

EMISIONES DE MOTORES MOSQUITO Y SUS IMPACTOS

DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA



Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

Noviembre 2023
—N°32

EMISIONES DE MOTORES MOSQUITO Y SUS IMPACTOS

© Centro de Desarrollo Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

Ricardo Hurtubia ^{abc}

Wolfram Jahn ^d

Joaquín Sánchez ^d

^a Escuela de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile

^b Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile

^c Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)

^d Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica, Pontificia Universidad Católica de Chile

Cómo citar este documento:

Hurtubia, R., Jahn, W., Sánchez, J., (2023). *Emisiones de motores mosquito y sus impactos*. Documento para Política Pública N°32. Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Santiago. <https://doi.org/10.7764/cedeus.dpp.32>



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)
Primera edición
Noviembre 2023 / N°32

EMISIONES DE MOTORES MOSQUITO Y SUS IMPACTOS

DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA



CEDEUS

Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

PUNTOS CENTRALES

Los motores mosquito, generalmente instalados en bicicletas, son cada vez más numerosos en nuestras ciudades por ser una alternativa de movilidad de muy bajo costo y muy conveniente para quienes trabajan haciendo reparto a domicilio de comida o paquetes pequeños. Estos motores son, además, contaminantes y ruidosos, pero hasta el momento hay poca información respecto a qué tan contaminantes son, comparados con otros vehículos relativamente similares. Esto facilita la desinformación de quienes compran o utilizan estos motores y del público en general, dificultando además la labor fiscalizadora y la implementación de programas para el recambio tecnológico.

En este documento se reportan mediciones de emisiones realizadas a 11 motos mosquitos activas en la ciudad de Santiago. Se miden distintos tipos de gases, pero se destaca que las **emisiones de Hidrocarburos no quemados —compuestos cancerígenos que dañan el sistema respiratorio y nervioso— son en promedio 22 veces superiores a lo permitido por norma para vehículos livianos y 200 veces mayores que lo emitido por un automóvil pequeño.**

Si bien estos motores ya son fiscalizados y retirados de las calles, se sugiere intensificar el esfuerzo fiscalizador, tanto en las calles como en su importación y comercialización. Se sugiere también potenciar programas que permitan la sustitución de este tipo de motores por alternativas eléctricas, como son las bicicletas con pedaleo asistido eléctricamente.



Repartidores en bicicletas con motor mosquito. Fotografía: Ricardo Hurtubia.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del comercio electrónico y de la industria del *delivery* ha implicado, entre otros fenómenos, un aumento importante en el número de viajes realizados para entregar comida y/o productos relativamente pequeños. Estos viajes son generalmente realizados en vehículos livianos de dos ruedas, como motocicletas o bicicletas.

Que estos viajes se realicen en vehículos de menor tamaño es algo —en principio— positivo desde una perspectiva urbana, dado que contribuyen menos a la congestión vehicular y requieren de menos espacio para estacionarse. Sin embargo, cuando estos vehículos tienen motores a combustión, sus emisiones de ruido y gases contaminantes son importantes. Si bien las emisiones de motocicletas se han medido y están bien documentadas en la literatura científica (ver por ejemplo Chen et al., 2003), así como normadas por ley en Chile (Decreto 32, Ministerio del Medio Ambiente¹), no hay información respecto a las emisiones de los motores mosquito, comúnmente instalados en bicicletas y frecuentemente utilizados por repartidores.

Estos motores, de combustión interna de dos tiempos y generalmente con cilindradas entre los 50 y 80cc, no poseen convertidor catalítico y utilizan como combustible una mezcla de gasolina y aceite, lo que los vuelve altamente contaminantes. Sin embargo, no

hay claridad respecto a la magnitud de sus emisiones, lo que tiene al menos tres consecuencias:

- Sus usuarios (actuales y potenciales) no conocen con claridad la cantidad de elementos tóxicos a los que se encuentran expuestos.
- La opinión pública no tiene una opinión bien formada respecto a su conveniencia en comparación con vehículos de dos ruedas homologados (motocicletas) o alternativas más sostenibles como bicicletas con pedaleo asistido eléctricamente.
- En relación con lo anterior, si bien la autoridad puede fiscalizar y requisar estos vehículos por no estar homologados, la falta de datos dificulta justificar una acción fiscalizadora más intensa y el financiamiento de iniciativas para reemplazar estos motores.

El presente documento apunta a llenar este vacío, reportando los resultados de mediciones de emisiones de gas y ruido realizadas para una muestra de motores mosquito, utilizadas en la práctica para hacer reparto en la ciudad de Santiago.

MOTORES MOSQUITO: BAJOS COSTOS PRIVADOS, ALTOS COSTOS SOCIALES

Los motores mosquito existen desde la década de 1950² y se han visto en calles chilenas, instalados en

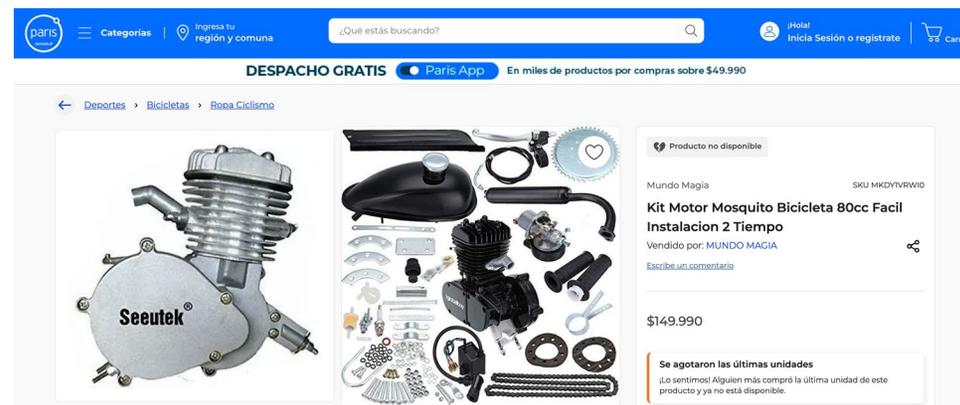


Figura 1: Kit de instalación de motor mosquito a la venta en Paris.cl (<https://www.paris.cl/> accedido el 30/10/2023)

bicicletas, desde aproximadamente la misma época aunque (hasta hace poco) en muy bajas cantidades, a pesar de intentos de legislar a favor de ellos³. Los motos mosquito (o bicicletas mosquito) se han masificado en los últimos años, al ser una solución altamente conveniente y de bajo costo para los trabajadores de la industria del *delivery*. Ofrecen una autonomía relativamente alta (de entre 40 y 50 kilómetros por litro, con estanques de 2 o 3 litros) y una potencia máxima de entre 1000W (en su versión de 50cc) a 2500W (en versión 100cc). Debido al ciclo de dos tiempos, son relativamente pequeños para una cierta potencia dada. A pesar de no estar homologados, los kits de instalación de motores mosquito se pueden adquirir a través del comercio formal (Fig 1) a un costo significativamente menor que el del kit de motor eléctrico para bicicleta más económico (que ofrece menor autonomía y potencia).

Los motores mosquito (y en general los motores de dos tiempos) son fuentes de emisiones contaminantes que se asocian a importantes problemas de salud en las zonas urbanas donde su uso es intenso, como por ejemplo ciudades del sudeste asiático (Potera, 2004). Sus emisiones pueden ser varias veces superiores a las de un motor de cuatro tiempos de cilindrada equivalente (Kojima et al., 2000).

Más allá de la emisión de gases y ruido, los motores mosquito son fuente de riesgo para otros actores viales, debido a las altas velocidades que alcanzan y la habitual mala calidad de los frenos de las bicicletas en que se instalan. Lo anterior se ve exacerbado por la

frecuente presencia de motos mosquito en ciclovías e incluso veredas, lo que en parte se explica por el hecho de que sus usuarios suelen pensar que estos vehículos son bicicletas y, en consecuencia, que se rigen por las normas aplicadas a ciclos (Hurtubia et al., 2021).

MEDICIÓN DE EMISIONES DE MOTORES MOSQUITO

Se contactó a repartidores con motos mosquito en las calles y lugares donde se reúnen a esperar pedidos y se les invitó a participar de una medición, a realizarse en dependencias del Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica, en el Campus San Joaquín de la Universidad Católica. Se ofreció un incentivo económico para motivar la participación. Aproximadamente 30 repartidores confirmaron su participación, pero solo 14 se presentaron el día de la medición.

La medición se realizó instalando a cada moto mosquito en un rodillo, ofreciendo una resistencia al ruedo similar a la que enfrentaría al avanzar en un plano sin pendiente. En cada medición se instaló un medidor de velocidad y distancia en la rueda trasera y se solicitó al participante encender el motor y acelerar hasta alcanzar una velocidad específica. Una vez lograda la velocidad deseada, se acercó el instrumento de medición al escape del motor y se midió por el tiempo que tomó el recorrer una distancia de 400 metros, a velocidad constante. Cada moto fue medida en dos velocidades: 25 y 40 km/h, lo que implicó mediciones de aproximadamente 58 y 36 segundos, respectivamente. Las mediciones

¹ <https://bcn.cl/3dghx>

² https://es.wikipedia.org/wiki/Mosquito_Garelli

³ <https://www.camara.cl/legislacion/ProyectosDeLey/tramitacion.aspx?prmlD=5102&prmlBL=4720-15>

fueron realizadas con un analizador de gases Bosch ETT008.55, facilitado por el Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica UC, que registra emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂). Se realizaron también mediciones con un analizador de gases 3DATX MiniPEMS, facilitado por la empresa Purexhaust⁴, que además de los gases ya mencionados mide óxidos de nitrógeno (NOx).

Adicionalmente, personal del Ministerio de Medio ambiente realizó una medición de ruido, utilizando un sonómetro Cirrus CR:162C.



Figura 2: medición para una de las motos participantes

RESULTADOS

Un total de 22 mediciones de gases fueron realizadas de forma correcta (11 motos, a dos velocidades cada una) y consideradas para los resultados que se presentan a continuación:

Las emisiones promedio de CO₂ resultaron ser de 2.1% (25 km/h) y 2.9% (40 km/h), lo que es significativamente menor a las emisiones comúnmente observadas en automóviles con convertidor catalítico (entre 10% y 12%). Similarmente, las emisiones medidas de NOx fueron de 60 ppm (25 km/h) y 115 ppm (40km/h), lo que está debajo del máximo estipulado por norma para vehículos livianos (2158 ppm para 25 km/h y 2008 ppm para 40 km/h, según el Decreto 149 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones⁵). Un detalle de estas mediciones se presenta en la Figura 3.

Las emisiones promedio de CO resultaron ser de 2.2% (25 km/h) y 3.7% (40 km/h), lo que es superior al máximo permitido para vehículos livianos (1.56% y 1.74% para 25 y 40 km/h, respectivamente). En otras palabras, **el CO registrado en promedio puede ser el doble del máximo permitido**. Un detalle de las mediciones se presenta en la Figura 4. Si bien 3 participantes (4, 7 y 8) mostraron valores ajustados a la norma, este resultado es indicador de lo variable que resultan las emisiones en función de factores difíciles de controlar, como la mezcla utilizada como combustible y el nivel de mantenimiento del motor.

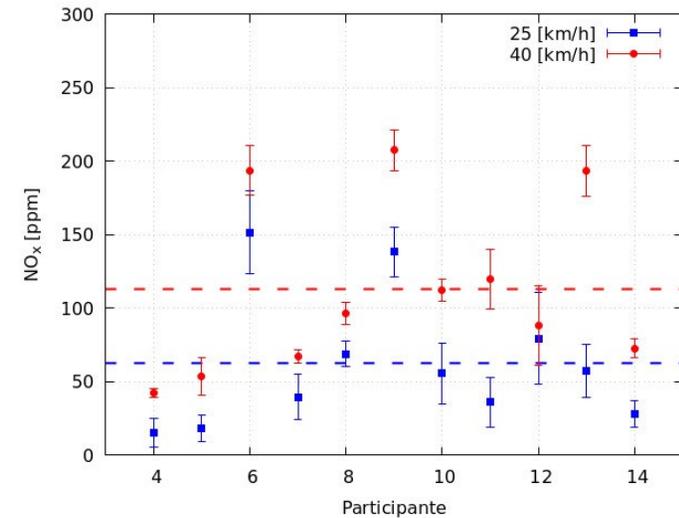
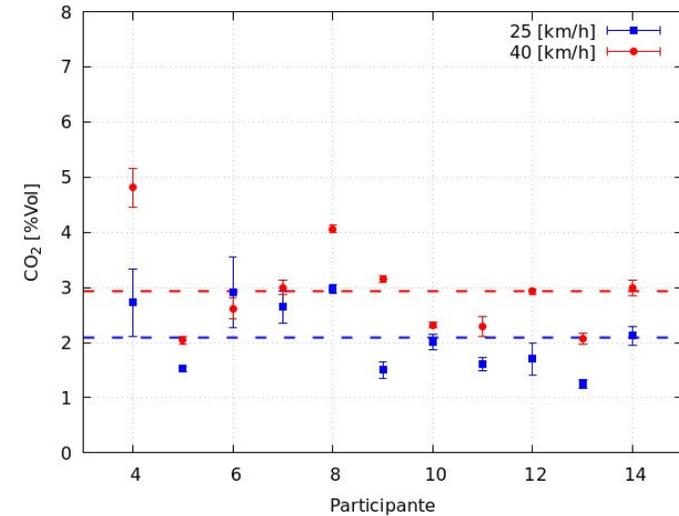


Figura 3: detalle de las mediciones por participante para CO₂ y NO_x, las líneas punteadas horizontales indican los valores promedio para cada velocidad.

⁴ <https://purexhaust.com/>

⁵ <https://bcn.cl/2x63l>

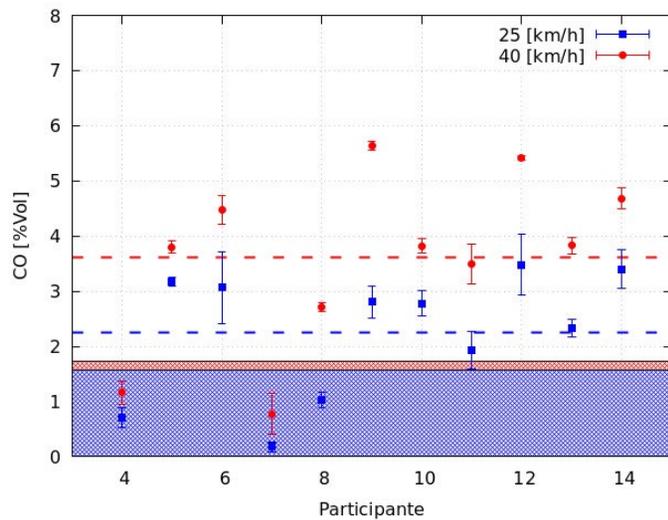


Figura 4: detalle de las mediciones por participante para CO. Las líneas punteadas horizontales indican los valores promedio para cada velocidad. Las zonas achuradas indican los valores permitidos por norma (Decreto 149) para 25 km/h (azul) y 40 km/h (rojo).

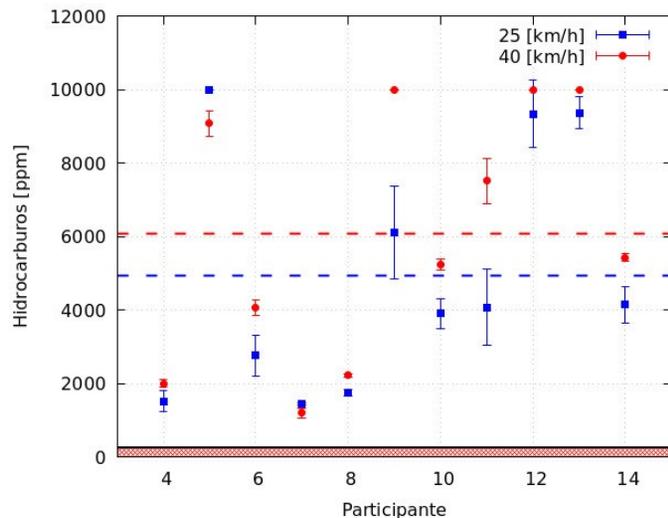


Figura 5: detalle de las mediciones por participante para HC, las líneas punteadas horizontales indican los valores promedio para cada velocidad. Las zonas achuradas indican los valores permitidos por norma (Decreto 149).

Las emisiones promedio de HC fueron de 5000 ppm (25 km/h) y 6100 ppm (40 km/h). Estos valores están muy por encima del máximo permitido por norma (276 y 278 ppm, respectivamente). En otras palabras, **en promedio los HC registrados son hasta 22 veces superiores al máximo permitido, con algunas mediciones siendo 36 veces superiores al máximo**. Un detalle de las mediciones se presenta en la figura 5. Es importante mencionar que varias mediciones superaron el máximo medible por el equipo utilizado (10000 ppm), las que generalmente iban acompañadas de humo azul (ver Figura 6). Esto indica que es posible que las mediciones realizadas subestimen las emisiones de HC.

Los resultados anteriores pueden ser fácilmente comparados con la norma para vehículos livianos (autos, camionetas o station wagon) dado que ésta define umbrales en las mismas unidades utilizadas para medir (ppm y porcentaje). La normativa para motocicletas (Decreto 32, Ministerio del Medio Ambiente) establece máximos en gramos por kilómetro, con 2 g/km para el CO y 0.8 g/km para HC. Asumiendo una concentración de 6000 ppm de HC y de 3,7% para el CO, se puede hacer una estimación en gramos por kilómetro para las emisiones registradas en las mediciones realizadas, obteniendo en promedio 5 g/km de CO y 4 g/km de HC, lo que es 2.5 y 5 veces el máximo permitido, respectivamente. A modo de comparación, un auto pequeño con un motor de 1000 cc (Suzuki S-Presso), emite 0.22 g/km de CO y 0.02 g/km de HC⁶. Es decir,

los motores mosquito, en promedio, emiten sobre 20 veces más CO y hasta 200 veces más HC que un automóvil pequeño.

Si bien las mediciones son realizadas sobre una muestra pequeña, los resultados obtenidos son coherentes con mediciones realizadas en condiciones de laboratorio para motores similares (Nasir et al., 2023). El hecho de que la muestra provenga de motos mosquito utilizadas en la práctica permite además observar la heterogeneidad en las mediciones y confirmar la relevancia de factores difíciles de controlar, como la mezcla que se utiliza por combustible.

Respecto al ruido, personal de la División de Calidad del Aire del Ministerio del Medio Ambiente realizó mediciones en 7 instancias, a 7.5 metros de distancia, registrando un ruido promedio de 79 decibeles y un máximo de 84 decibeles, lo que supera el máximo de 75 decibeles estipulado para motocicletas de menos de 80 cc en el Decreto 7 del Ministerio de Medio Ambiente⁷. Dado que la escala de los decibeles no es lineal, este resultado se puede interpretar como que **una moto mosquito puede generar hasta 2.5 veces más ruido que un camión mediano de 3.5 toneladas (80 dB)**⁸.

⁶ [http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/3cv-Web%20Vehiculos%20Livianos%20y%20Medianos%20Homologados\(2\).xls](http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/3cv-Web%20Vehiculos%20Livianos%20y%20Medianos%20Homologados(2).xls)

⁷ <https://bcn.cl/2n2a8>

⁸ Una diferencia de 4 dB responde a una diferencia de potencia de $P_1/P_2=2.5$, según la fórmula $dB=10\log(P_1/P_2)$



Figura 6: medición de una moto con altas emisiones de HC. Se observa el humo azul y un registro cercano al máximo posible en el equipo (cifra en la esquina superior izquierda).

EFFECTOS EN LA SALUD DE HIDROCARBUROS Y MONÓXIDO DE CARBONO

La exposición a hidrocarburos (HC) se asocia a un aumento importante en el riesgo de contraer cáncer al pulmón (Kim et al., 2013) y puede causar daños a los sistemas respiratorio, cardiovascular, nervioso y gastrointestinal (Tormoehlen et al., 2014). El Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de EEUU (CDC) estipula que una exposición a más de 500 ppm de HC en el lugar de trabajo es peligrosa⁹. Las mediciones realizadas para algunas motos presentan valores 20 veces superiores este umbral, lo que indica el alto riesgo al que se exponen los usuarios de estos motores, así como otros actores viales que respiran las emisiones de sus tubos de escape (como peatones y, especialmente, ciclistas compartiendo ciclovías con motos mosquito).

Si bien la exposición a monóxido de carbono (CO) en ambientes abiertos no causa daños de largo plazo, inhalarlo puede causar malestares como dolores de cabeza, náuseas, mareos y dificultad para respirar. No se midieron otros contaminantes de alto impacto en la salud humana, como por ejemplo material particulado, pero está bien documentado en la literatura que los motores de dos tiempos emiten hasta 10 veces más material particulado que motores de dos tiempos de cilindrada similar (Kojima et al., 2000).

ESTADO ACTUAL DE LA POLÍTICA PÚBLICA Y RECOMENDACIONES

Actualmente, por no estar homologados, los motores mosquito no pueden circular por las calles. Sin embargo, su uso se ha masificado y la desinformación respecto a su ilegalidad hace que muchos repartidores los compren asumiendo que, por ser instalados en una bicicleta, pueden beneficiarse de la infraestructura para ciclos. Si bien se han implementado compañías de fiscalización, estas motos se siguen observando en las calles y ciclovías de ciudades chilenas. Sin embargo, tampoco es completamente deseable requisar de manera absoluta e inmediata al 100% de las motos mosquitos pues, más

allá de las externalidades negativas, son la herramienta de trabajo de un número importante de trabajadores que prestan un servicio valioso.

Actualmente se están desarrollando programas piloto¹⁰ que ofrecen a repartidores con motos mosquito el reemplazar su motor por un kit eléctrico (pedaleo electroasistido). Sin embargo, estas iniciativas aún son todavía incipientes y su financiamiento a mayor escala no está asegurado. Los antecedentes presentados en este estudio deberían contribuir a justificar una mayor inversión en este tipo de programa. Reportes preliminares indican que los repartidores en bicicletas eléctrica recorren aproximadamente 1500 km al mes, o 75 km diarios (asumiendo 20 días de trabajo), lo que está dentro del rango de autonomía de una carga de batería. Sin embargo, es posible que esta distancia sea menor a lo que el mismo repartidor realizaría de utilizar un vehículo con motor a combustión y mayor autonomía. Se necesita levantar más información al respecto, para determinar si es necesario proveer de facilidades para carga y/o reemplazo de baterías que vuelvan atractivo el reemplazo de motos mosquito por bicicletas con pedaleo asistido eléctricamente. Si bien estimaciones preliminares indican que un 60% de los repartidores que utilizan motos mosquito estarían dispuestos a utilizar bicicletas con pedaleo asistido eléctricamente (Hurtubia et al., 2021), es necesario entender mejor cuáles son las barreras que desincentivan esta transición.

Finalmente, llama la atención la facilidad con la que se importan y venden estos motores, a pesar de no estar homologados. Además de la fiscalización en calles, es necesaria una coordinación con agencias estatales clave, como por ejemplo Aduanas y el Servicio de Impuestos Internos, para que se fiscalice mejor la internación y comercialización de este tipo de motores.

⁹ <https://www.cdc.gov/TSP/PHS/PHS.aspx?phs=422&toxid=75>

¹⁰ "Mi Bici Eléctrica Delivery" de la Agencia de Sostenibilidad Energética <https://www.agenciase.org/concurso-para-seleccion-de-beneficiarias-os-para-piloto-de-reemplazo-de-bicicletas-contaminantes-por-bicicletas-electricas-en-el-segumento-delivery/>

REFERENCIAS

- Chen, K. S., Wang, W. C., Chen, H. M., Lin, C. F., Hsu, H. C., Kao, J. H., & Hu, M. T. (2003).** *Motorcycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions.* *Science of the total Environment*, 312(1-3), 113-122.
- Hurtubia R., Muñoz J. C., Tironi, M., Tiznado-Aitken I. y Yaksic M. (2021).** *La industria del delivery y sus impactos urbanos: desafíos y oportunidades.* En: Centro de Políticas Públicas UC (ed.), *Propuestas para Chile. Concurso de Políticas Públicas 2021.* Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 17-45. (ISBN: 978-956-14-2396-9) <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/publicacion/propuestas-para-chile-2021/>
- Kim, K. H., Jahan, S. A., Kabir, E., & Brown, R. J. (2013).** *A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects.* *Environment international*, 60, 71-80.
- Kojima, M., Brandon, C., & Shah, J. (2000).** *Improving urban air quality in South Asia by reducing emissions from two-stroke engine vehicles (No. 21911).* Washington, DC: World Bank.
- Nasir, L. M., Ogbeide-Igiebor, V., & Ozigis, I. I. (2023).** *Emission Characterization of Petrol, Ethanol and Spent Engine Oil Blends for Two-Stroke Spark Ignition Engine.* *ABUAD Journal of Engineering Research and Development*, 6(2), 39-49.
- Potera, C. (2004).** *Air pollution: Asia's two-stroke engine dilemma.* <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.112-a613a>
- Tormoehlen, L. M., Tekulve, K. J., & Nañagas, K. A. (2014).** *Hydrocarbon toxicity: A review.* *Clinical Toxicology*, 52(5), 479-489.



DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA