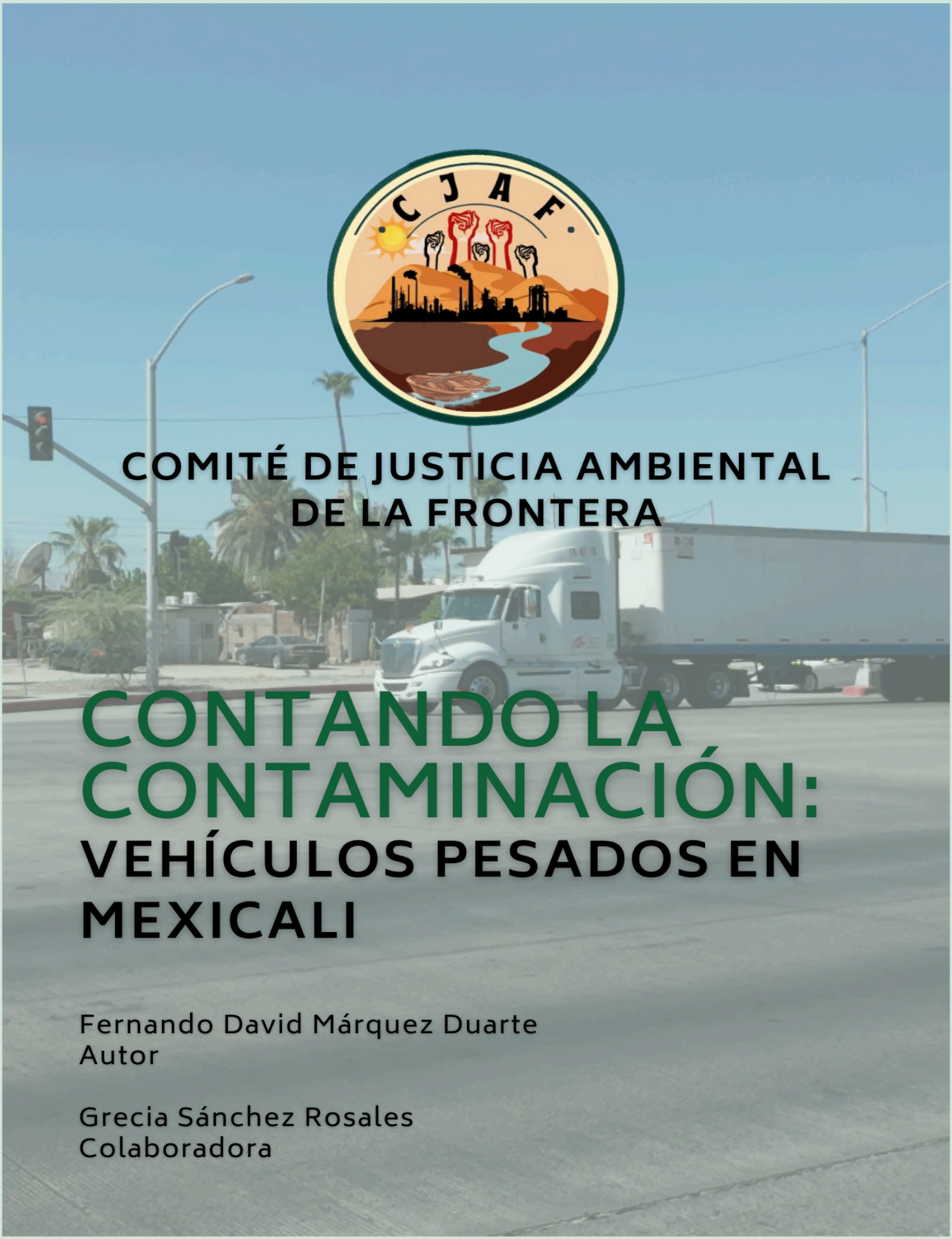


COMITÉ DE JUSTICIA AMBIENTAL DE LA FRONTERA

CONTANDO LA CONTAMINACIÓN:
VEHÍCULOS PESADOS EN MEXICALI

Fernando David Márquez Duarte
Autor

Grecia Sánchez Rosales
Colaboradora

CONTANDO LA CONTAMINACIÓN:
Vehículos pesados en Mexicali

Fernando David Márquez Duarte
Derechos Reservados
Diseño: Lorenia Gutiérrez Moreto Cruz
1ra edición hecha en México: 2026
ISBN: 978-607-29-6590-4

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN....3
AGRADECIMIENTOS....5
Marco conceptual....6
Metodología....7
Figura 1. Imagen del formato de conteo de camiones....7
Consecuencias de la contaminación en la región....9
Figura 2. Mapa de Mexicali con los 4 puntos de conteo señalados....10
Relación de los indicadores de contaminación y salud con los indicadores sociales....14
Figura 3: Mapa de los impactos ambientales acumulativos del condado de Imperial....14
Figura 4: Mapa de la densidad de tráfico del condado de Imperial....15
Figura 5: Mapa de concentración de PM 2.5 en el condado de Imperial....15
Figura 6: Mapa de concentración de PM por diésel en el condado de Imperial....16
Análisis del conteo de camiones....17
Tabla 1....17
Tabla 2....18
Tabla 3....21
Análisis de emisiones contaminantes monitoreadas....22
Tabla 4....22
Figura 7. Fotografía de AQI (ICA) del monitor móvil de calidad del aire, tomada durante la segunda sesión de conteo del punto de Boulevard Carranza esquina con Avenida San Pedro Mezquital....24
Figura 8. Puntajes mínimos, máximos y promedio de PM 2.5 registrados durante las sesiones de conteo de camiones....24
Figura 9. Puntajes mínimos, máximos y promedio de AQI (ICA) registrados durante las sesiones de conteo de camiones....25
CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES....26
Cómo citar este reporte....29
REFERENCIAS....30

INTRODUCCIÓN

El Comité de Justicia Ambiental de la Frontera (CJAF) es un grupo comunitario que lucha por la justicia ambiental en la región fronteriza: Mexicali, Baja California, México y el Condado de Imperial, California, Estados Unidos. Somos un grupo compuesto totalmente por voluntarixs. Actualmente somos un total de 37 miembros.

Luchamos por comunidades más saludables, más justas y más equitativas, con un enfoque en la justicia ambiental en la región. Nos centramos en la calidad del aire, así como en la calidad y escasez de agua.

Para el Comité la justicia ambiental (JA) es una lucha constante. La JA es tener el derecho a vivir en un ambiente sano y saludable, a poder respirar aire limpio y tener agua limpia y suficiente. Luchar contra la contaminación es luchar por la Justicia Ambiental (JA). Se basa en el principio de que todas las personas, independientemente de la raza, la clase social, del territorio que habitan, de su religión o de cualquier otro factor, deben ser protegidas de la contaminación ambiental y de sus efectos negativos en la salud, la calidad de vida y la vida misma.

Como parte de la lucha por la justicia ambiental, decidimos hacer el estudio de conteo de camiones en el Comité, debido a la grave situación de contaminación del aire que se sufre en la región de Mexicali e Imperial. En este estudio se contabilizó el tráfico de vehículos pesados en cuatro puntos clave con una concentración importante de tráfico en la ciudad de Mexicali.

Como contexto, Mexicali es la capital del estado de Baja California, en el extremo noroeste de México. De acuerdo con CEMDI, se estima que la población actual del municipio de Mexicali es de 1,100,000 habitantes[1]. Mexicali es una ciudad industrial por su vocación económica, resaltando por la industria maquiladora, con una gran cantidad de plantas de manufactura para la exportación. Mexicali comparte frontera al norte con el condado de Imperial, estado de California.

Debido a la cantidad de plantas maquiladoras en Mexicali, existe un tráfico importante de vehículos pesados, principalmente de transporte de carga. Por otro lado, debido al clima extremo de la ciudad (llegando a más de 50 grados Celsius (más de 120 grados Fahrenheit en verano), y a la falta de transporte público suficiente, la cantidad de vehículos en general también es elevada. En este contexto, una de las principales fuentes de contaminación del aire en Mexicali son las emisiones liberadas por vehículos, especialmente vehículos pesados. De acuerdo con Climate Trace, en 2023-2025, la principal fuente de emisiones equivalentes de CO2 en Mexicali fueron los vehículos, con un 28% de las emisiones en la ciudad, en cuanto a las emisiones propias de CO2 fue incluso mayor con más del 32%, siendo igualmente la principal fuente individual de emisiones. En este periodo, el CO2 emitido fue de 1.6 millones de toneladas cada año. En cuanto al condado de Imperial, en el mismo lapso de tiempo, el

[1] CEMDI, “Indicadores de Baja California.”

43-44% de las emisiones de CO2 fueron causadas por vehículos. Ese porcentaje representa alrededor de 1.2 millones de toneladas emitidas cada año [2].

La contaminación causada por CO2 y otras partículas contaminantes expulsadas por vehículos tiene consecuencias graves para la salud de las y los habitantes de la comunidad, mismas que serán analizadas en las próximas páginas. Aunado a esto, estas emisiones contaminantes también dañan la capa de ozono, incrementando el calentamiento global y cambio climático, por lo que se crea un círculo vicioso de calor extremo, causando que más personas usen carro, aumentando a su vez las emisiones que aumentan el calor extremo.

El objetivo final de este reporte es presentar los resultados del estudio para que las comunidades afectadas puedan saber lo que está pasando -así como la seriedad del problema- para que tomen conciencia de la necesidad de luchar por la justicia ambiental. Así mismo, con este reporte estamos generando datos locales para realizar un proceso de incidencia y hacer propuestas de cambios legislativos y legales para proteger a nuestras comunidades de la injusticia y racismo ambiental y no permitir nunca más que nos conviertan en zonas de sacrificio, especialmente en el tema de regular las emisiones contaminantes de los vehículos pesados. La reducción de estas emisiones contaminantes es viable y posible, existen tecnologías cero emisiones de combustible, que no expulsan ninguna emisión contaminante al aire en los vehículos que los usan, como los vehículos eléctricos.

Es importante señalar que para nosotros, la única tecnología actual que consideramos cero emisiones (ZE) para vehículos son los eléctricos, es decir, camiones de batería eléctrica. Nosotros no consideramos cero emisiones a otros combustibles "alternativos", como el gas natural, amoniaco, hidrógeno, entre otros, debido a que en el proceso de generación expulsan una cantidad grave de emisiones contaminantes al aire y tienen impactos sumamente negativos en el agua, tierra y aire de las comunidades donde se instalan sus plantas y se transportan los combustibles [3].

[2] Climate Trace, "Emissions Summary."

[3] Márquez Duarte, *Driving the Just Transition: Perspectives by Truck Drivers and Community Members on the Trucking Just Transition*.

AGRADECIMIENTOS

Este reporte ha sido el resultado de un trabajo de casi un año, realizado por miembros del Comité de Justicia Ambiental de la Frontera. El principal agradecimiento es a *Clean Mobility Collective* (CMC), por su invaluable apoyo para realizar proyecto, como parte del *Fellowship* de la Mta. Grecia Sánchez Rosales, co-fundadora del Comité y co-coordinadora de Investigación, quien es *Fellow* de CMC.

Un agradecimiento especial a todas las personas que participaron en los conteos, empezando por coordinadores de los 4 puntos: Grecia Sánchez Rosales, Lorenia Gutiérrez Moreto Cruz, Ezequiel Duarte Hernández, Valeria Ramos Sánchez y su servidor, Fernando Márquez Duarte, quienes somos co-fundadores del Comité. Gracias también a las y los miembros que participaron en alguna sesión de conteo: Dra Edna, Dra Angélica, Dra Socorro, Raúl, Melissa, Shania, Mario, Osiel, Nur, Jasiel, Adel, Julio, Eder, y a todas las personas que se sumaron.

También merecen una mención especial la Dra Astrid Calderas, por su retroalimentación y datos para el reporte, al Mto. Alejandro Castillo por su aporte en recomendaciones, al Lic. Jasiel Zamora, por su apoyo con sistemas de información geográfica, y finalmente, a todos ustedes que leen este reporte. Esperemos que este reporte les motive a luchar por la justicia ambiental en su comunidad y creer en que un aire más limpio y una mejor calidad de vida son posibles, si nos unimos y luchamos por nuestros derechos, nuestra comunidad, y nuestro medio ambiente.

Marco conceptual

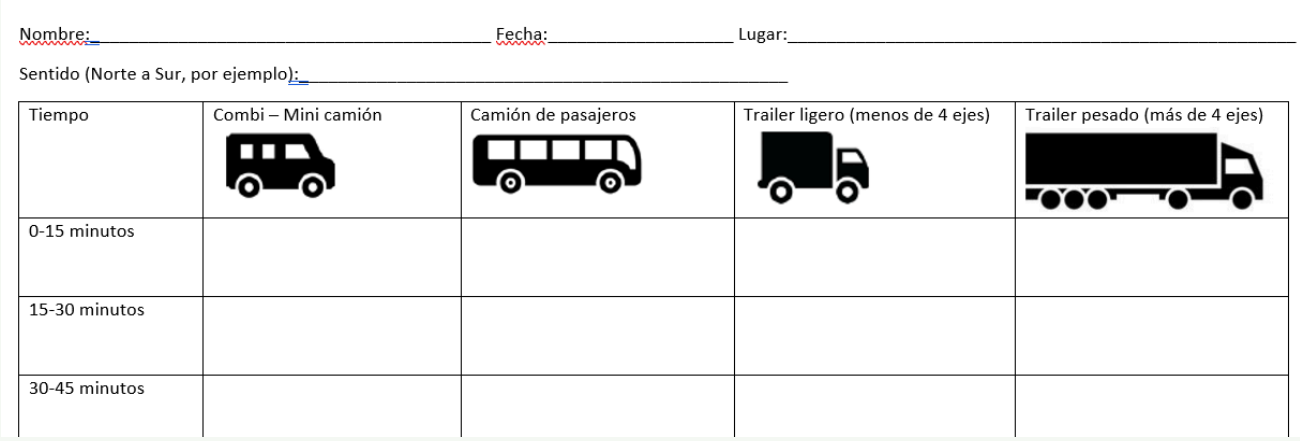
- **Índice de calidad del aire (AQI):** Indicador universal creado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) para informar sobre la calidad del aire y sus posibles riesgos a la salud mediante una escala numérica de fácil interpretación pública [4].
- **Material particulado fino (PM2.5 y PM10):** Mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Las partículas PM2.5 y PM10 solo pueden detectarse con microscopio electrónico; estas son inhalables y como su nombre indica pueden ser de diámetro de 10 micrómetros o menores y de diámetro 2.5 micrómetros o menores [5].
- **CO2:** El dióxido de carbono (CO2) es uno de los principales gases de efecto invernadero presentes en el aire de forma natural como parte del ciclo de carbono y mayormente a raíz de actividades antropogénicas [6]
- **NO2:** El dióxido de nitrógeno es un gas altamente reactivo que se presenta en el aire a partir de la combustión de combustibles [7].
- **NOX:** El gas monóxido de nitrógeno es la suma total de gases formados por la combinación de nitrógeno y oxígeno durante la combustión a altas temperaturas y presiones. Tanto NOX como NO2 tienen efectos en la salud humana y en el medio ambiente [7].
- **Proceso de combustión diésel (Black carbon):** Es un tipo de hollín, polvo de carbón ultrafino (tamaño nanométrico) que se forma por la quema incompleta de combustible por falta de suficiente oxígeno [8].
- **Inversión térmica:** Característica meteorológica en la cual la temperatura del aire aumenta con la altitud en lugar de disminuir, invirtiendo el comportamiento habitual de la atmósfera. Esto genera una capa de aire caliente por encima de una capa de aire frío más denso atrapada en la superficie, lo que bloquea la circulación vertical del aire y actúa como una “tapa” que impide la dispersión de contaminantes [9].
- **Cuenca Atmosférica compartida:** Área geográfica continua delimitada por características topográficas, meteorológicas y de asentamiento poblacional que comparten una misma masa de aire (emisiones, concentraciones y reacciones de los gases y partículas contaminantes) [10].

[4] *AirNow, "Conceptos básicos del AQI (Índice de la calidad del aire)," U.S. Environmental Protection Agency*
[5] *U.S. Environmental Protection Agency, "Particulate Matter (PM) Basic”*
[6] *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, "Emisiones de dióxido de carbono”*
[7] *Environmental Protection Agency, "Basic Information about NO2"*
[8] *Takamura, "Chemistry, Electrochemistry, and Electrochemical Applications | Carbon"*
[9] *Pérez "El origen de la inversión térmica y su relación con la contaminación del aire"*
[10] *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "Cuencas atmosféricas que integran la Megalópolis”*

Metodología

En este reporte se muestran los resultados principales del estudio de conteo de camiones en Mexicali. El trabajo de campo del estudio comenzó a finales de enero y se concluyó la primera semana de marzo de 2026. El trabajo consistió en el conteo de vehículos pesados en 4 puntos estratégicos con una alta densidad de tráfico de la ciudad de Mexicali. En cada uno de los 4 puntos se realizaron 4 jornadas de conteo. Cada jornada de conteo tuvo una duración de 2 horas y se realizó un conteo por semana.

Para realizar el conteo de vehículos pesados se realizó una investigación exploratoria de conteos de camiones realizados previamente en diferentes países, para considerar qué tipos de vehículos pesados se cuentan y con qué objetivo, considerando el contexto de cada región donde se han realizado estudios para saber qué tipos de vehículos existen y/o son comunes pero que en Mexicali no lo son. Como resultado de esta fase del estudio se creó un formato para este estudio, donde se incluyen 4 tipos de vehículos pesados: combis/mini camiones, camiones de pasajeros, tráiler ligero y tráiler pesado.



Nombre:_____ Fecha:_____ Lugar:_____

Sentido (Norte a Sur, por ejemplo):_____

Tiempo	Combi – Mini camión	Camión de pasajeros	Trailer ligero (menos de 4 ejes)	Trailer pesado (más de 4 ejes)
0-15 minutos				
15-30 minutos				
30-45 minutos				

Figura 1. Imagen del formato de conteo de camiones. Fuente: Autoría propia.

Para el estudio decidimos incluir estas 4 categorías de vehículos, al ser todos vehículos considerados pesados. Decidimos solo incluir estas categorías para que la labor de conteo no fuera difícil de realizar, al mismo tiempo que se captura una variedad relevante de vehículos para efectos de estimación de emisiones. Para diferenciar las categorías que llamamos “tráiler ligero” de “tráiler pesado”, especificamos en cada una de estas categorías el rango de ejes. Cada eje tiene 1 llanta de cada lado, por lo que si el vehículo tiene 3 llantas de cada lado se contaba como tráiler ligero, pero si el vehículo tiene 5 llantas de cada lado se contaba como tráiler pesado. En el formato

se incluye una ilustración que representa cómo se puede ver el vehículo en cada categoría.

Así mismo, la persona que llenaba el formato tenía que poner su nombre, fecha del conteo, lugar (punto del conteo) y sentido de la vialidad en la que estaba contando. En cada conteo había al menos 2 personas, para que se pudieran contar de manera más exacta todos los vehículos que pasaban en todas las direcciones. En algunos formatos una persona contó Norte - Sur y otra persona Este - Oeste, en el caso de haber 2 personas en la sesión de conteo. En otras sesiones de conteo donde hubieron más personas, una persona contaba de Norte a Sur, otra de Sur a Norte, otra de Este a Oeste y otra de Oeste a Este, por ejemplo.

Cada uno de los puntos de conteo tenía un coordinador (a). La persona con este rol tenía un monitor móvil de contaminación del aire, que midió los siguientes datos durante las sesiones de conteo: PM (materia particulada) 2.5 y 10, índice de calidad del aire (AQI por sus siglas en inglés), así como temperatura y humedad. La persona coordinadora también se encargaba de llevar los formatos a cada sesión de conteo, sillas y mesa, chalecos fosforescentes (como los que usan trabajadores de construcción), agua y barritas (u otro tipo de refrigerio) para las personas voluntarias que participaron en cada sesión.

Con la finalidad de tener suficiente espacio para llenar el formato de conteo, y para evitar la fatiga mental durante el conteo, se contaron los vehículos en lapsos de 15 minutos como se puede observar en la imagen del formato. Se utilizaron marcas de conteo agrupadas de 5 en 5. Al final del conteo cada participante le entregaba el formato llenado a la persona coordinadora y la persona coordinadora sumaba los rayones y colocaba la sumatoria con números, ya que se sumaba cada columna.

Cada persona coordinadora subió las fotos o escaneos de los formatos llenados en cada conteo a una carpeta compartida del proyecto, de donde se vaciaron los datos a una hoja de cálculo compartida. Adicionalmente, cada coordinador vació los datos de su monitor de partículas de aire a una carpeta compartida para analizar esos datos.

Finalmente, con el objetivo de que los datos pudieran ser comparables y evitar sesgos de conteo, las sesiones de conteo en cada punto fueron en días y horarios diferentes. Es decir, en uno de los puntos una semana la sesión de conteo fue un lunes de 4 a 6 y otra semana fue un viernes de 12 a 2. De esa manera se evitan sesgos de horario. Es decir, se realizaron estrategias metodológicas para tener veracidad de los datos recabados. Así pudimos promediar los datos y tener información válida con un sesgo mínimo.

Consecuencias de la contaminación en la región

La mayoría de las emisiones contaminantes de vehículos son causadas por vehículos medianos y pesados (MHDV). En México no se tiene un inventario sólido de emisiones contaminantes por tipo de emisiones y por fuente; sin embargo, los datos de Estados Unidos son relevantes para este estudio, ya que la región es una zona fronteriza.

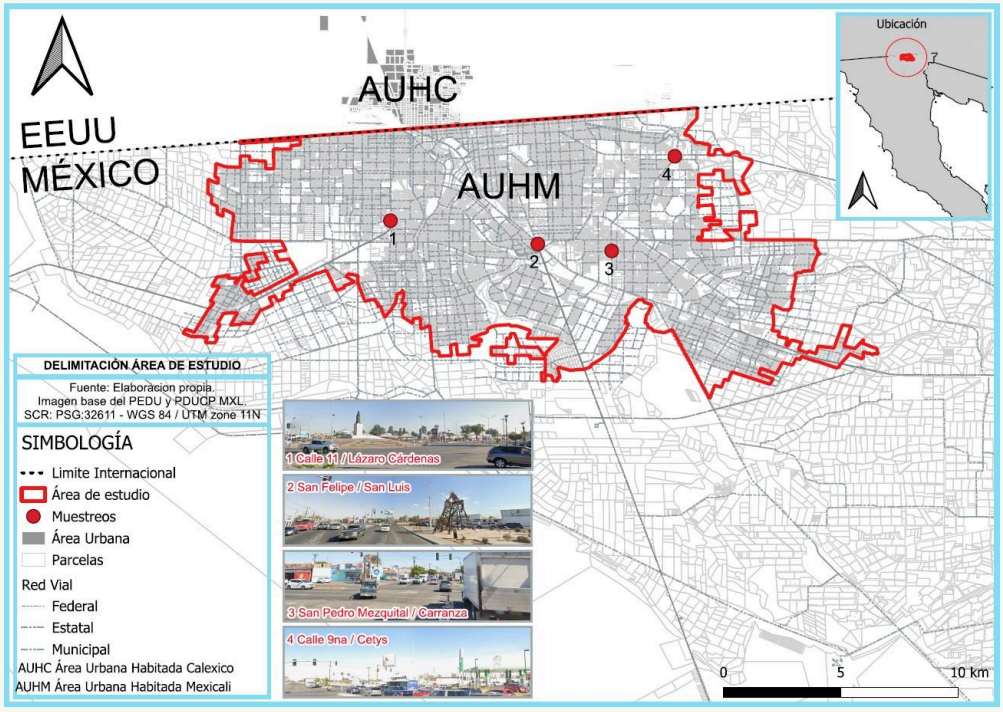


Figura 2. Mapa de Mexicali con los 4 puntos de conteo señalados. Fuente: Autoría propia.

Como referencia, en Estados Unidos los MHDV solo representan el 13 % de los vehículos en circulación, pero son responsables de la mayor parte de la contaminación del aire y generan las siguientes emisiones, por mencionar solo algunas :

- ***30% de las emisiones que provocan el calentamiento climático (CO2)***
- ***52% de PM 2.5, partículas finas que ocasionan enfermedades pulmonares.***
- ***58% de óxidos de nitrógeno (NOx) que genera smog.***

El impacto de las emisiones de los vehículos pesados de combustible fósil afecta principalmente a los residentes cercanos a vialidades con concentración de tráfico, centros de carga, puertos, terminales ferroviarias y almacenes, afectando de forma desproporcionada a las comunidades racializadas marginadas [11].

Como ejemplo, para el estado de California, aunque solo el 12 % de todos los camiones de servicio mediano y pesado (MHDV) sean camiones con remolque de clase 7 o clase 8, estos camiones de carga pesada por sí solos son responsables de generar el 35 % de las emisiones totales de óxidos de nitrógeno (NOx) del estado y más del 70 % de las emisiones de NOx por vehículos [12].

Como se mencionó anteriormente, los vehículos pesados liberan diferentes emisiones contaminantes al aire que tienen graves impactos negativos en la salud, como NOx, NO2, PM 10 y PM 2.5:

- **Los óxidos de nitrógeno (NOX)** pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta y los pulmones, pudiendo causar tos, dificultad para respirar, cansancio y náuseas. Se estima que se producen 4401 toneladas de NOX anualmente.
- **El dióxido de nitrógeno (NO_2)** puede causar asma, EPOC, pérdida del conocimiento, enfermedades cardiovasculares e incluso la muerte. La exposición prolongada puede provocar infertilidad.
- **Las partículas de 10 micrómetros o menos (PM10)** son inhalables por los pulmones y pueden causar efectos cardiovasculares como arritmias cardíacas y ataques cardíacos, y efectos respiratorios como ataques de asma y bronquitis.
- **Las PM (partículas en suspensión) de 2,5 micrómetros o menos** se asocian con mortalidad prematura, aumento de pacientes por causas cardíacas o pulmonares, bronquitis aguda y crónica, ataques de asma, atención médica urgente, síntomas respiratorios y restricción de actividades a los afectados. También se asocia con enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares, influenza y neumonía. Los investigadores también encontraron una asociación similar entre la exposición a la contaminación por PM y un mayor riesgo de muerte por cáncer de

[11] Torres et al., *Warehouses, Pollution, and Social Disparities: An Analytical View of the Logistics Industry's Impacts on Environmental Justice Communities across Southern California*.
[12] SB-372 Medium- and Heavy-Duty Fleet Purchasing Assistance Program: Zero-Emission Vehicles.

pulmón en personas no fumadoras [13].

Las emisiones que los vehículos liberan al aire causan gran parte de la contaminación atmosférica general, que no solo genera consecuencias nocivas en la salud y calidad de vida de las comunidades donde se encuentran estas fuentes de contaminación, sino que al mismo tiempo dañan la capa de ozono e incrementan el calentamiento global y el cambio climático. La contaminación relacionada con el tráfico continúa aumentando, especialmente debido a la expansión del complejo industrial logístico, las políticas de uso del suelo y la zonificación que priorizan la infraestructura logística sobre la salud y el bienestar de la comunidad, lo que afecta desproporcionadamente a las comunidades marginadas. En el caso de Mexicali, la concentración de parques industriales, y por lo tanto, de tráfico intenso de vehículos pesados, está en la zona este y sureste de la ciudad. No es casualidad que en esta zona de la ciudad la mayoría de las colonias y fraccionamientos sean de familias de bajos ingresos y de comunidades marginadas.

Por otro lado, un estudio de la NASA de 2024 muestra que las zonas cercanas a almacenes (y en el caso de Mexicali, a maquiladoras) experimentan, en promedio, un aumento del 20 % en los niveles de NO_2. También es importante considerar que en las comunidades de color y de bajos ingresos en Estados Unidos, y de bajos ingresos en Mexicali, los impactos de la contaminación en la salud se acumulan con otros factores como la pobreza, el acceso inadecuado a la atención médica y otros factores de estrés social, lo que agrava los efectos en la salud y los niveles de mortalidad [14].

En Mexicali se sufren altos niveles de padecimientos que se incrementan y se agravan por la contaminación del aire.

En un estudio realizado en 18 ciudades de 9 países sobre la prevalencia de rinitis publicado en 2022, Mexicali es la ciudad donde más aumentó la prevalencia de rinitis en niños en un periodo de 10 años, incluso más que ciudades con una situación de contaminación del aire muy seria como Nueva Delhi en India o la Ciudad de México

[15]. Otro estudio publicado en 2021 donde se comparan 27 ciudades de diferentes países, muestra que Mexicali es la ciudad en donde más incrementó la prevalencia de asma en niños y adolescentes (hasta 14 años) en el periodo de 2003 a 2018, superando a ciudades sumamente contaminadas como Lattakia (en Siria), Taipei (en China Taiwán), o Ciudad de México [16]. Así mismo, a nivel estatal en Baja California el cáncer de pulmón ha estado en el 2do y 3er lugar entre los cánceres que más muertes causan, así como de los cánceres más comunes en el estado en los últimos años [17].

[13] American Lung Association, State of the Air 2024.

[14] American Lung Association, *Nitrogen Dioxide and Community Health*.
[15] Strachan et al., "Worldwide Time Trends in Prevalence of Symptoms of Rhinoconjunctivitis in Children."
[16] Asher et al., "Worldwide Trends in the Burden of Asthma Symptoms in School-Aged Children."
[17] Baylon, "Mata cáncer de pulmón a 222 en un año."

Aunado a esto, ni en Mexicali, ni en Baja California se tienen estaciones de monitoreo suficientes y funcionales para poder tener cifras actualizadas y suficientes de los niveles de contaminación del aire de toda la ciudad de Mexicali, o de todas las ciudades a nivel estatal. En todo el estado solo existen 7 estaciones de monitoreo, de las cuales solo hay 3 funcionando en Mexicali. Estas estaciones solo miden PM 2.5 y 10 [18]. A esta situación de falta de monitoreo de la calidad del aire se suma la falta de interés e ignorancia de la secretaría de medio ambiente del gobierno de Baja California, que en más de una ocasión ha hecho declaraciones sin fundamento generando desinformación sobre las fuentes de contaminación del aire, declarando que las fuentes de contaminación en Mexicali son naturales y que por lo tanto, no se puede hacer nada al respecto, y que no es tan grave la contaminación [19].

Las consecuencias en la salud de la contaminación lamentablemente afectan en su mayoría a las comunidades en países del Sur Global.

De acuerdo con un estudio publicado en 2022, la contaminación causa 9 millones de muertes a nivel global, siendo el 90% en países del Sur Global o en vías de desarrollo.

[20]. Esto no es una casualidad y es un resultado de la injusticia y el racismo ambiental, donde las comunidades marginadas del Sur Global son deliberadamente usadas como zonas de sacrificio con fines de lucro por proyectos y empresas.

Así mismo, es importante señalar que el hecho de que Mexicali se haya convertido en una zona industrial de plantas maquiladoras de exportación, tampoco es casualidad. Es un proceso deliberadamente fomentado en la ciudad para facilitar el complejo logístico capitalista en la región fronteriza de México-Estados Unidos. Al ser Mexicali una ciudad fronteriza con California, un punto de tránsito terrestre entre Baja California y el resto del país, y en cercanía con los puertos de Los Ángeles, Ensenada, y teniendo una red ferroviaria existente, se le impuso esa "vocación industrial", empezando en la década de los 80's. A esto se le suma la cercanía a la región del Inland Empire en el sur de California, por donde pasa la mayoría de los productos y mercancías que se transportan en Estados Unidos, donde existe la mayor concentración de almacenes, paradas de transporte de carga y tráfico de transporte de carga [21]. Una gran cantidad de estos camiones cruzan a México por Mexicali llevando y trayendo productos y partes hacia y desde las plantas maquiladoras de Mexicali.

Bajo esta lógica, los gobiernos tanto municipales de Mexicali como el gobierno estatal de Baja California, han fomentado la atracción de más y más plantas maquiladoras transnacionales, brindando condonaciones de impuestos y del pago de agua, entre otras facilidades. Así mismo, el

[18] Villa, "Mexicali, ciudad contaminada los 12 meses del año."
[19] Martínez, "La movilidad, principal causa de la contaminación al aire"; RadarBC, "Justifica secretaria de Medio Ambiente mala calidad del aire en Mexicali."
[20] Fuller et al., "Pollution and Health."

[21] Márquez Duarte, *Driving the Just Transition: Perspectives by Truck Drivers and Community Members on the Trucking Just Transition*.

gobierno tanto municipal como estatal ha ignorado la contaminación que causan estas industrias, bajo pretexto de los empleos que generan y los "beneficios económicos" que traen a la región. Sin embargo, la mayoría de los empleos generados por esa industria son para obreros sin educación superior o especialización. De acuerdo con datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), más del 80% de los empleos del sector manufactura para la exportación (maquiladoras) son de obreros [22]. Estos empleos son mal pagados y constantemente hay recortes, en los que se despide a miles de empleados, creando una alta rotación laboral.

Estas plantas son altamente contaminantes, no solo por las emisiones que expulsan como fuentes estáticas, es decir las emisiones de la planta maquiladora, sino que son fuentes indirectas de emisiones al aire, debido a la cantidad de vehículos de carga que entran y salen de estas instalaciones, situación similar a los almacenes de Inland Empire .

[23]. Ni a nivel estatal ni municipal existe una regulación de fuentes indirectas, por lo que los vehículos pesados pueden contaminar con total impunidad y sin consecuencias, afectando la salud y vida de las comunidades tanto de Mexicali como de Imperial.

[22] INEGI, "Ocupación."
[23] Márquez Duarte, *Driving the Just Transition: Perspectives by Truck Drivers and Community Members on the Trucking Just Transition*.

Relación de los indicadores de contaminación y salud con los indicadores sociales

Si bien, el estudio de conteo fue realizado en Mexicali, es relevante mostrar brevemente el contexto del condado de Imperial, ya que una gran cantidad de los vehículos de carga que transitan en Mexicali cruzan la frontera a Estados Unidos por Imperial. Para ilustrar el contexto de Imperial, existe una herramienta en el estado de California llamada Cal Enviro Screen, lanzada por CARB (California Air Resources Board), que es la agencia del gobierno de

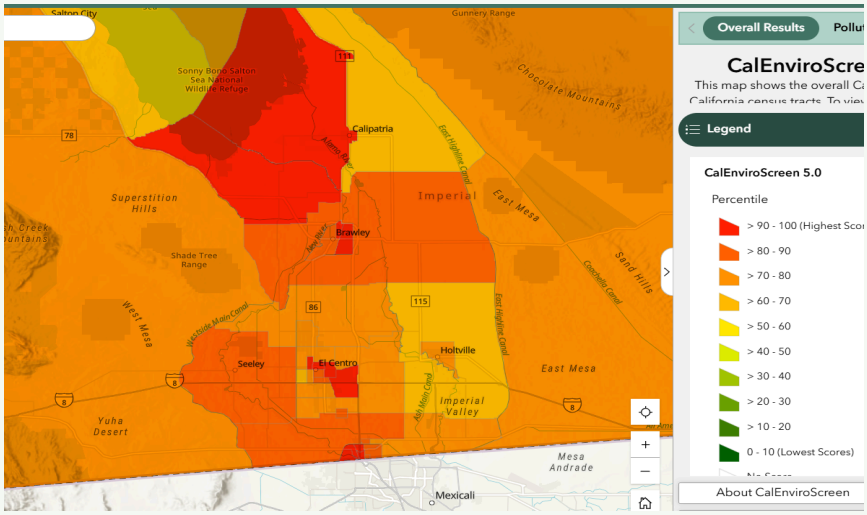


Figura 3: Mapa de los impactos ambientales acumulativos del condado de Imperial. Fuente: Autoría propia usando Cal Enviro Screen 5.

California que trata la contaminación. A mediados de 2026 se ha lanzado la nueva versión de esta herramienta, por lo que para esta sección usamos la versión 5.0 de Cal Enviro Screen [24]. Esta herramienta de diagnóstico ayuda a identificar comunidades con una carga desproporcionada de múltiples fuentes de contaminación y con características poblacionales que las hacen más sensibles a los efectos de la contaminación.

En este primer mapa de Cal Enviro Screen se muestran todos los impactos ambientales acumulados, mientras más rojo esté el color, más impactos ambientales tiene la zona, y mientras más verde, menos impactos ambientales tiene. Como se puede apreciar la parte de Calexico donde están las garitas de Mexicali (tanto la garita centro como la garita este) muestra una alta acumulación de impactos ambientales, entre el 80 y 90%, así como la parte de El Centro donde está el cruce de la carretera interestatal 8

[24] CARB, "CalEnviroScreen 5.0."

con la 111, así como en Brawley y toda la parte sur del Salton Sea.

Esto significa que estas zonas sufren más las consecuencias de la contaminación de diversos tipos que se acumulan. Esto muestra de manera visual la injusticia y el racismo ambiental. Aunque no tenemos este mapeo para Mexicali, el hecho de que la parte de Calexico donde están las garitas tiene una alta acumulación de impactos ambientales indica que también lo tiene Mexicali, porque la contaminación del aire, agua y tierra no reconoce fronteras; no necesita una visa o pasaporte para cruzar la frontera, sino que se esparce libremente. Además, es por estas zonas donde cruzan los vehículos pesados, y es donde se muestran los impactos generados por los mismos.

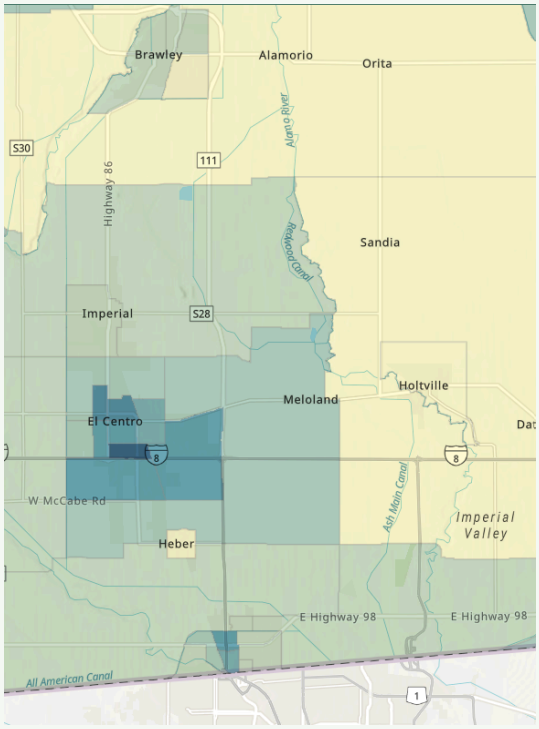


Figura 4: Mapa de la densidad de tráfico del condado de Imperial. Fuente: Autoría propia usando Cal Enviro Screen 5.0

En este mapa se muestra la densidad de tráfico en Imperial. Mientras más oscura sea la tonalidad de azul, más densidad de tráfico hay en la zona. Como se puede apreciar, el tráfico se concentra en las garitas de Calexico y en el cruce de la carretera interestatal 8 con la carretera 111, que es la ruta que siguen una gran cantidad de camiones de carga que cruzan la frontera.

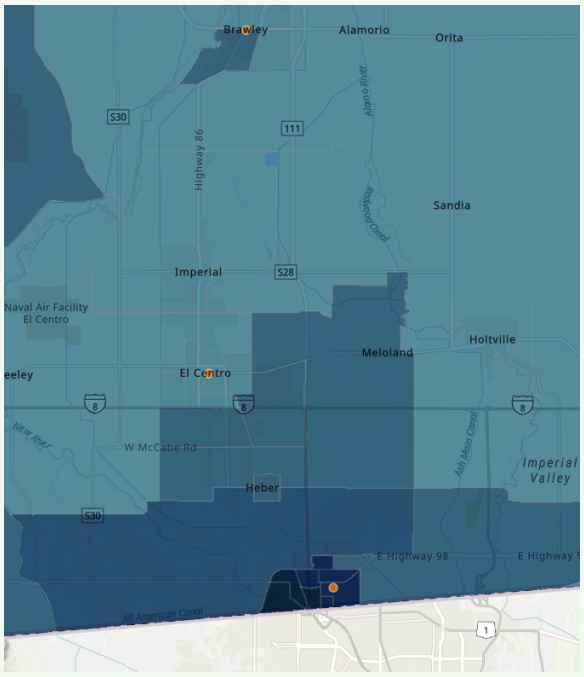


Figura 5: Mapa de concentración de PM 2.5 en el condado de Imperial. Fuente: Autoría propia usando Cal Enviro Screen 5.0

En este mapa se puede apreciar la concentración de la materia particulada 2.5 en la zona. Mientras más oscura sea la tonalidad de azul, mayor la concentración de PM 2.5. En el mapa se aprecia en el

color más oscuro la zona del cruce de las garitas internacionales en Calexico, muy por encima de las otras zonas del condado. Así mismo, se muestran las estaciones de monitoreo de 2.5 en los puntos naranjas, teniendo una en Calexico, otra en El Centro y otra en Brawley. Si se compara este mapa con el anterior, es claro que el cruce de las garitas que tiene una alta densidad de tráfico, también muestra una alta concentración de PM 2.5. Para ilustrar mejor la relación causal del tráfico de vehículos con las emisiones de PM 2.5 tenemos el siguiente mapa:

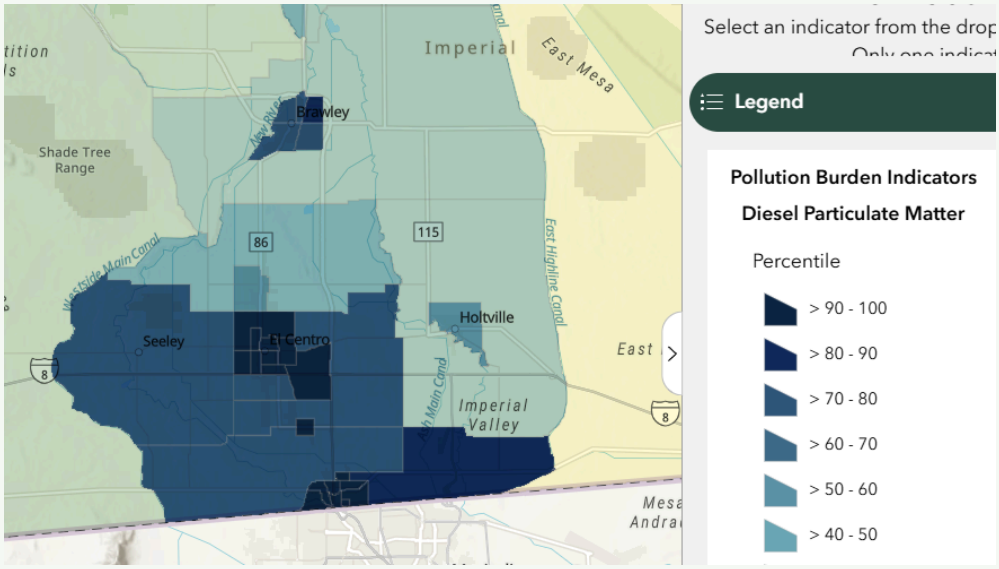


Figura 6: Mapa de concentración de PM por diésel en el condado de Imperial. Fuente: Autoría propia usando Cal Enviro Screen 5.0

En este mapa se muestra directamente la concentración de materia particulada (PM) causada por el uso de diésel . Aunque hay similitudes de este mapa con el de PM 2.5 en general, en este mapa se ve no solo la zona del cruce de garitas con una altísima concentración de PM, sino también la zona de El Centro cerca de la carretera interestatal 8, así como una pequeña parte de Brawley. Estas zonas tienen mucho tráfico de vehículos, incluyendo mucho tráfico de vehículos pesados. Los 3 puntos son las 3 rutas principales de camiones de carga, ya que entran por la garita, y se van o hacia San Diego por el 8 o hacia arriba al Inland Empire, por el 111 y posteriormente el 86.

Estos cuatro mapas nos muestran dos aspectos sumamente relevantes para este estudio: por un lado nos muestran el contexto de la contaminación del aire de la zona binacional de Mexicali - Imperial. Como se ha analizado, es una zona que sufre de una alta concentración de emisiones contaminantes en el aire. Por otro lado, nos muestran la relación clara que existe entre el tráfico de vehículos pesados y la contaminación del aire en la región binacional.

Análisis del conteo de camiones

El objetivo principal de este estudio ha sido registrar la cantidad de vehículos pesados (camiones) en cuatro puntos de la ciudad de Mexicali, así como medir las emisiones contaminantes en esos mismos puntos para incidir en política pública en temas de regulaciones de emisiones contaminantes del aire.

Este estudio es el primero de su tipo en Mexicali, ya que se contabilizaron 4 diferentes tipos de vehículos pesados, como se especificó en el apartado de metodología. La suma de los vehículos contabilizados por tipo de vehículo y por sitio se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1

Suma de conteo por tipo de vehículo y por punto de conteo

Punto de conteo	Tipo de vehículo pesado				
	Combi-mini camión	Camión de pasajeros	Tráiler ligero (4 ejes o menos)	Tráiler pesado (5 ejes o más)	
Carranza x SP Mezquital	241	139	457	596	
Carr SF x Carr SL	573	302	722	436	
Calle 11 x Lázaro	563	482	683	502	
9na x Cetys	201	60	375	1953	
Total	1578	983	2237	3487	8285

Fuente: Elaboración propia

Sobre esta tabla hay varios puntos a analizar. El primer punto es que esta cantidad de vehículos fue registrada solamente en 8 horas (4 sesiones de 2 horas sumadas).

En 8 horas en los cuatro puntos de conteo se registraron un total de 8285 vehículos pesados. De estos, el tipo de vehículo pesado más registrado fue el tráiler pesado, es decir, camiones de 5 ejes de llantas o más.

Estas cifras son sumamente alarmantes, porque los impactos en la salud y en la condición de las vialidades son bastante

serios, ya que como se explicó en las secciones anteriores de este reporte, los vehículos pesados son los que generan mayores emisiones contaminantes al aire, dañan más las calles, y generan mayor contaminación auditiva. Mientras más pesado sea un vehículo, más impactos negativos genera, por lo que el hecho de que la mayoría de los vehículos contabilizados fueron del tipo de tráiler más pesado es aún más preocupante.

Otro elemento a resaltar del resultado de los conteos, es que el tipo de vehículo pesado que menos se contabilizó fue el camión de pasajeros. Esto muestra con cifras lo que se percibe en la ciudad: el transporte público es escaso e insuficiente. Esto es especialmente preocupante en una ciudad con niveles de contaminación de aire muy altos, ya que al no haber transporte público suficiente, las personas no tienen más alternativa que usar el vehículo para transportarse. Otro factor sobre el transporte público que se observó durante los conteos, especialmente en los puntos de la Avenida Carranza y la Carretera San Luis, es que una gran parte de camiones de pasajeros que se contabilizaron durante las sesiones de conteo no eran transporte público, sino que eran transporte de empleados de maquiladoras específicas. Es decir, que si se contabilizan 200 camiones de pasajeros, es posible que alrededor de la mitad fueran transporte de empresa, no transporte público.

Adicionalmente, durante los conteos, las emisiones generadas por los vehículos pesados producían un olor muy desagradable y al final de las sesiones de conteo de 2 horas se tornaba casi insoportable. Varias personas que participaron en los conteos reportaron dolor de cabeza, irritación nasal, ardor de ojos y tos durante las sesiones. Por otro lado, cuando pasaban tráilers pesados, se cimbraba el suelo con una sensación similar a un sismo perceptible y se veía el desprendimiento de áridos, es decir, el desgaste del pavimento por el paso de estos vehículos.

Realizar el conteo de vehículos pesados nos permitió calcular promedios para realizar estimaciones de cuántos vehículos pesados cruzan por estos cuatro puntos de la ciudad en diferentes rangos de tiempo. Como resultado de estas estimaciones basadas en los datos recabados en los conteos, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 2

Estimaciones de vehículos pesados con base en los datos recabados en los conteos por rangos de tiempo

Promedio por rango de tiempo	Combi	Pasajeros	Tráiler ligero	Tráiler pesado	SUMA
Promedio por hora SF	71,625	37,75	90,25	54,5	254,125
Promedio por hora Carranza	30,125	17,375	57,125	74,5	179,125

Promedio por hora Lazaro	70,375	60,25	85,375	62,75	278,75
Promedio por hora 9na	25,125	7,5	46,875	244,125	323,625
Promedio por día SF	1719	906	2166	1308	6099
Promedio por día Carranza	723	417	1371	1788	4299
Promedio por día Lazaro	1689	1446	2049	1506	6690
Promedio por día 9na	603	180	1125	5859	7767
Promedio x semana SF	12033	6342	15162	9156	42693
Promedio x semana Carranza	5061	2919	9597	12516	30093
Promedio x semana Lazaro	11823	10122	14343	10542	46830
Promedio x semana 9na	4221	1260	7875	41013	54369
Promedio x mes SF	52360,74	27596,76	65976,36	39841,68	185775,54
Promedio x mes Carranza	22022,58	12701,82	41760,66	54462,48	130947,54
Promedio x mes Lazaro	51446,94	44045,16	62412,54	45872,76	203777,4
Promedio x mes 9na	18367,38	5482,8	34267,5	178465,14	236582,82
Anual SF	628328,88	331161,12	791716,32	478100,16	2229306,48
Anual Carranza	264270,96	152421,84	501127,92	653549,76	1571370,48
Anual Lazaro	617363,28	528541,92	748950,48	550473,12	2445328,8
Anual 9na	220408,56	65793,6	411210	2141581,68	2838993,84

Fuente: Elaboración propia

En la tabla presentada arriba, se muestran los promedios por cada uno de los cuatro sitios de conteo por tipo de vehículo pesado, así como el total de la sumatoria de los cuatro puntos. Como se puede apreciar el tráiler pesado es el tipo de vehículo pesado que más transita por hora, en dos de los puntos de conteo, y en total. El que menos transita es el camión de pasajeros.

Si desglosamos el tránsito de tráiler pesado por minuto en el punto con mayor densidad de tráfico de este tipo de vehículos, tenemos que cada minuto pasan 4 tráilers pesados en promedio en el cruce de la calle novena y la calzada Cetys, dando un total de 244 por hora.

En ese mismo punto transita un promedio de 7.5 camiones de pasajeros por hora, es decir que pasa un solo camión de pasajeros cada 9 minutos. Además hay que considerar el hecho de que una gran cantidad de camiones de pasajeros no son transporte público, y que por ese cruce pasa más de una ruta. Esto quiere decir que en las rutas de transporte público que pasan por ahí hay personas que tienen que esperar más de media hora por un camión de transporte público. Esto representa una falla muy grave del sistema de movilidad pública en la ciudad.

Otro punto que resalta a la vista de la tabla es la cantidad de tráilers pesados estimados en el cruce de la calle 9na y la calzada Cetys. Este punto tiene el mayor tráfico de estos vehículos, ya que es la ruta principal por donde se llega a la garita comercial para cruzar a Estados Unidos. Esta garita es solo para vehículos comerciales (camiones con carga).

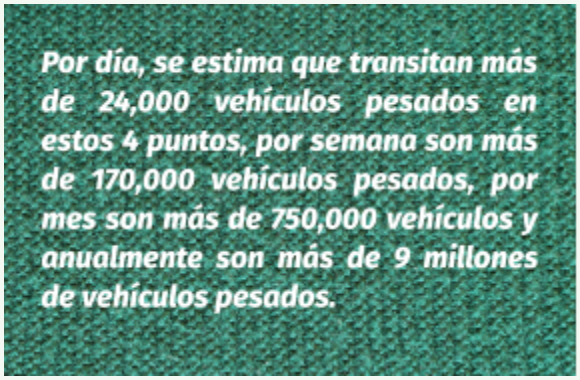
Con base en el promedio calculado con los datos de los conteos, se estima que anualmente cruzan más de 2 millones 140 mil vehículos pesados de este tipo. Esta situación es sumamente alarmante por los impactos de este tipo de vehículos, que como se menciona anteriormente, generan el 30% de las emisiones que provocan el calentamiento climático (CO2), el 52% de PM 2.5, y el 58% de óxidos de nitrógeno (NOx) que genera smog.

Así mismo, mientras más pesa un camión mayores impactos negativos genera tanto en la expulsión de emisiones, como en el impacto en las calles. Más de 2 millones de camiones que generan esos impactos pasan por ese punto en Mexicali cada año y más de 3 millones 800 mil en los cuatro puntos de conteo sumados. Esto es solo una parte de la cantidad de camiones pesados que pasan cada año por las calles de Mexicali y que afectan nuestra salud.

Por otro lado, no hay que perder de vista los otros tres tipos de vehículos pesados registrados. El tipo de vehículo que llamamos “tráiler ligero”, que se refiere a camiones de 4 ejes de llantas o menos, también genera los impactos en generación de emisiones registradas en el párrafo anterior. El punto de conteo con mayor afluencia de estos vehículos es el cruce de la carretera a San Luis con la carretera a San Felipe con casi 800 mil cruces de vehículos de este tipo estimados por año. Esto se debe a que estas dos vialidades son corredores industriales conocidos con una alta concentración de parques industriales con maquiladoras y otras industrias donde cargan y descargan constantemente estos tráilers. Si sumamos las estimaciones anuales de este tipo de vehículos de los cuatro puntos de conteo

tenemos casi 2 millones y medio de cruces anuales.

Aunado a esto, en la siguiente tabla se muestra la suma de promedios de todos los tipos de vehículos pesados en los cuatro puntos de conteo por rangos de tiempo, desde cada hora hasta anualmente. Como se puede apreciar, en promedio transitan más de 1000 vehículos pesados en estos cuatro puntos de conteo en Mexicali. Esto no quiere decir que sea el total de vehículos pesados por hora que transitan en Mexicali, solo son los vehículos pesados que transitan por los cuatro puntos seleccionados. Es decir, que la cantidad real es mucho mayor que 1000 vehículos pesados por hora.



Estas cifras muestran la seriedad del tráfico de vehículos pesados y de sus impactos negativos en la salud de los cachanillas, sobre todo de las personas que viven cerca de uno de los puntos de conteo.

Tabla 3

Suma de promedios por rangos de tiempo de los cuatro puntos de conteo

	Promedio por hora	Promedio por día	Promedio por semana	Promedio por mes	Promedio por año
Cantidad	1035.6	24855	173985	757083.3	9084999.6

Fuente: Elaboración propia

Análisis de emisiones contaminantes monitoreadas

Durante las sesiones de conteo camiones, las y los coordinadores de cada punto de conteo midieron las emisiones contaminantes de aire de PM 2.5, PM 10, y AQI (ICA por sus siglas en español). Es importante especificar que los monitores móviles usados solo registran los datos de las emisiones medidas de cada 10 minutos mientras el monitor esté prendido. Es decir, los datos generados por los monitores no registran los máximos y mínimos de emisiones durante el tiempo que se estuvieron midiendo; solo registran el promedio, el mínimo y el máximo de los datos que arrojaron exactamente cada 10 minutos. Sin embargo, cuando los monitores registraban picos en AQI o PM, las y los coordinadores los registraron por medio de fotografías en algunas sesiones de conteo.

Antes de mostrar el análisis, es necesario mostrar las diferentes categorías y rangos de las emisiones medidas por medio de los monitores móviles usados en los conteos:

Tabla 4

Categorías de diferentes emisiones contaminantes según el riesgo para la salud

Categoría	Bueno	Moderado	Peligroso para grupos sensibles	Peligroso	Muy peligroso	Extremadamente peligroso
México según estándares de NOM 172 para 2026						
ICA	0-50	50-100	100-150	150-200	200-300	300-500
PM 2.5	0-14.9	15-24.9	25-78.9		79-129.9	>130
PM 10	0-44.9	45-49.9	50-131.9		132-212.9	>213
Estados Unidos según estándares de EPA desde 2024						
ICA	0-50	50-100	100-150	150-200	200-300	300-500
PM 2.5	0-9	9.1-35.4	35.5-55.4	55.5-125.4	125.5-225.4	>225.5
PM 10	0-54.9	55-154.9	155-254.9	255-354.9	355-424.9	>425
Unión Europea según estándares de AEMA desde 2017						
ICA	No hay índice unificado, se usa el índice de cada tipo de emisión					
PM 2.5	0-10.9	11-20.9	21-25.9	26-50.9	51-75.9	>76
PM 10	0-20.9	21-40.9	41-50.9	51-100.9	101-150.9	>150

Fuente: Elaboración propia con datos de la Norma Oficial de la Federación (NOM) 172 de México, la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos, y la Agencia Europea de Medio Ambiente

En la tabla presentada hay varios puntos que vale la pena analizar. Como se puede apreciar, los estándares de emisiones contaminantes varían de un país a otro. Es importante aclarar que solo se muestran las emisiones contaminantes que se midieron con los monitores en este estudio y para las cuales se cuentan con rangos y estándares establecidos de medición.

1 En México, los rangos son cinco en vez de seis, ya que para las emisiones específicas, es decir PM 2.5, PM 10, etc., la categoría de "peligroso para grupos sensibles" no existe, así que de la categoría "moderado" se pasa a "peligroso". Se considera que este es un acierto, ya que informa más claramente a la población que si alguna de las partículas contaminantes del aire está en esa tercera categoría, es peligrosa, y la comunidad en general debe tomar medidas para cuidar su salud, como no hacer actividad física al aire libre, entre otras.

2 Los rangos en México son más estrictos que en Estados Unidos. Esta es una medida que México fortaleció desde la reforma a la NOM 172, ya que en 2024 se modificaron los puntajes para cada rango, y se establecieron modificaciones aún más estrictas a los puntajes a partir de 2026. Por ejemplo, si antes la categoría de "Moderado" para PM 2.5 era de 15 a 35, esta se modificó al rango de 15 a 25. Antes de esta modificación a la NOM 172, si un monitor arrojaba 30 microgramos de PM 2.5, esto se consideraba "moderado", después de la modificación a la NOM 172, se considera "peligroso". Esta medida es positiva y significativa, ya que es una medida centrada en la salud de la población, y en la reducción de las emisiones contaminantes. El saber el color o categoría de calidad del aire no solo permite que las personas tengan conciencia de los riesgos para la salud, sino que también permite a los gobiernos locales activar protocolos y/o contingencias ambientales con medidas más estrictas, como se hace en la Ciudad de México. Lamentablemente, en Mexicali no se ejecutan este tipo de contingencias ambientales.

3 Estados Unidos tiene los rangos más laxos y permisivos de emisiones contaminantes en el aire. Esto es el resultado de niveles de contaminación generalizados más altos que en México, así como de darle más importancia al sector empresarial y a medidas económicas que a la salud de las personas.

4 Sin duda, los rangos más estrictos son los de la Unión Europea (UE). En la UE existen décadas de estrategias ambiciosas y valiosas en reducción de emisiones contaminantes, mismas que se ven reflejadas en los rangos que estableció la Agencia Europea del Medio Ambiente en 2017. La UE es la zona que más ha avanzado en la transición energética a tecnologías de cero emisiones, y también cuenta con las regulaciones ambientales más estrictas. Sin embargo, no se puede negar el hecho de que varias empresas europeas tienen plantas y proyectos contaminantes en países del Sur Global, como México. Es importante que los países miembros de la UE también hagan cumplir estándares ambientales a sus empresas en el Sur Global.

Para comenzar con el análisis de los datos recabados por medio de los monitores móviles de calidad del aire usados en las sesiones de conteo, tenemos los máximos registrados en cuanto al Índice de Calidad del Aire (ICA). El puntaje máximo detectado fue de 187, que corresponde a una calidad

del aire **peligrosa**, según los estándares mexicanos.



Figura 7. Fotografía de AQI (ICA) del monitor móvil de calidad del aire, tomada durante la segunda sesión de conteo del punto de Boulevard Carranza esquina con Avenida San Pedro Mezquital. Fuente: Gutiérrez Moreto Cruz, Lorenia, 2026.

En cuanto al máximo puntaje de PM 2.5 registrado, se tiene la cifra de 30.7, también registrada en el mismo punto de conteo (Boulevard Carranza esquina con Avenida San Pedro Mezquital), como se puede observar en el gráfico siguiente. De acuerdo con los estándares mexicanos, este puntaje equivale a una calidad del aire **peligrosa**. Así mismo, se puede apreciar en el gráfico siguiente que en otros dos puntos de conteo se registró un puntaje máximo de casi 30 (29.6 y 29.9), que también caen en el rango de calidad del aire peligrosa.

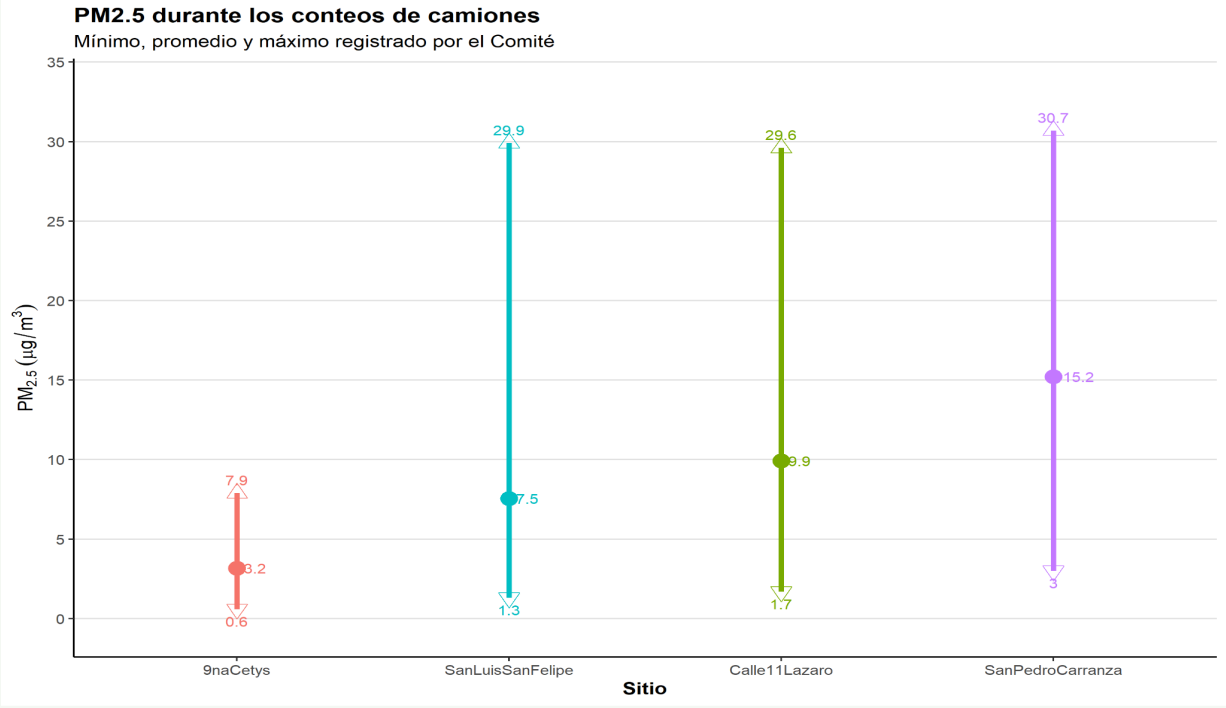


Figura 8. Puntajes mínimos, máximos y promedio de PM 2.5 registrados durante las sesiones de conteo de camiones. Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, el puntaje de PM 10 más alto registrado por los monitores fue de 53.4, en el punto de conteo de la carretera San Luis esquina con la carretera San Felipe, en la primera sesión de conteo. Este puntaje también entra en la categoría de calidad del aire **peligrosa**. Los puntajes más altos de PM 10 de otros dos puntos de conteo también fueron bastante altos (50.5 y 51.6, respectivamente) y también entraron en la categoría de calidad de aire peligrosa.

Adicionalmente, en el siguiente gráfico se aprecian los puntajes máximos, mínimos y promedio de AQI (ICA) registrados por los monitores móviles durante las sesiones de conteo de camiones. Como se mencionó anteriormente, se registraron puntajes máximos más altos durante las sesiones mediante fotografías de la pantalla del monitor, pero no se registran en los datos exportados del monitor, porque solo se guardan los datos registrados cada 10 minutos.

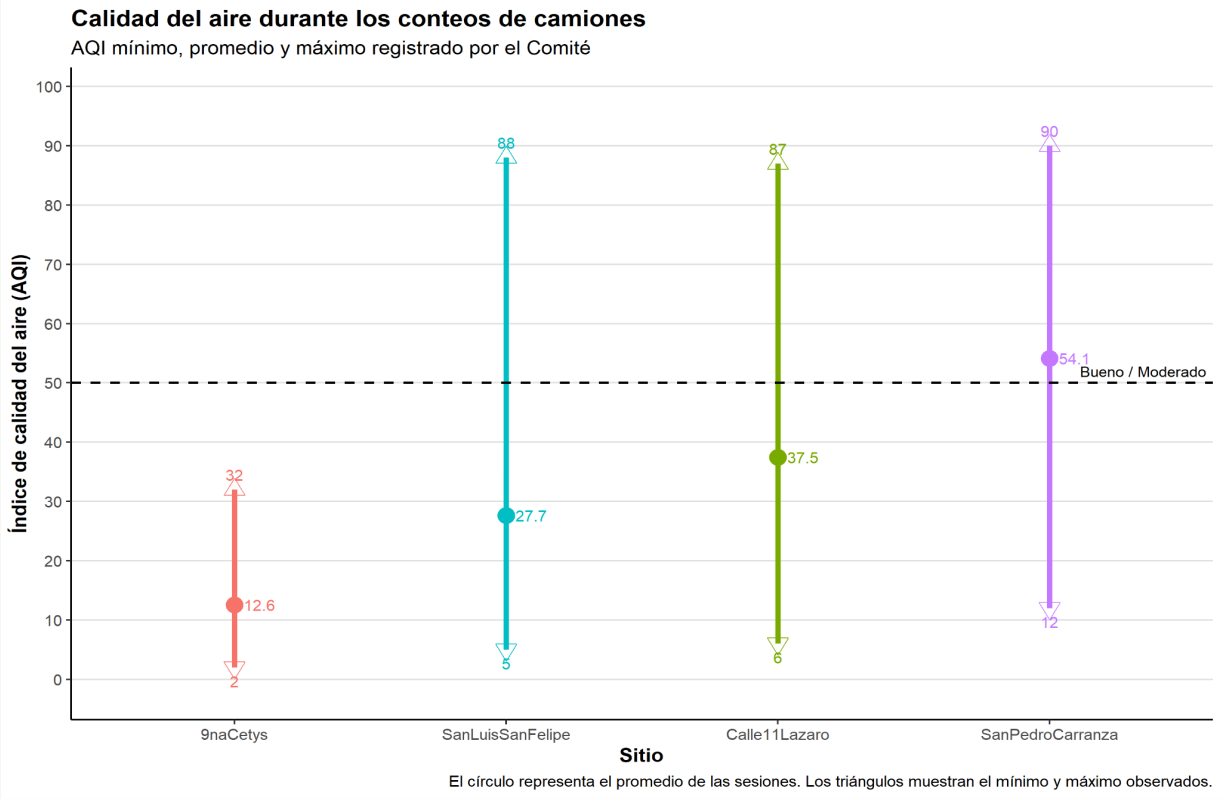


Figura 9. Puntajes mínimos, máximos y promedio de AQI (ICA) registrados durante las sesiones de conteo de camiones. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

En este reporte se han mostrado los resultados del estudio de conteo de camiones (vehículos pesados) en cuatro puntos estratégicos en la ciudad de Mexicali. Por medio del análisis de los datos generados durante las sesiones de conteo, de datos sobre las consecuencias ambientales de los vehículos pesados, así como de los efectos nocivos en la salud de las comunidades afectadas por la contaminación del aire, se ha evidenciado la situación que se vive en Mexicali por el alto tráfico de vehículos pesados. Así mismo, es importante resaltar que este es un estudio exploratorio comunitario, con sus respectivas limitaciones. Específicamente las estimaciones de tráfico de vehículos pesados son basados solamente en los días, horarios, y puntos de conteo medidos. Por otro lado, las mediciones de emisiones tienen limitaciones al ser basadas en monitores portátiles y en lapsos cortos de tiempo. Finalmente, es importante resaltar que los vehículos pesados no son la única fuente de generación de las emisiones contaminantes medidas, aunque sí son uno de los principales causantes. Los datos y recomendaciones generados en este reporte son exploratorios, por lo que es necesario que se realicen más investigaciones para poder tener estimaciones más sólidas.

Las conclusiones principales son las siguientes:

- El tráfico de vehículos pesados en Mexicali es sumamente alto. Tan solo en los cuatro puntos de conteo se estima que más de 1000 vehículos pesados que transitan por hora (suma del estimado de los 4 tipos de vehículos pesados contabilizados), y un estimado de más de 9 millones por año. Esto equivale a casi 9 veces la población actual de Mexicali.
- El tráiler más pesado (5 ejes de ruedas o más) es el vehículo pesado que más transita en los cuatro puntos de conteo. En uno de los puntos de conteo se estima con base en los datos recabados que más de 2 millones de camiones pasan por ese punto cada año y más de 3 millones 800 mil en los cuatro puntos de conteo sumados. Esto es solo una parte de la cantidad de este tipo de camiones pesados que pasan cada año por las calles de Mexicali y que afectan nuestra salud.
- Los vehículos pesados tienen efectos sumamente nocivos para la salud, generando la mayoría de las emisiones de PM 2.5, NOx, y un gran porcentaje de CO2, y otras emisiones contaminantes. Estas emisiones generan enfermedades respiratorias como asma, rinitis, EPOC, cáncer de pulmón, así como enfermedades cardiovasculares y neurológicas, entre otras, que llevan a la disminución tangible de la calidad de vida y a la muerte prematura. El alto nivel de emisiones contaminantes se comprobó durante las sesiones de conteo con los datos arrojados por los monitores móviles de calidad del aire usados, donde el PM 2.5, el PM 10 y el ICA mostraron una calidad del aire considerada peligrosa.
- En Mexicali, los vehículos pesados transitan por vialidades que están

literalmente en zonas residenciales. Las personas que viven alrededor de estos y otros cruces con alto nivel de tráfico sufren más las consecuencias de la contaminación en la salud generada por estos camiones.

- Los camiones contabilizados utilizan combustibles fósiles, es decir, la tecnología de combustible más contaminante existente. Los efectos fueron inmediatos en las personas que participaron en los conteos: irritación de ojos, de garganta, de nariz, dolor de cabeza, etc. Al acumularse la exposición a las emisiones contaminantes se favorecen las enfermedades antes mencionadas. Esta situación es un riesgo grave de salud pública.

Con base en las conclusiones planteadas en este reporte, se presentan las siguientes recomendaciones de legislación y política pública que proponemos para reducir las emisiones contaminantes por vehículos pesados, así como para reducir los efectos nocivos en la salud pública de la comunidad:

Una recomendación principal es que se legisle la Ley Estatal de Responsabilidad Ambiental en Baja California, porque no existe. Esta ley serviría como un eje rector de cumplimiento en cuanto a licencias y permisos de operatividad para los transportes de carga pesado o semipesado en sus diferentes clasificaciones. Las emisiones de vehículos pesados deben cumplir con los límites máximos de las normas oficiales mexicanas, lamentablemente, muchos de ellos no cuentan con el documento o certificado que acredite que cumplen con los límites máximos de contaminación. Cuando se llega a detectar solo son acreedores a multas administrativas. Con la ley propuesta, se armonizarían los reglamentos municipales de protección al ambiente de Mexicali, para prohibir y sancionar la contaminación del aire por fuentes fijas y móviles y la contaminación auditiva en centros de población Por ello es importante que para dar un mayor acceso a la justicia ambiental se cree esta ley; con ella, las personas podrán hacer cumplir sus derechos ambientales ante tribunales ambientales especializados, obligando a empresas contaminantes a la reparación del daño, no solo una multa administrativa pírrica.

Una iniciativa relevante de política pública para disminuir las emisiones causadas por los vehículos pesados es la Regulación de Fuentes Indirectas (RFI). Esta propuesta consiste en establecer una regulación vinculante que establezca la obligación de reducir las emisiones contaminantes por los vehículos pesados que entran y salen de empresas, plantas de producción y demás instalaciones del sector industrial por un porcentaje determinado, por ejemplo, un 30%. Esta propuesta otorga suficiente flexibilidad para que cada empresa escoja uno o varios métodos de los planteados para reducir las emisiones de los vehículos, como reducir la cantidad de camiones de combustibles fósiles y aumentar la cantidad de camiones de cero emisiones (ZE) (eléctricos), establecer infraestructura de carga para camiones ZE, eficientar el sistema logístico para evitar que los camiones permanezcan encendidos por mucho tiempo expulsando emisiones al aire, establecer medidas adicionales en sus procesos e instalaciones para reducir emisiones en general de la empresa, entre otras medidas.

Otra recomendación adicional a las anteriores es establecer rutas de camiones de carga. Estas rutas se tendrían que consultar con la población, de manera que se puedan definir rutas donde los camiones de carga transiten sin afectar tanto a la salud de las personas, es decir, que los camiones no pasen literalmente junto a donde viven las personas. Esto aunque no reduciría las emisiones, prevendría que las personas estuvieran respirando estas emisiones tan cerca de donde viven y reduciría los efectos negativos en salud pública de las emisiones expulsadas por los camiones. Estas rutas se han establecido en varias ciudades de diferentes países del mundo y han funcionado satisfactoriamente para mitigar un poco los efectos nocivos de las emisiones contaminantes del aire por vehículos en la salud de las personas.

Cómo citar este reporte

Márquez Duarte, Fernando David. *Contando la contaminación: Vehículos pesados en Mexicali*. Comité de Justicia Ambiental de la Frontera, Octubre 2026.

REFERENCIAS

American Lung Association. *Nitrogen Dioxide and Community Health*. No. 2. Something in the Air. American Lung Association, 2025. https://www.lung.org/getmedia/21af76e6-b204-4566-837a-d24de122b73c/Something-in-the-Air-Report-nitrogen-dioxide.

Asher, M. Innes, Charlotte E. Rutter, Karen Bissell, et al. "Worldwide Trends in the Burden of Asthma Symptoms in School-Aged Children: Global Asthma Network Phase I Cross-Sectional Study." *The Lancet* 398, no. 10311 (2021): 1569–80.

Baylon, Karla. "Mata cáncer de pulmón a 222 en un año." Mexicali. *El Imparcial* (Mexicali, B.C., México), April 2025. https://www.elimparcial.com/mxl/mexicali/2025/04/04/cancer-de-pulmon-es-la-tercera-causa-de-muerte-entre-tumores-malignos/.

CARB. "CalEnviroScreen 5.0." Mapa interactivo. Version 5.0. July 2026. Arcgis. https://experience.arcgis.com/experience/be03d78c74454429ab1d3fd9266d4400/page/Overall-Results.

CEMDI. "Indicadores de Baja California." Centro Metropolitano de Información Económica y Empresarial, 2026. https://cemdi.org.mx/indicadores.

Climate Trace. "Emmissions Summary." Climate TRACE, 2026. https://climatetrace.org.

Environmental Protection Agency. (2026, June 24). Basic information about NO2. U.S. Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2

Environmental Protection Agency. (2026, May 21). Particulate matter (PM) basics. U.S. Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

Environmental Protection Agency. (2026, April 29). Nitrogen dioxide's impact on indoor air quality. U.S. Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/nitrogen-dioxides-impact-indoor-air-quality

Eurofins. "Qué es el índice de calidad del aire (ICA) y cómo se calcula." Eurofins Environmental Testing. *Eurofins Newsletter*, September 25, 2025. https://www.eurofins-environment.es/es/indice-de-calidad-del-aire/.

Fuller, Richard, Philip J. Landrigan, Kalpana Balakrishnan, et al. "Pollution and Health: A Progress Update." *The Lancet Planetary Health* 6, no. 6 (2022): e535–47.

INEGI. "Ocupación." Government. Programa de Información. Accessed July 27, 2026. https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.html?nc=823.

Lineamientos Para La Obtención y Comunicación Del Índice de Calidad Del Aire y Riesgos a La Salud., NOM 172 NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2023 (2024). https://dof.gob.mx/normasOficiales/9393/semarnat/semarnat.html.

Márquez Duarte, Fernando David. *Driving the Just Transition: Perspectives by Truck Drivers and Community Members on the Trucking Just Transition*. People's Collective for Environmental Justice, 2026. https://pc4ej.org/reports/.

Martínez, Yerson. "La movilidad, principal causa dela contaminación al aire: Redspira." Local. *La Voz de la Frontera* (Mexicali, B.C., México), November 27, 2025. https://oem.com.mx/lavozdelafrontera/local/la-movilidad-principal-causa-dela-contaminacion-al-aire-redspira-27005027.

Pérez, I. (2020, 25 de mayo). El origen de la inversión térmica y su relación con la contaminación del aire. Ciencia UNAM. https://ciencia.unam.mx/leer/1000/el-origen-de-la-inversion-termica-y-su-relacion-con-la-contaminacion-del-aire

RadarBC. "Justifica secretaria de Medio Ambiente mala calidad del aire en Mexicali." RadarBC, Mexicali, B.C., México, November 26, 2025. https://radarbc.com/general/justifica-secretaria-de-medio-ambiente-mala-calidad-del-aire-en-mexicali/.

SB-372 Medium- and Heavy-Duty Fleet Purchasing Assistance Program: Zero-Emission Vehicles, SB-372, California Senate, Senate Bill (2021). https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=202120220SB372.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018, 5 de julio). Cuencas atmosféricas que integran la Megalópolis. Gobierno de México. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/cuencas-atmosfericas-que-integran-la-megalopolis-162830

Strachan, David P., Charlotte E. Rutter, Monica Innes Asher, et al. "Worldwide Time Trends in Prevalence of Symptoms of Rhinoconjunctivitis in Children: Global Asthma Network Phase I." *Pediatric Allergy and Immunology* 33, no. 1 (2022): e13656. https://doi.org/10.1111/pai.13656.

Takamura, T. (2009). Chemistry, electrochemistry, and electrochemical applications | Carbon. En J. Garche (Ed.), Encyclopedia of electrochemical power sources (pp. 77–89). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-044452745-5.00836-4.

Torres, Ivette, Anthony Victoria, and Dan Klooster. *Warehouses, Pollution, and Social Disparities: An Analytical View of the Logistics Industry's Impacts on Environmental Justice Communities across Southern California*. Working Paper No. 6. University of Redlands, 2021. https://earthjustice.org/sites/default/files/files/warehouse_research_report_4.15.2021.pdf.

US Environmental Protection Agency. "Final Reconsideration of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter (PM)." Particulate Matter (PM) Pollution. January 24, 2024. https://www.epa.gov/pm-pollution/final-reconsideration-national-ambient-air-quality-standards-particulate-matter-pm.

Villa, Eduardo. "Mexicali, ciudad contaminada los 12 meses del año: Redspira." Reportajez. *Semanario ZETA*, November 27, 2025.

https://zetatijuana.com/2025/11/470111/.

Wilson, Sam. *Ready for Work 2: On the Road to Clean Trucks*. Union of Concerned Scientists, 2025. https://doi.org/10.47923/2025.15779.