.....	6
Figura 2. Aportación de contaminantes por tipo de fuente (2016)	7
Figura 3. Emisiones de las fuentes o categorías relevantes (2016)	9
Figura 4. Tendencia de los principales factores de presión que afectan la calidad del aire, 2014-2020	11
Figura 5. Tendencia 2014-2020 del consumo energético en el Estado de Puebla por tipo de combustible.	12
Figura 6. Consumo energético por tipo de combustible, 2020	13
Figura 7. Tendencia del número de unidades económicas y del consumo de gas natural, 2014-2020	14
Figura 8. Tendencias del número de vehículos automotores y el consumo energético de diésel y gasolina, 2014-2020	24
Figura 9. Parque vehicular desagregado por municipio.....	26

TABLAS

Tabla 1. Emisiones de contaminantes criterio generados en el estado de Puebla (2016).....	7
Tabla 2. Emisiones de contaminantes criterio generados en la ZMVP en el año 2016.....	9
Tabla 3. Unidades Económicas de los años 2014 y 2020	15
Tabla 4. Tamaño de la industria manufacturera.....	17
Tabla 5. Municipios que cuentan con el mayor número de industrias manufactureras	17
Tabla 6. Ladrilleras registradas por municipio	19
Tabla 7. Emisiones promedio por horneada de ladrillos en el estado de Puebla	21
Tabla 8. Tendencia 2014-2020 del número de vehículos registrados en el Estado de Puebla	25
Tabla 9. Parque vehicular registrado en el Estado de Puebla, 2020	25
Tabla 10. Combustible más utilizado para cocinar en el estado de Puebla.....	27
Tabla 11. Emisiones promedio generadas por vivienda por el uso equivalente del consumo energético de leña, gas LP y biogás.....	28

DIAGNÓSTICO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES GENERADAS EN EL ESTADO DE PUEBLA

Los resultados de la elaboración de los Inventarios de Emisiones de Contaminantes Criterio han sido la base para el desarrollo de medidas para mejorar la calidad del aire para el Estado de Puebla, con este propósito se han elaborado varios de estos inventarios (**ProAire-Puebla 2012-2020**).

Aunque para el estado de Puebla se han elaborado varios inventarios de emisiones, para trazar una tendencia del comportamiento de la generación de emisiones contaminantes de la entidad, primero es necesario homologar las metodologías y criterios de implementación con los que se elaboraron cada uno de estos inventarios.

El inventario de emisiones más reciente y que se ha publicado para el Estado de Puebla, es el generado por la SEMARNAT para el año 2016 como parte del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (**INEM-2016**).

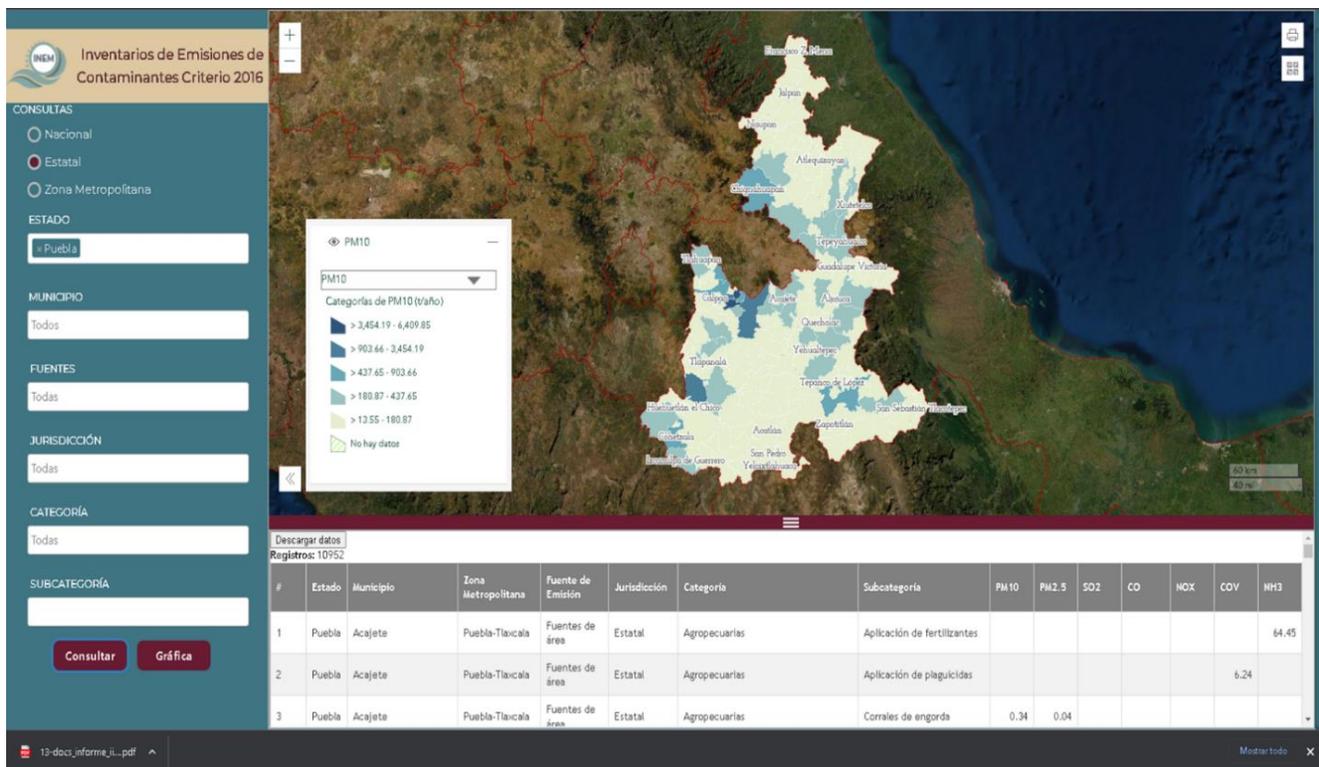


Figura 1. Plataforma de consulta de los resultados del INEM-2016

Fuente: SEMARNAT consultado 07/2022 en <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/wmapplicacion/inem/>

Los resultados del INEM-2016 nos indican que anualmente en el estado de Puebla, se generan 17,753 toneladas de partículas PM₁₀ y de estas 15,338 toneladas son

partículas PM_{2.5}, 6,756 toneladas de dióxido de azufre (SO₂), 130,811 toneladas de monóxido de carbono (CO), 50,448 toneladas de óxidos de nitrógeno (NO_x), 76,738 toneladas de compuestos orgánicos volátiles (COV) y 4,490 toneladas de amoníaco (NH₃) (Tabla 1).

Tabla 1. Emisiones de contaminantes criterio generados en el estado de Puebla (2016)

Tipo de fuente	Emisiones contaminantes (ton/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes de área	14,568	12,496	1,054	9,258	1,344	23,435	4,274
Fuentes fijas	1,054	888	4,928	2,172	8,329	1,642	23
Fuentes móviles	2,130	1,954	774	119,381	28,437	11,329	193
Fuentes naturales					12,339	40,332	
Total	17,753	15,338	6,756	130,811	50,448	76,738	4,490

Fuente: Elaborada con datos de SEMARNAT consultados el 07/2022 en <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/wmaplicacion/inem/>

Referente al aporte por contaminante, las fuentes de área son el mayor generador de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, así como del NH₃; las fuentes móviles de CO y NO_x; las fuentes fijas de SO₂ y las fuentes biogénicas de COV (Figura 2).

A pesar de que la vegetación está relacionada con la generación de COV, estas emisiones no se pueden evitar debido a que forman parte de sus procesos naturales fotosintéticos, por lo que es conveniente analizar solo las categorías o fuentes antropogénicas.

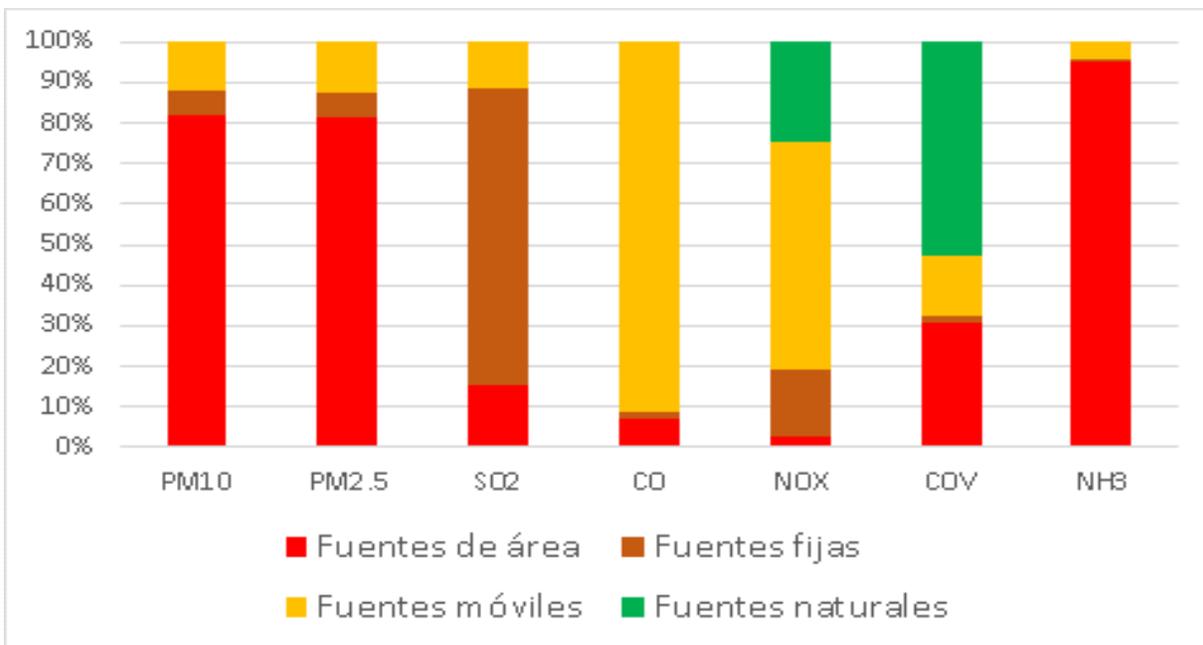


Figura 2. Aportación de contaminantes por tipo de fuente (2016)

Fuente: Elaborada con datos de SEMARNAT consultado 07/2022 en <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/wmaplicacion/inem/>

La contribución mayoritaria de emisiones antropogénicas por contaminante:

- Partículas **PM₁₀** y **PM_{2.5}**, de las fuentes de área, proviene de las **ladrilleras donde se quema leña y otros materiales combustibles** para la fabricación de ladrillos y de la combustión doméstica que incluye a las **viviendas que utilizan leña** para cocinar sus alimentos;
- **SO₂**, en la **fabricación de cemento y cal**;
- **CO**, las fuentes móviles son un importante contribuyente de este contaminante, pero en un análisis desagregado por categoría, la **combustión doméstica** es el principal generador de este contaminante por el uso de leña;
- **NO_x** de las fuentes móviles, provienen de la cantidad masiva de **autos particulares** en circulación y del uso intensivo de los **vehículos de carga de mercancías**;
- **COV** de las fuentes de área lo aporta la **combustión doméstica por el uso de leña**, las fugas generadas por el manejo y distribución de gas LP y el uso doméstico de solventes contenidos en productos de uso cotidiano como aromatizantes, insecticidas, entre otros;
- De **NH₃** de las fuentes de área son las **emisiones ganaderas** de amoníaco provenientes del excremento del ganado. (Figura 3).

La Tabla 2, contiene las emisiones generadas en los municipios poblanos que pertenecen a la Zona Metropolitana del Valle de Puebla (ZMVP), donde podemos observar que los municipios de Puebla y San Pedro Cholula son los mayores emisores de casi todos los contaminantes, excepto las emisiones de SO₂ que se generan mayoritariamente en el municipio de Acajete por la fabricación de cal.

Las emisiones mayoritarias de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} que se generan en el municipio de San Pedro Cholula, provienen principalmente de la quema de leña para la fabricación de ladrillos. Y las generadas en el municipio de Puebla provienen principalmente de las fuentes móviles (combustión interna de la gasolina y el diésel), por el manejo y distribución del gas LP y en específico el amoníaco de las emisiones domésticas de amoníaco.

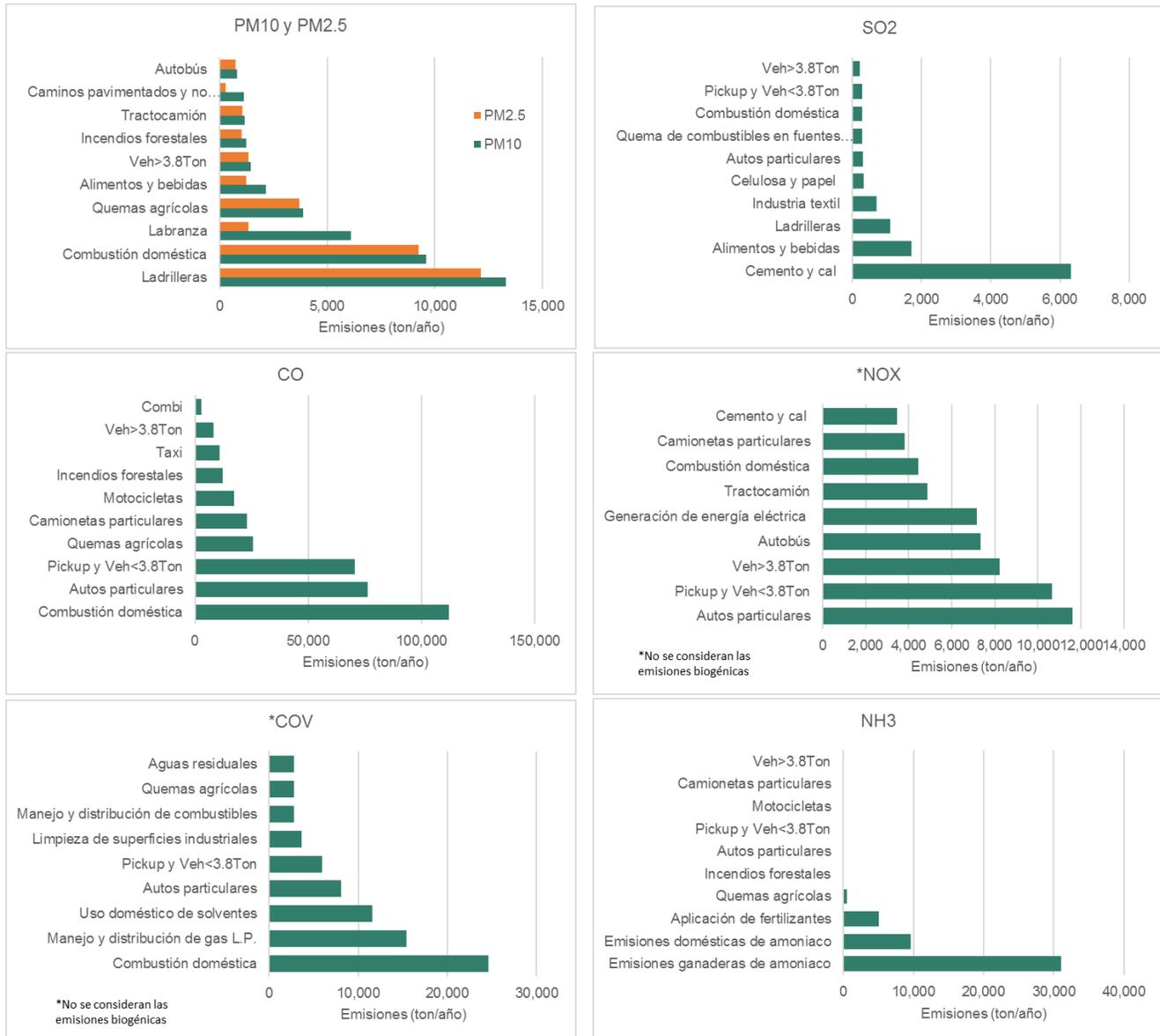


Figura 3. Emisiones de las fuentes o categorías relevantes (2016)

Fuente: Elaborada con datos de la SEMARNAT consultado 07/2022 en <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/wmapplicacion/inem/>

Tabla 2. Emisiones de contaminantes criterio generados en la ZMVP en el año 2016

Etiquetas de fila	Emisiones contaminantes (ton/año)						
	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Acajete	351	227	3,794	2,534	1,575	2,614	253
Amozoc	220	158	397	2,554	1,396	3,078	243
Chiautzingo	77	60	5	1,064	712	1,994	112
Coronango	3,454	3,136	292	2,504	1,584	3,306	97
Cuatlancingo	756	666	36	4,943	2,765	4,299	160

Etiquetas de fila	Emisiones contaminantes (ton/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Domingo Arenas	102	88	4	953	958	3,192	54
Huejotzingo	755	655	218	3,464	5,131	3,490	219
Juan C. Bonilla	1,748	1,585	146	1,365	1,199	3,196	65
Ocoyucan	61	50	7	1,260	642	1,647	106
Puebla	2,182	1,600	954	81,556	19,572	23,455	1,981
San Andrés Cholula	232	161	65	8,427	2,513	4,042	208
San Felipe Teotlalcingo	55	42	3	693	693	2,079	48
San Gregorio Atzompa	47	36	5	828	976	2,793	66
San Martín Texmelucan	904	777	208	7,771	4,859	4,731	321
San Miguel Xoxtla	151	119	23	640	1,011	2,241	37
San Pedro Cholula	6,410	5,803	584	7,712	2,729	4,353	249
San Salvador el Verde	124	84	8	1,284	611	1,483	145
Tepatlxaco de Hidalgo	73	54	5	853	576	1,628	72
Tlaltenango	51	36	2	404	947	3,114	54
Total	17,753	15,338	6,756	130,811	50,448	76,738	4,490

Fuente: Elaborada con datos de la SEMARNAT consultados 07/2022 en <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/wmaplicacion/inem/>

En la plataforma elaborada por la SEMARNAT para presentar los resultados del INEM-2016, se puede consultar las emisiones de forma desagregada y detallada de cada una de las fuentes o categorías y subcategorías, por: contaminante, municipio y jurisdicción. Ir a: <https://gisviewer.semarnat.gob.mx/wmaplicacion/inem/>

TENDENCIAS DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire en el estado de Puebla está influenciada por la dinámica atmosférica de las localidades y Zonas Metropolitanas (ZM) para dispersar o concentrar la carga de emisiones contaminantes definida por los factores de presión, como: el crecimiento poblacional, la cantidad de vehículos, el número de unidades económicas, el consumo energético, entre otras. Figura 4.

En la Figura 4 podemos observar que, aunque del año 2014 al 2020 la población y el número de unidades económicas mantuvieron una tendencia de crecimiento, tanto el consumo energético como el número de vehículos automotores, registraron una tendencia decreciente. En este periodo la población creció 6.5% y el número de unidades económicas aumentó un 15%; por otro lado, el consumo energético disminuyó un 12% y el número de vehículos un 11.5%.

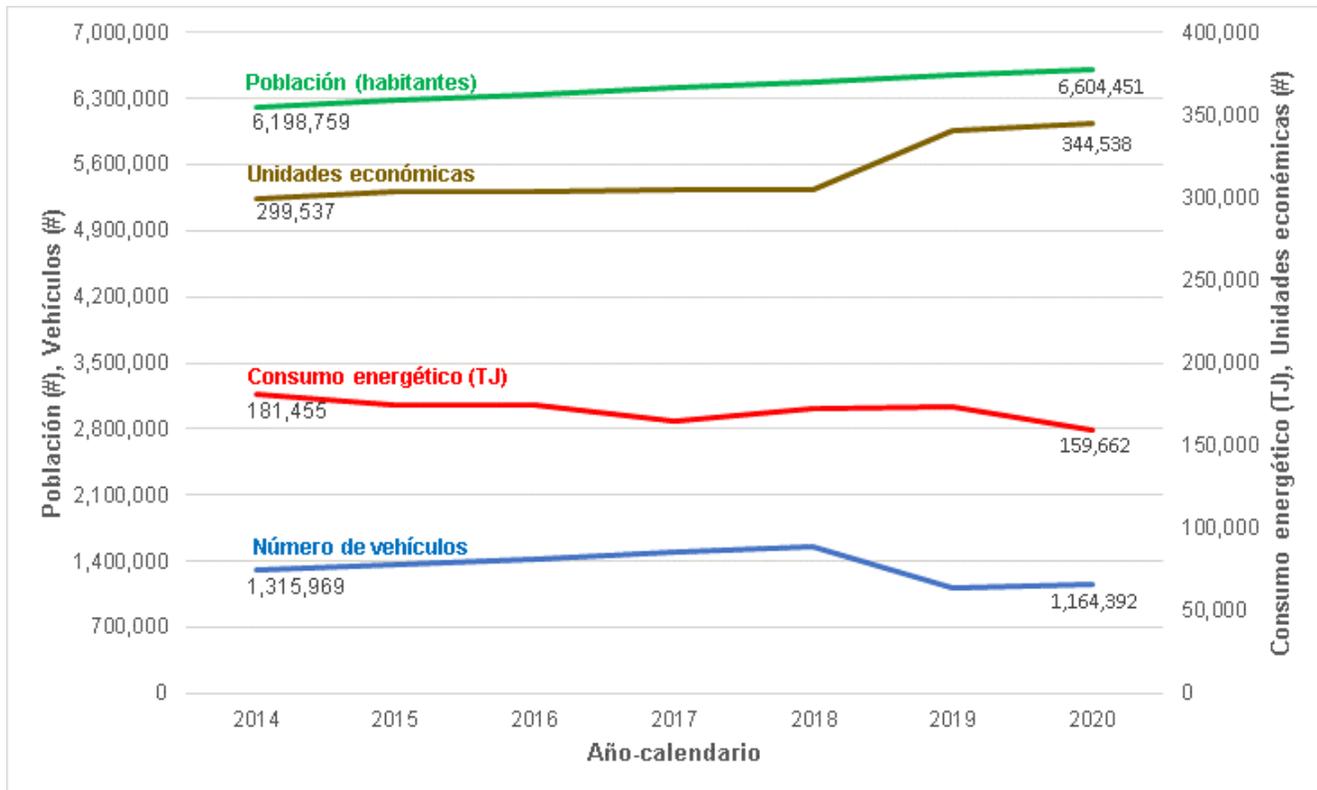


Figura 4. Tendencia de los principales factores de presión que afectan la calidad del aire, 2014-2020

Fuente: Elaborada con datos de:

CONAPO consultado 07/2022 en http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa_Ind_Dem18/index.html
 DENU consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
 SENER consultado 07/2022 en <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>
 INEGI consultado 07/2022 en https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Datos_abiertos

Es importante mencionar que la evolución del consumo energético es diferente para cada combustible; por ejemplo, mientras la tendencia 2014-2020 del consumo de gas LP, gasolina y diésel disminuyó, la del gas natural aumentó, ver Figura 5.

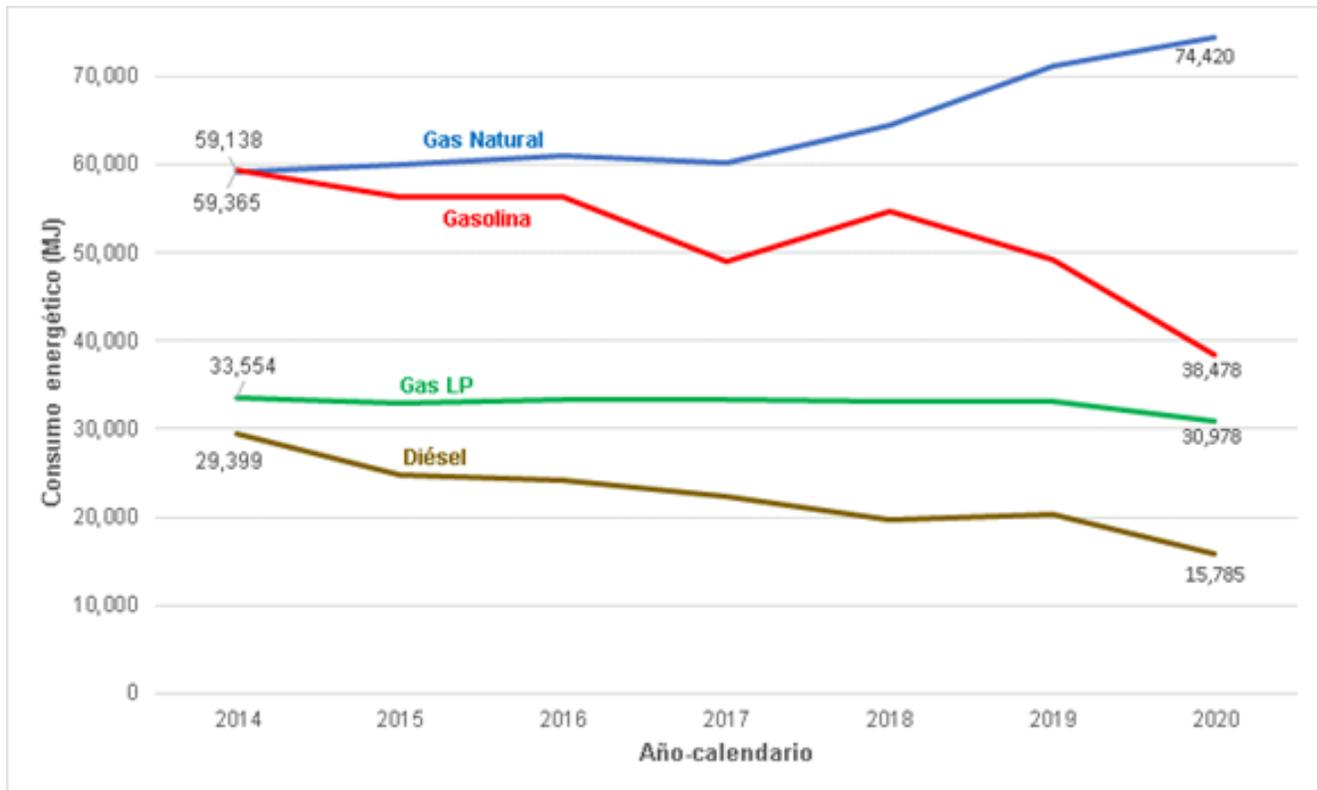


Figura 5. Tendencia 2014-2020 del consumo energético en el Estado de Puebla por tipo de combustible.

Fuente: Elaborada con datos de: SENER consultado 07/2022 en <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>

FACTORES DE PRESIÓN QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire que se respira en cualquier localidad del estado de Puebla, la define principalmente el balance dinámico entre las emisiones contaminantes generadas por los diferentes factores de presión (crecimiento poblacional, vehicular y de consumo energético) y la dinámica atmosférica de la localidad para eliminar o reducir la carga de emisiones. Aunque también pueden sumarse factores de la localidad como su altitud, su relieve orográfico y la radiación solar que recibe.

Dentro de los principales factores de presión donde se puede incidir para mejorar la calidad del aire que se respira cotidianamente en las localidades y zonas metropolitanas de Puebla, entre otros, está el consumo energético relacionado con la generación de emisiones debido a la quema de gasolina, diésel, gas natural, gas LP y leña. Y de estos combustibles, se estima que en el año 2016 se consumieron 194 PJ, el cual se redujo en el año 2020 a 181.3 PJ, lo cual podría indicarnos que tal vez las emisiones contaminantes generadas por el consumo energético en el año 2016 se redujeron en el año 2020. Y relacionando cada combustible consumido en el año

2020 con su sector más demandante, tenemos que la industrial con el gas natural es el mayor consumidor con 74.4 PJ (41%), le sigue en orden de mayor consumidor al sector residencial con el gas LP y la Leña con una demanda de 52.6 PJ (29%) y por último el sector vehicular con la gasolina y el diésel con un consumo de 54.3 PJ (30%). Figura 6.

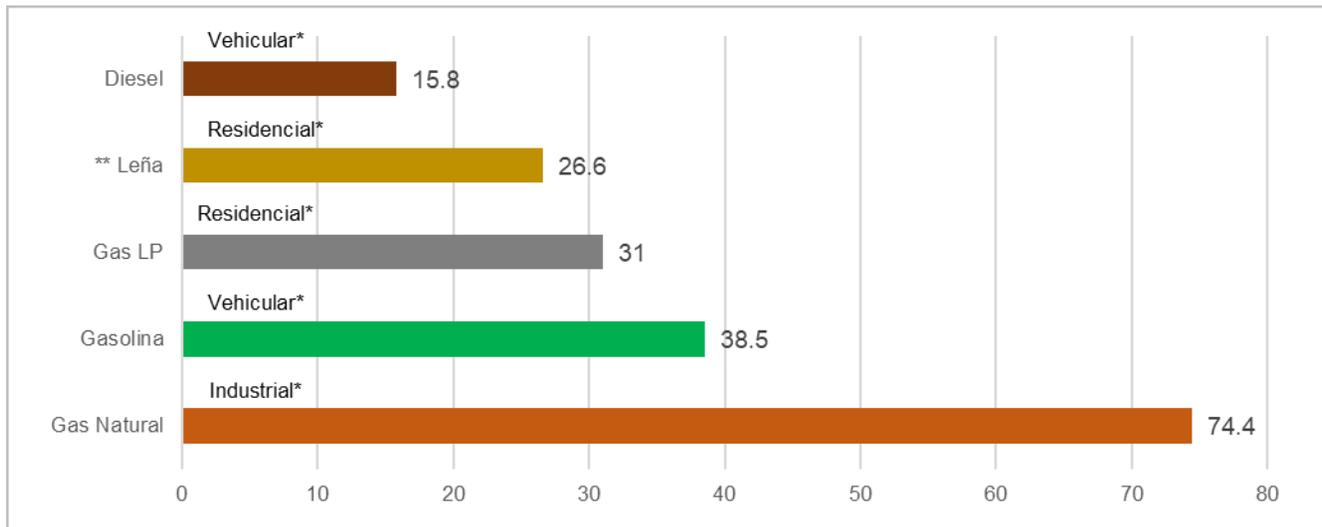


Figura 6. Consumo energético por tipo de combustible, 2020

*Sector más demandante del combustible

**Estimado con base al consumo nacional de leña y con el número de viviendas a nivel nacional y estatal que utilizan leña.

Fuente: Elaborada con datos de SENER consultado 07/2022 (<https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>) e INEGI 2021/ENIGH 2020

Las fuentes emisoras registradas en el estado de Puebla en el año 2020 ascendieron a: 344,538 unidades económicas (fuentes fijas), de las cuales 53,452 son empresas manufactureras; 1,164,362 vehículos automotores (fuentes móviles) y 1,713,865 viviendas habitadas (fuentes de área).

Una unidad económica es un establecimiento (desde una pequeña tienda o local hasta una gran fábrica) asentado en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, donde se realiza la producción, comercialización de bienes y/o servicios.

Unidades económicas

A diferencia del parque vehicular y su consumo energético donde la tendencia en el periodo 2014-2020 es decreciente, el número de unidades económicas y el consumo energético de gas natural aumentaron en un 15% y 26% respectivamente (Figura 7). Lo cual está directamente relacionado con un aumento en la generación de emisiones de este sector.

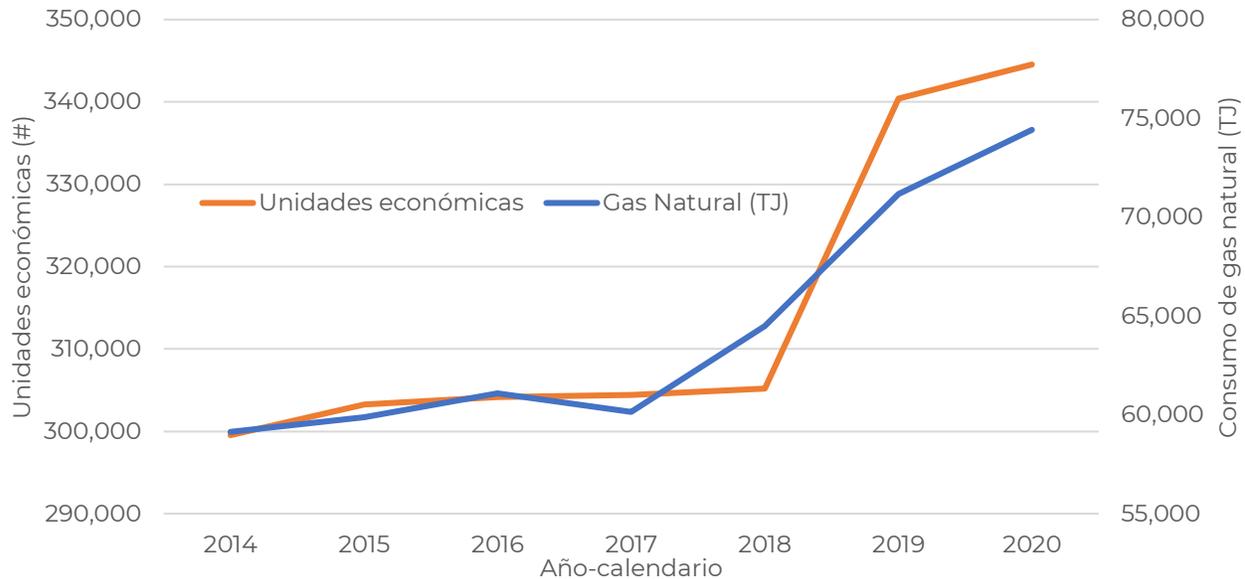


Figura 7. Tendencia del número de unidades económicas y del consumo de gas natural, 2014-2020

Fuente: Elaborada con datos de:

DENUE consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>

SENER consultado 07/2022 en <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>

En el estado de Puebla en el año 2020, estaban registradas 344,538 unidades económicas, de estas 288,539 son comercios y servicios; 326 están relacionadas con la agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza; 548 están relacionadas con la minería; 526 con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final; 1,147 con la construcción y 53,452 son empresas manufactureras. (DENUE, 2021)

Comercios y servicios

Debido al aumento de las unidades económicas, hay una participación de estos sectores cada vez mayor en la economía poblana y se han concentrado principalmente en las zonas urbanas del estado. Las cantidades de actividades económicas dedicadas al comercio y los servicios publicadas por el INEGI en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), muestran un aumento de más del 13% del año 2014 al 2020 pasando de 255,656 a 288,539 unidades (Tabla 3).

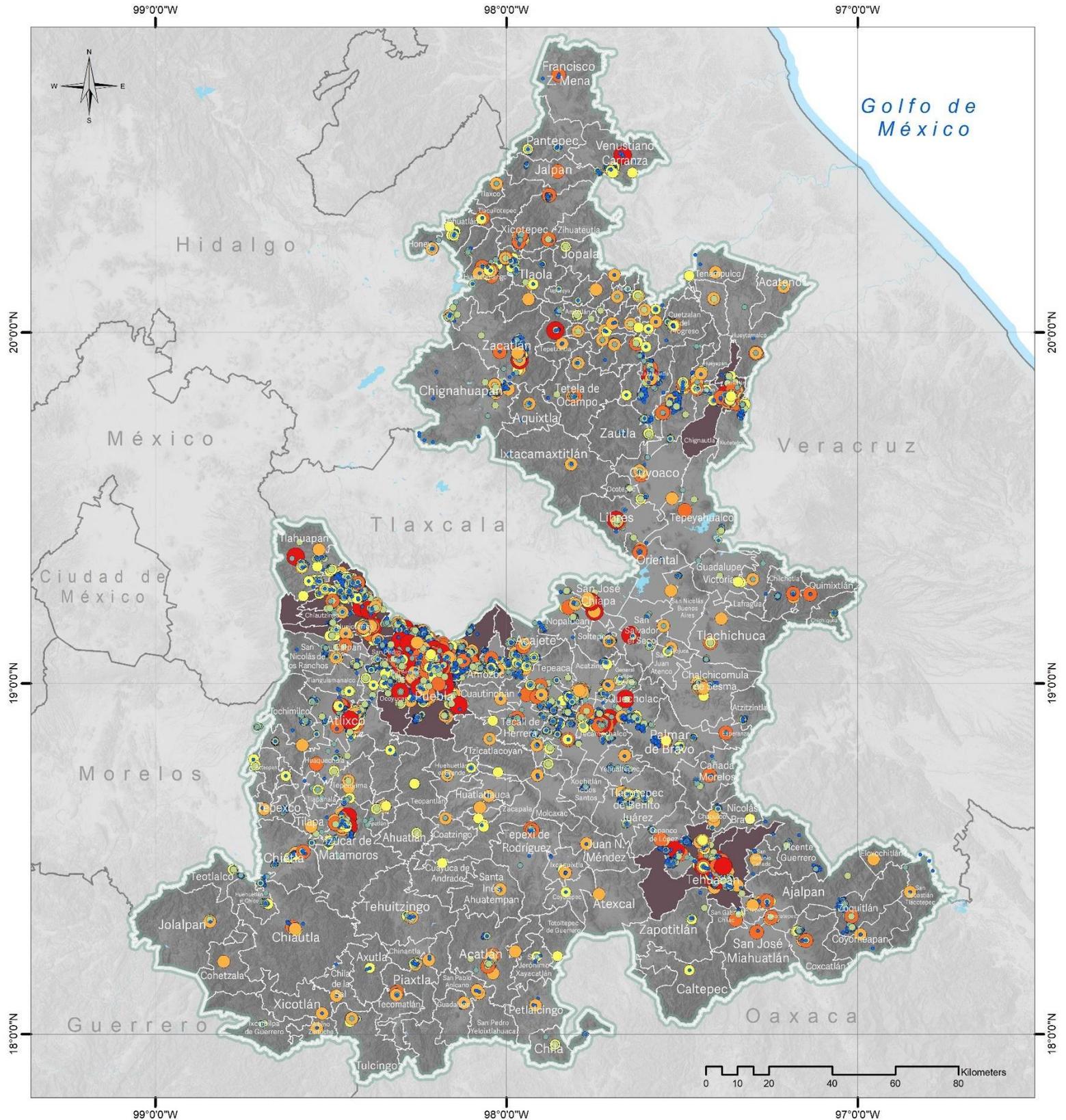
Tabla 3. Unidades Económicas de los años 2014 y 2020

Código SCIAN	Nombre de la actividad o unidad económica	No. de unidades económicas por año	
		2014	2020
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	303	326
21	Minería	614	548
22	Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	495	526
23	Construcción	1,117	1,147
31-33	Industrias manufactureras	45,047	53,452
43,46, 48, 49, 51-56,61, 62,71 872, 81, 93	Comercios y servicios	255,656	288,539
	Total	303,232	344,538

Fuente: Elaborada con datos del DENUE 2015 y 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>

De las unidades económicas registradas por el DENUE en el año 2020, cerca del 84% (288,539) pueden ser consideradas como actividades comerciales y de servicio, las cuales se ubican principalmente y de manera dispersa en las Zonas Metropolitanas y localidades urbanas de la entidad. Tabla 5 y Mapa 042.

De las actividades que se realizan en estos sectores, las que más impactan en la calidad del aire son, la venta de gasolina en las estaciones de servicio, el repintado de autos usados, el lavado en seco de la ropa en lavanderías y tintorerías, el uso de combustibles para el calentamiento de agua y/o cocción de alimentos en hoteles y otros servicios como restaurantes, taquerías, etc. La gran mayoría de estos servicios de manera individual no generan emisiones significativas, y solo de manera conjunta es como su aporte de contaminantes contribuyen a la mala calidad del aire que se respira en los principales asentamientos urbanos.



Simbología

- Zonas metropolitanas
- Límite municipal
- Cuerpos de agua
- Límite del Estado de Puebla
- Límite estatal
- Municipios del Estado de Puebla

- Comercios y servicios**
- 0 a 5 personas
 - 6 a 10 personas
 - 11 a 30 personas
 - 31 a 50 personas
 - 51 a 100 personas
 - 101 a 250 personas
 - 251 y más personas



M042. Unidades Económicas dedicadas al Comercio y los Servicios

Fuente: Elaboración Propia con datos del DENEU 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
 Mapa Base: Marco Geoestadístico diciembre 2021, Estado de Puebla, INEGI.

Coordinate System: MEXICO ITRF 2008 LCC
 Projection: Lambert Conformal Conic 2SP
 Datum: ITRF 2008

Industrias manufactureras

De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) publicado por el INEGI en el año 2021 en el estado de Puebla, se tienen registrados 53,452 establecimientos industriales del sector manufacturero; y de estos la mayor parte son micro o pequeñas empresas, dado que un poco más del 90% son establecimientos que cuentan con hasta 5 empleados, casi el 5% tiene entre 6 y 10 empleados, el 2.7% ocupan de 11 a 30 empleados y el 0.8% de 31 a 50 empleados; en orden de importancia por el número de empleados (51 a 100) tenemos las empresas medianas con el 0.4%; y solo el 0.6% de las industrias manufactureras que requieren de más de 100 empleados son consideradas grandes empresas y las que podrían considerarse con un mayor potencial de generación de emisiones contaminantes (Tabla 4). Referente a la ubicación geográfica de las industrias manufactureras Poblanas, el 51% se localizan en 16 municipios, de los cuales cinco pertenecen a la ZM Puebla-Tlaxcala, uno a la ZM Tehuacán y otro a la ZM Teziutlán (Tabla 5 y Mapa 037).

Tabla 4. Tamaño de la industria manufacturera

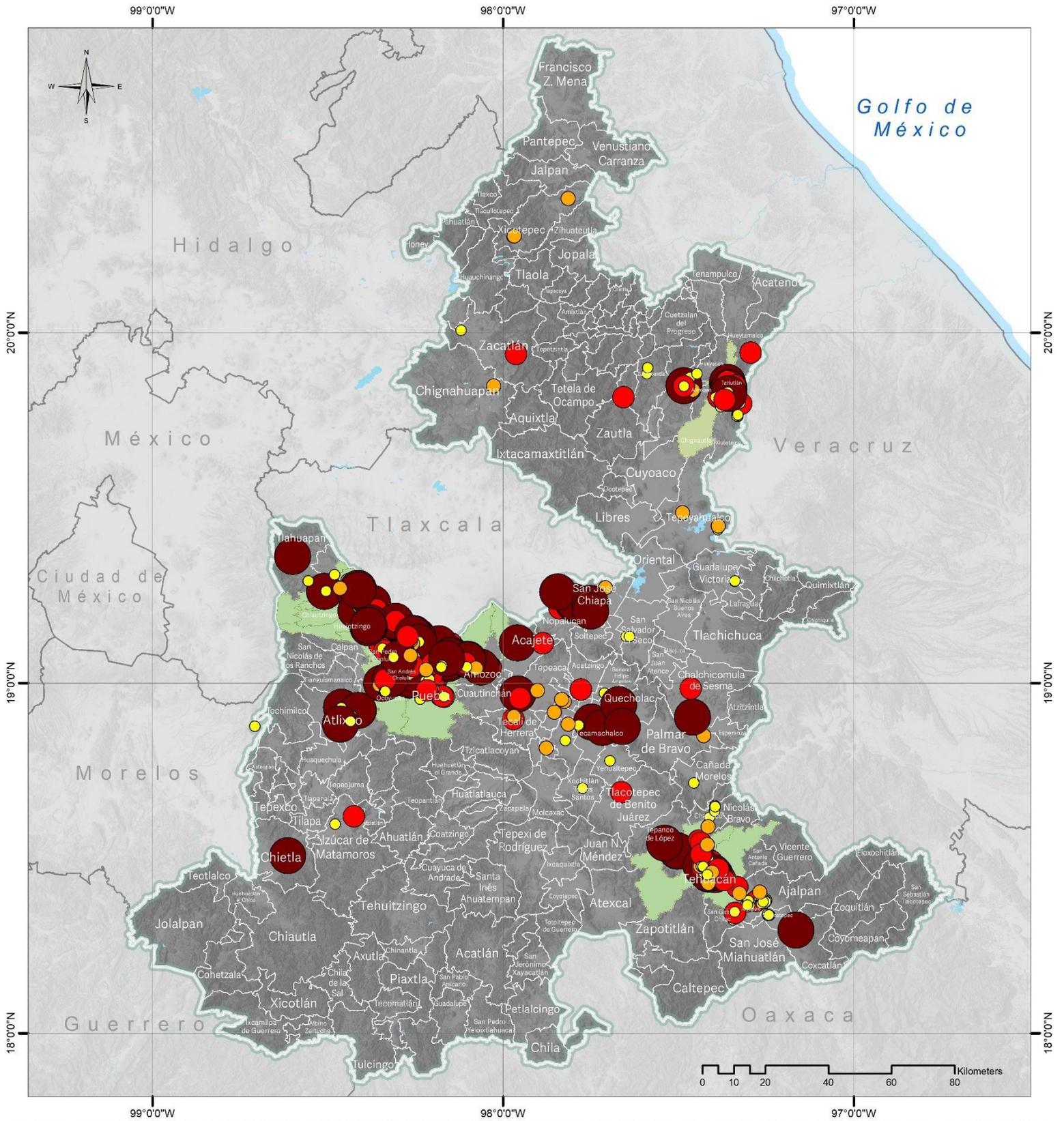
Tamaño de los establecimientos	Rango del personal ocupado	Cantidad de industrias del sector manufacturero	
		Número	%
Micro	0 a 5 personas	48,586	90.9%
	6 a 10 personas	2,479	4.6%
Pequeña	11 a 30 personas	1,444	2.7%
	31 a 50 personas	411	0.8%
Mediana	51 a 100 personas	194	0.4%
Grande	101 a 250 personas	186	0.3%
	251 y más personas	152	0.3%
Total		53,452	100.0%

Fuente: Elaborada con datos del DENUE 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>.

Tabla 5. Municipios que cuentan con el mayor número de industrias manufactureras

Zona Metropolitana	Municipio	Establecimientos manufactureros		
		Número	Porcentaje	Porcentaje acumulado
ZM Puebla-Tlaxcala	Puebla	7,539	14.1%	14.1%
ZM Tehuacán	Tehuacán	3,787	7.1%	21.2%
	Ajalpan	2,455	4.6%	25.8%
ZM Puebla-Tlaxcala	San Pedro Cholula	2,068	3.9%	29.7%
	Tlacotepec de Benito Juárez	1,587	3.0%	32.6%
ZM Puebla-Tlaxcala	San Martín Texmelucan	1,158	2.2%	34.8%
	Amozoc	1,107	2.1%	36.9%
ZM Teziutlán	Teziutlán	1,059	2.0%	38.8%
	Atlixco	935	1.7%	40.6%
	Altepexi	923	1.7%	42.3%
	San Salvador el Seco	886	1.7%	44.0%
ZM Puebla-Tlaxcala	Tepeaca	852	1.6%	45.6%
	Coronango	806	1.5%	47.1%
	Teopantlán	720	1.3%	48.4%
	Zautla	701	1.3%	49.7%
ZM Puebla-Tlaxcala	San Andrés Cholula	697	1.3%	51.0%

Fuente: Elaborada con datos del DENUE 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>.



Simbología

- Límite municipal
- Cuerpos de agua
- Límite del Estado de Puebla
- Límite estatal
- Municipios del Estado de Puebla
- Zonas metropolitanas

Industria Manufacturera

Personas que ocupa

- 31 a 50 personas
- 51 a 100 personas
- 101 a 250 personas
- 251 y más personas



M037. Industria manufacturera con más de 30 empleados

Fuente: Elaboración Propia.
Mapa Base: Marco Geoestadístico diciembre 2021, Estado de Puebla, INEGI.

Coordinate System: MEXICO ITRF 2008 LCC
Projection: Lambert Conformal Conic 2SP
Datum: ITRF 2008

Ladrilleras

Con base a los resultados del INEM-2016, tenemos que, uno de los sectores relevantes en la generación de contaminantes y sobre todo de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, es la fabricación de ladrillos. En el estado de Puebla al año 2020, se tenían registradas 1,984 ladrilleras, y de estas cercas del 96% se ubican en 5 municipios (un poco más de 54% en San Pedro Cholula, casi el 27% en Coronango, 8% en Juan C. Bonilla, un poco más del 4% en Ajalpan y cerca del 3% en Chignahuapan). Tabla 6, DENUE 2021. Es importante mencionar que establecer un número confiable de ladrilleras es complicado, debido a que hay muchas que operan temporalmente y se mueven constantemente de ubicación, además de que el nivel de informalidad con el que operan dificulta su registro formal ante la autoridad local.

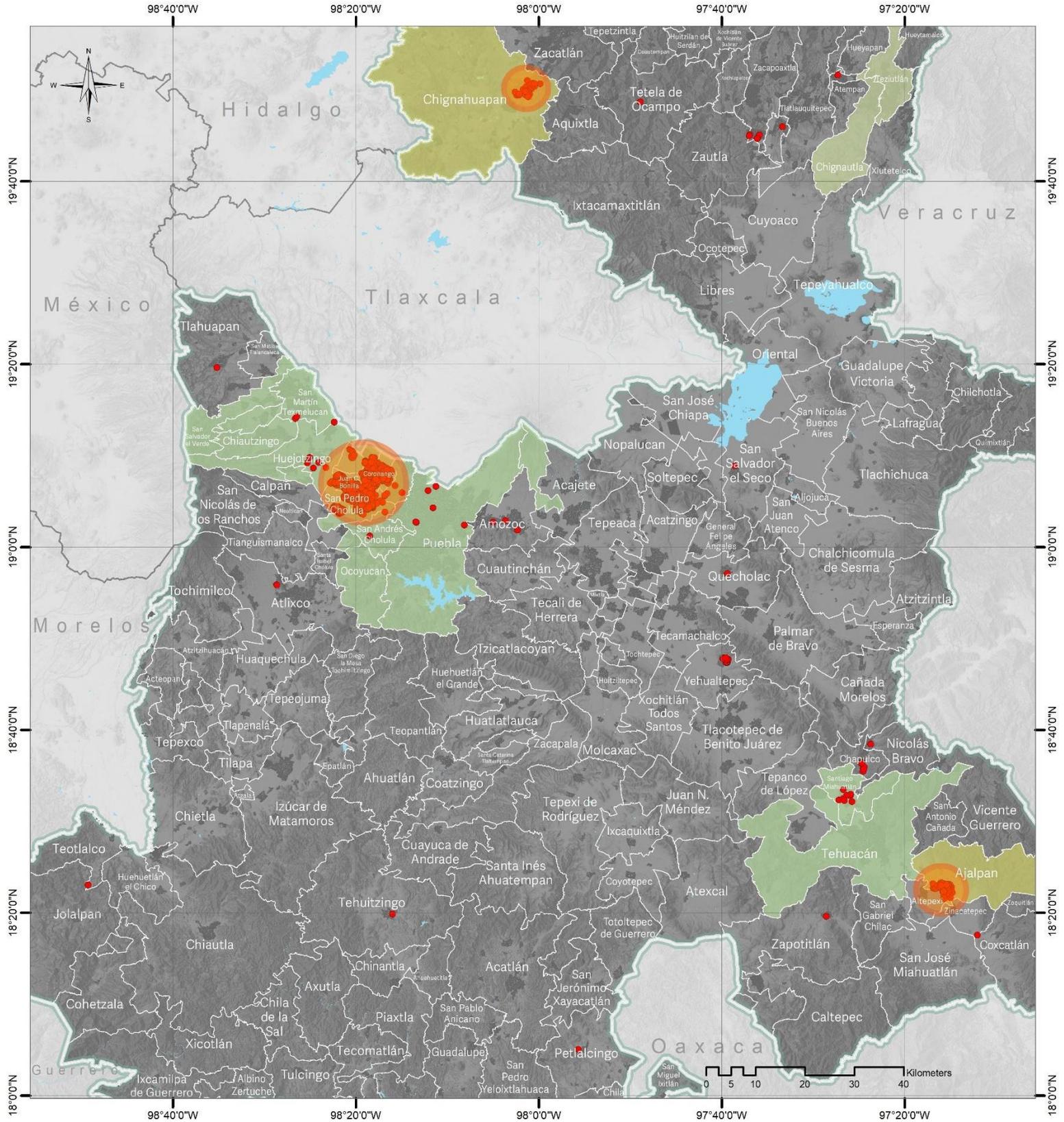
Tabla 6. Ladrilleras registradas por municipio

Municipio	Ladrilleras	
	Número	Porcentaje
San Pedro Cholula	1,074	54.1%
Coronango	534	26.9%
Juan C. Bonilla	159	8.0%
Ajalpan	81	4.1%
Chignahuapan	51	2.6%
Otros municipios	85	4.3%
Total	1,984	100.0%

Fuente: Elaborada con datos del DENUE 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>

Considerando la ubicación geográfica de las ladrilleras, la mayoría de estas se agrupan masivamente en tres zonas, como se muestra en la Mapa 038.

Un elemento estratégico para mejorar la calidad del aire es reducir las emisiones generadas por la fabricación de ladrillos (Ladrilleras), debido a que son fuentes que en sus procesos queman combustibles como la leña, lo que genera grandes cantidades de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}. Por ejemplo, considerando que las ladrilleras ubicadas en el estado de Puebla en cada horneada tienen una producción media de 22,879 ladrillos que en peso equivalen a 52.6 toneladas, tenemos que por la quema de combustible (madera) para producir esta cantidad de ladrillos se pueden generar un poco más de 17 kilogramos de partículas PM₁₀, un poco más de 11 kilogramos de COV, entre otros contaminantes (Tabla 7).



- Simbología**
- Límite municipal
 - Mancha urbana
 - Cuerpos de agua
 - Límite del Estado de Puebla
 - Límite estatal
 - Municipios del Estado de Puebla
 - Ladrilleras
 - Zona de ubicación masiva de ladrilleras
 - Zonas metropolitanas
 - Ajalpan y Chignahuapan



M038. Ubicación geográfica de ladrilleras

Fuente: Elaboración Propia con datos del DENEU 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>.
Mapa Base: Marco Geoestadístico diciembre 2021, Estado de Puebla, INEGI.

Coordinate System: MEXICO ITRF 2008 LCC
Projection: Lambert Conformal Conic 2SP
Datum: ITRF 2008

Tabla 7. Emisiones promedio por horneada de ladrillos en el estado de Puebla

Emisiones generadas por la quema de 52.6 toneladas de Ladrillo (kg)						
PM10	PM2.5	SO₂	CO	NO_x	COV	CN
17.29	15.26	1.58	432.02	13.16	11.05	4.74

Nota: La metodología utilizada para estimar las emisiones generadas en la fabricación de ladrillos, fue la utilizada por la SEMARNAT en el INEM, 2018, que consiste en la utilización de factores de emisión nacionales que están en función de la masa de ladrillos producidos, y solo se utiliza la relación de los factores de emisión de PM10 y PM2.5 publicados por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA por sus siglas en inglés) para estimar el factor de emisión de PM10 con base al factor de emisión nacional de PM2.5.

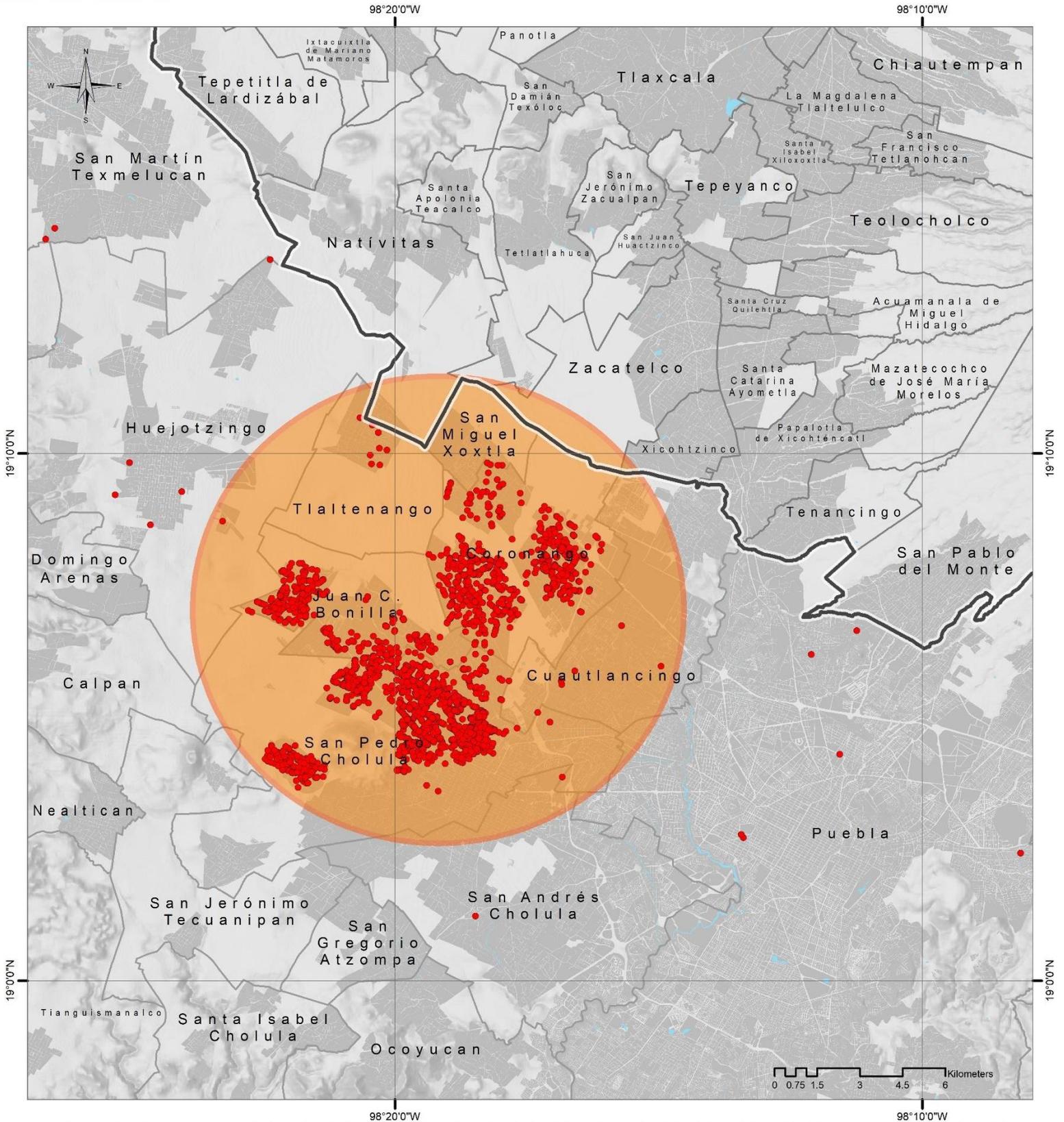
Fuente: Elaborada con datos de: Zavala¹, 2018 y INECC, 2016².

Además, el impacto de sus emisiones contaminantes tiene mayor relevancia debido a que la mayor parte de estas ladrilleras, están ubicadas en zonas urbanas, y sobre todo las ubicadas en los municipios poblanos que forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de Puebla (Coronango, San Pedro Cholula y Juan C. Bonilla). Mapa 039.

Las ladrilleras son fuentes emisoras que generan contaminantes de forma ostensible e impactan significativamente en la calidad del aire que respiran los habitantes que viven cerca de estas fuentes. En el estado de Puebla, esta problemática es más crítica en los municipios de Coronango, Juan C. Bonilla y San Pedro Cholula que es donde se ubican casi el 90% de las ladrilleras registradas en el DENUE. Por su ubicación y por la dirección de los vientos dominantes de la zona (Noreste), es más probable que las emisiones contaminantes de las ladrilleras se transporten fuera de las zonas de máxima concentración poblacional. Mapa 040.

¹ Zavala, M et al. (2018). Black carbon, organic carbon, and co-pollutant emissions and energy efficiency from artisanal brick production in Mexico. *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 6023–6037, 2018 <https://doi.org/10.5194/acp-18-6023-2018>

²INECC (2016). Regional level market analysis of the construction sector and pilot project based on a public policy portfolio in order to reduced SLCP of traditional brickyards in Mexico. Final report. National Institute of Ecology and Climate Change (INECC). México



Simbología

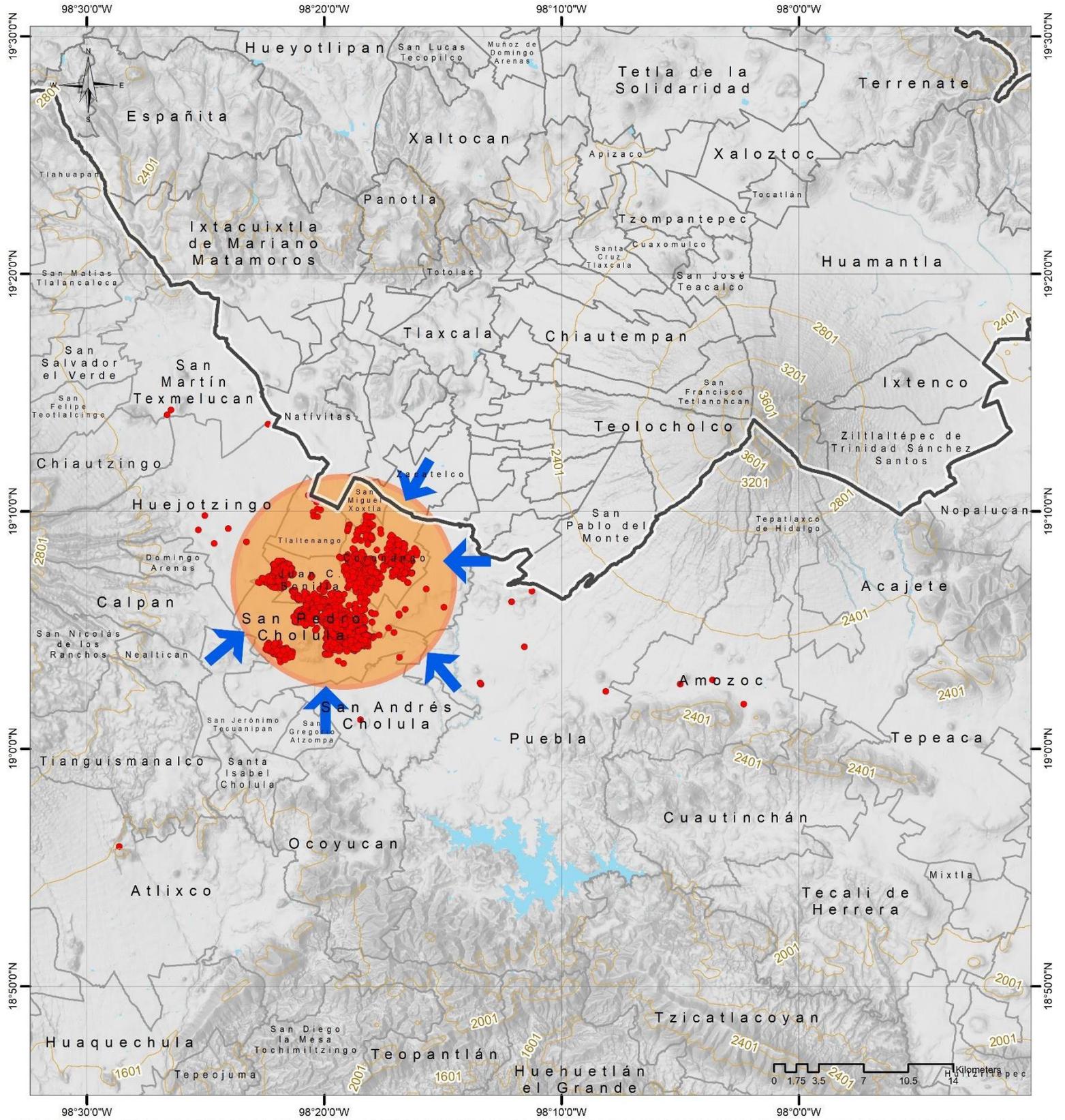
- Ladrilleras
- Zona de ubicación masiva de ladrilleras
- Límite municipal
- Cuerpos de agua
- Límite del Estado de Puebla
- Mancha urbana
- Límite estatal



M039. Ladrilleras, Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala

Fuente: Elaboración Propia con datos del DENEU 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>.
Mapa Base: Marco Geoestadístico diciembre 2021, Estado de Puebla, INEGI.

Coordinate System: MEXICO ITRF 2008 LCC
Projection: Lambert Conformal Conic 2SP
Datum: ITRF 2008



Simbología

- Zona de ubicación masiva de ladrilleras
- Límite municipal
- Cuerpos de agua
- Límite del Estado de Puebla
- Límite estatal
- Ladrilleras
- Curvas de nivel a cada 400 msnm
- Dirección de vientos dominantes



M040. Ladrilleras y Vientos dominantes de la Zona

Fuente: Elaboración propia con datos del DENU 2021 consultado 07/2022 en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6> y con datos de la NASA POWER consultado 08/2022 <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Coordinate System: MEXICO ITRF 2008 LCC
Projection: Lambert Conformal Conic 2SP
Datum: ITRF 2008

Vehículos automotores

En el periodo de tiempo del año 2014 al año 2020, tenemos que el número de vehículos automotores registrados en el estado de Puebla disminuyó; y en este mismo periodo de tiempo, también disminuyó el consumo de combustible vehicular. El parque vehicular en el periodo de referencia bajo un 12% y el consumo de diésel y gasolinas un 39% (Figura 8).

Las tendencias presentadas en la Figura 8 y en específico el comportamiento a la baja de los dos últimos años (2019 y 2020), posiblemente esté influenciado, primero por la pérdida del poder adquisitivo al cual se le suma en el año 2020 las consecuencias de la pandemia de COVID-19 que desincentivo la movilidad con una disminución en el uso y la compra de automóviles, repercutiendo en una menor generación de contaminantes dentro del sector de fuentes móviles.

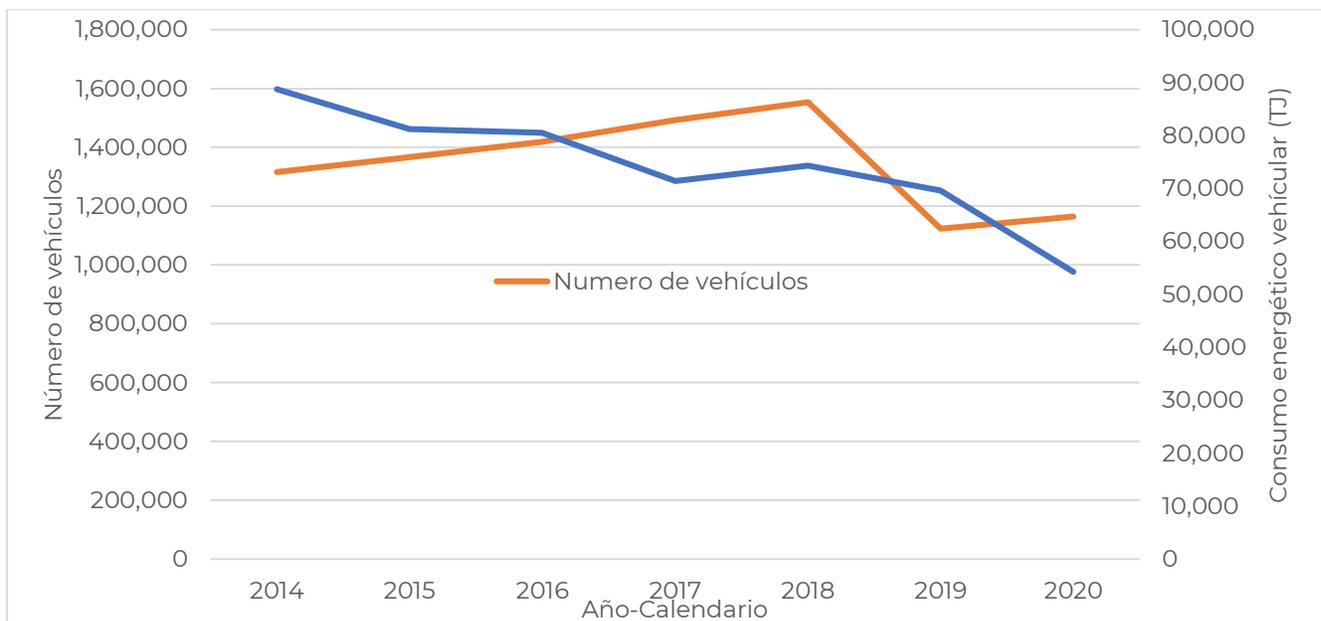


Figura 8. Tendencias del número de vehículos automotores y el consumo energético de diésel y gasolina, 2014-2020

Fuente: Elaborada con datos de:

SENER consultado 07/2022 en <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>

INEGI consultado 07/2022 en https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Datos_abiertos

Para una mayor comprensión del comportamiento del número de vehículos en el periodo de tiempo del año 2014 al año 2020, en la Tabla 8 se presenta para este periodo su tendencia por tipo de vehículo. A pesar de que la tendencia del número de vehículos disminuye, el número de motocicletas aumentó, y esto podría ser debido a: su mayor rendimiento en el consumo de gasolina comparado con el automóvil, que las personas aprovechan el tamaño y la flexibilidad para avanzar más rápido en el congestionamiento, entre otros.

Es importante mencionar que los datos presentados en la Tablas 8, Tabla 9 y Figura 9, son vehículos registrados y publicados por el INEGI, que por el momento es la única fuente de datos disponible con lo que se puede trazar una tendencia, donde resalta el decremento de vehículos registrados en el año 2019.

Tabla 8. Tendencia 2014-2020 del número de vehículos registrados en el Estado de Puebla

Tipo de vehículo	Año-calendario						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Automóviles	825,725	863,859	900,498	952,504	993,387	754,080	774,265
Camiones de pasajeros	11,103	11,007	10,813	11,036	11,238	9,486	9,386
Camiones y camionetas de carga	431,948	437,293	438,032	447,316	452,464	270,071	275,407
Motocicletas	47,193	54,660	70,261	81,361	96,429	89,814	105,334
Total	1,315,969	1,366,819	1,419,604	1,492,217	1,553,518	1,123,451	1,164,392

Fuente: Elaborada con datos de:

INEGI consultado 07/2022 en https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Datos_abiertos

En el año 2020, en el Estado de Puebla se reportó un parque vehicular de 1,164,392 unidades, distribuido por tipo de vehículo según se muestra en la Tabla 9. El Número de unidades de automóviles registrado fue de 774,265, de camiones de pasajeros 9,386, de camiones y camionetas de carga 275,407 y motocicletas 105,334; de los cuales casi el 95% son Particulares, el 4% Públicos y el restante 1.1% son de uso oficial. Tabla 9.

Tabla 9. Parque vehicular registrado en el Estado de Puebla, 2020

Tipo de vehículos	Número de unidades	Porcentaje de unidades
Automóviles	774,265	66.5%
Camiones de pasajeros	9,386	0.8%
Camiones y camionetas para carga	275,407	23.7%
Motocicletas	105,334	9.0%
Total	1,164,392	100.0%
De los cuales		
Particular	1,104,859	94.9%
Público	46,689	4.0%
Oficial	12,844	1.1%
Total	1,164,392	100.0%

Fuente: Elaborada con datos de INEGI consultado 07/2022 en https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Datos_abiertos

Del parque vehicular estatal (1,164,392 unidades), se estima que en el municipio de Puebla se tienen domiciliados el 47.5% (553,738), le sigue en orden de importancia los municipios de: San Andrés Cholula con el 5% (59,123), Tehuacán 4.8% (56,243), Cuautlancingo 2.3% (50,001), San Pedro Cholula 3.5% (41,323), Atlixco 3% (35,269), San Martín Texmelucan con el 1.9% (22,382) y los restantes municipios en suma el 30% (346,313). Figura 9.

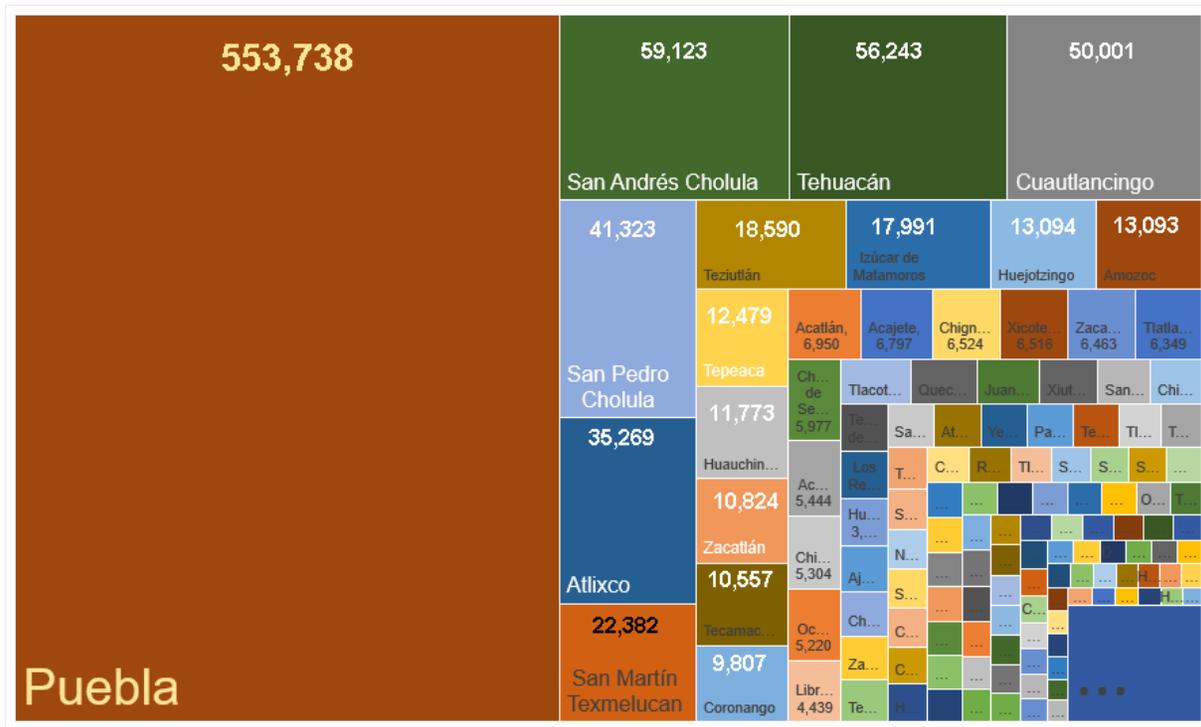


Figura 9. Parque vehicular desagregado por municipio

Fuente: Elaborada con datos de INEGI consultado 07/2022 en https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Datos_abiertos

Sector doméstico

Es importante considerar medidas de reducción de emisiones a las actividades que se realizan de manera cotidiana en los hogares, como el uso de combustibles para el calentamiento de agua y la cocción de alimentos, el uso de solventes o productos que lo contienen, entre otros. Como se mencionó previamente, este tipo de fuentes, su contribución en emisiones GEI o de contaminantes criterio es mínima, pero si consideramos el total de viviendas, entonces si se tiene un aporte significativo que contribuye a contaminar el aire que se respira en la entidad.

Es generalizado que en las viviendas se usen solventes y una gran cantidad de productos que los contienen, por ejemplo, los utilizados en: el arreglo personal, la limpieza de superficies, muebles y utensilios del hogar, la aromatización de espacios, el cuidado y mantenimiento del automóvil y de la vivienda, para la eliminación de plagas (fumigación), entre otras actividades propias del hogar; y que en suma pueden generar emisiones significativas de COV. Esta problemática es aún más grave, debido a que no se conoce con certeza la diversidad de sustancias químicas que contienen la gran variedad de productos y que se utilizan de manera cotidiana y a veces en exceso dentro del hogar y en muchas ocasiones sin las medidas adecuadas para evitar su exposición indebida.

Del total de viviendas (1,714,877) ubicadas en el estado de Puebla, se estima que para cocinar el 70% (1,206,942) utilizan gas licuado de petróleo (gas LP), casi el 22% (374,888) utilizan leña o carbón, un poco más del 6% (108,155) gas natural y el restante 1.5% utilizan la electricidad para cocinar. Tabla 10.

Tabla 10. Combustible más utilizado para cocinar en el estado de Puebla

Total, de viviendas	Número de viviendas por tipo de combustible utilizado para cocinar			
	Leña o Carbón	Gas de tanque (gas LP)	Gas Natural de tubería	Eléctricas
1,714,877	374,884	1,206,942	108,155	24,896
100.0%	21.9%	70.4%	6.3%	1.5%

Fuente: Elaborada con datos de INEGI 2021

Gas licuado de petróleo (gas LP)

Dentro del sector habitacional, de los combustibles más utilizados para cocinar está el uso de gas LP, y no solo se generan emisiones contaminantes al quemar este combustible, si no también dentro de su sistema de aprovechamiento desde el tanque donde se almacena el combustible hasta su uso para quemarlo en la estufa, hay fugas del combustible, además debido a la combustión incompleta de los componentes del gas LP (propano y butano principalmente) se forman y liberan una gran cantidad de contaminantes conocidos como hidrocarburos no quemados, que se pueden agrupar en COT o COV.

Quema de leña en el sector doméstico

Otro de los combustibles de importancia por su impacto en la calidad del aire utilizado en el sector doméstico, es el uso o quema de leña o carbón para la preparación de alimentos y para el calentamiento del agua. Dentro del estado de Puebla, todavía hay una gran cantidad de viviendas (374,884) que de manera cotidiana como un segundo combustible o como el único combustible de uso, utilizan leña. Para un análisis desagregado de esta actividad, se estimó por municipio el número de viviendas que utilizan leña, tomando en cuenta el número total de viviendas por municipio, la superficie boscosa de cada municipio y el rezago social de cada municipio. Mapa 043.

La quema de leña como combustible se realiza principalmente en las viviendas de escasos recursos económicos ubicadas en las comunidades rurales o en la periferia de las zonas urbanas, esta práctica representa un problema grave de contaminación, sobre todo en el interior de las casas habitación. Considerando que, a nivel nacional en el año 2020 se consumieron 22,799,945 toneladas (SENER consultado agosto 2022) en 4,661,303 viviendas (INEGI 2021), cada vivienda que

realiza esta práctica quema en promedio al año 4.89 toneladas de leña, que por su poder calorífico equivalen a quemar 2.71 m³ de gas LP.

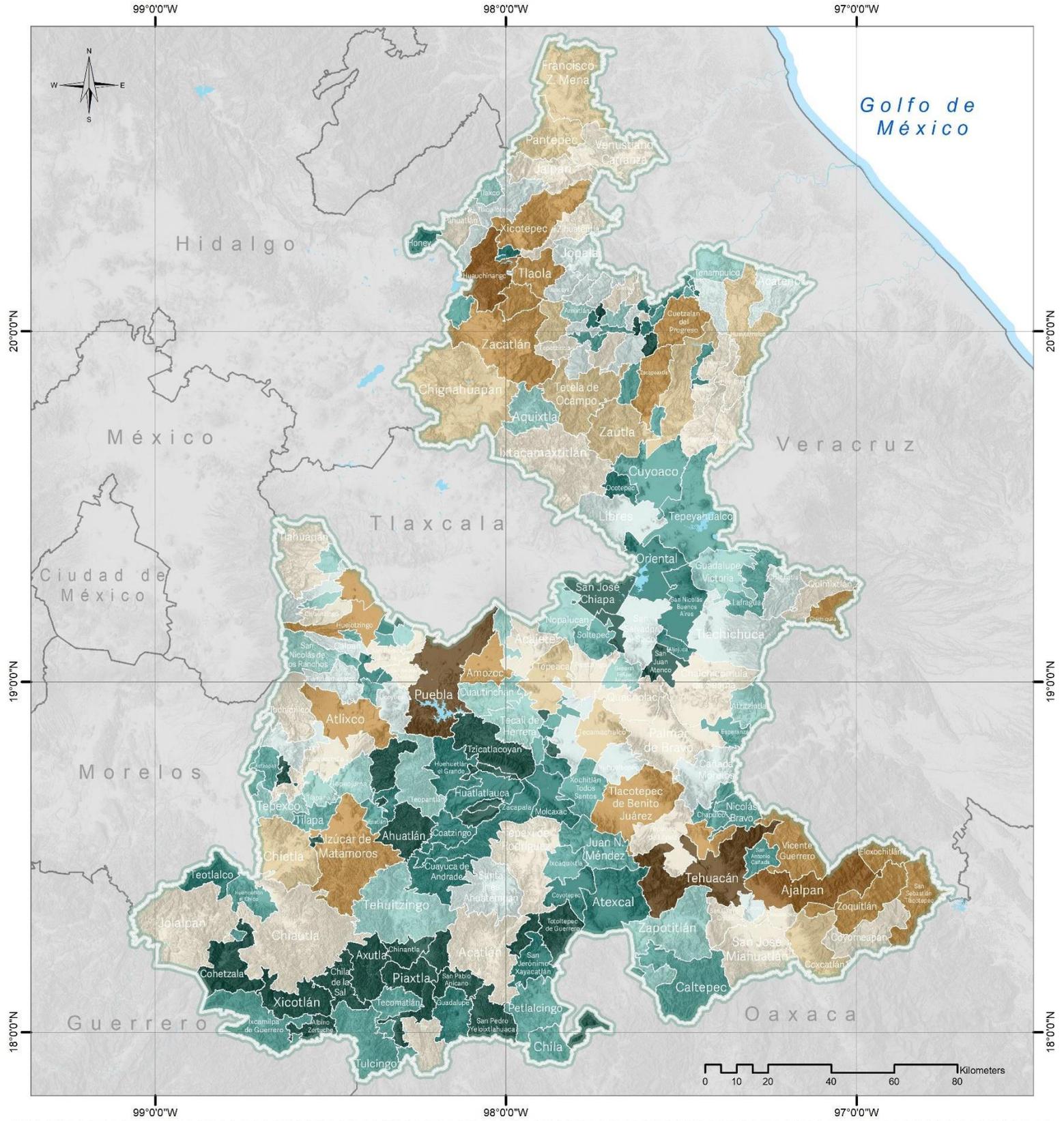
Con la leña quemada en cada vivienda, se estima que se pueden generar un poco más de 34 kg de partículas PM₁₀ y 4 kg de carbono negro, pero en cambio si la misma energía proporcionada por la quema de leña se reemplazará con la utilización de gas LP o biogás, las emisiones de PM₁₀ y carbono negro generadas por la quema de leña se reducirían en más del 98%. Tabla 11.

Tabla 11. Emisiones promedio generadas por vivienda por el uso equivalente del consumo energético de leña, gas LP y biogás

Tipo de combustible	Emisiones contaminantes por vivienda que utiliza leña (kg/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	CN
*Leña	34.18	32.91	0.98	399.37	11.74	88.02	3.91
Gas LP	0.31	0.31	0.06	2.56	4.49	0.16	0.02
Biogás	0.43	0.43	0.03	4.76	5.67	0.31	0.03

Nota: Para la estimación de las emisiones, se utilizaron factores de emisión publicados por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA por sus siglas en ingles) y de estudios nacionales* sobre la combustión doméstica con leña (In-field greenhouse gas emissions from cookstoves in rural Mexican households; Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico y Comparative performance of five Mexican plancha-type cookstoves using water boiling tests).

Fuente: INEGI 2021 y SENER consultado en agosto 2022.



Simbología

	Límite municipal		Cuerpos de agua
	Límite del Estado de Puebla		422 - 683
	Límite estatal		684 - 1,043
	Viviendas que utilizan Leña		1,044 - 1,661
	4 - 186		1,662 - 2,761
	187 - 421		2,762 - 4,160
			4,161 - 7,417
			7,418 - 10,706
			10,707 - 24,532



M043.Viviendas que utilizan Leña

Fuente: Elaboración Propia con datos Elaborada con datos de INEGI 2021 y CONEVAL 2021
Mapa Base: Marco Geoestadístico diciembre 2021, Estado de Puebla, INEGI.

Coordinate System: MEXICO ITRF 2008 LCC
Projection: Lambert Conformal Conic 2SP
Datum: ITRF 2008

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CN.-	Carbono negro
CONEVAL.-	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CO.-	Monóxido de carbono
COV.-	Compuestos orgánicos volátiles
DENUE.-	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
Gas LP.-	Gas licuado de petróleo
INEGI.-	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEM-2016.-	Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio 2016
NO _x .-	Óxidos de nitrógeno
PJ.-	Peta Joules
PM ₁₀ .-	Partículas menores de 10 micrómetros
PM _{2.5} .-	Partículas menores a 2.5 micrómetros
SEMARNAT.-	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER.-	Secretaría de Energía
SO ₂ .-	Dióxido de azufre
ZM Puebla-Tlaxcala.-	Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala
ZM Tehuacán.-	Zona Metropolitana de Tehuacán
ZM Teziutlán.-	Zona metropolitana de Teziutlán
ZM.-	Zonas Metropolitanas.