

Políticas para reducir contaminación y congestión en áreas urbanas: ¿peajes urbanos o zonas de bajas emisiones?

EsadeEcPol Brief #8 Abril 2021

AUTORES

Valeria Bernardo

Escola Superior de Ciències
Socials i de l'Empresa,
Tecnocampus, Universitat
Pompeu Fabra

Xavier Fageda

Departamento de Econometría,
Estadística y Economía
Aplicada & GIM-IREA,
Universitat de Barcelona

Ricardo Flores-Fillol

Serra Hünter Fellow.
Departament d'Economia y
ECO-SOS, Universitat Rovira
i Virgili

RESUMEN EJECUTIVO

El gran peso que tiene el coche como medio de movilidad en grandes ciudades genera importantes **externalidades negativas en términos de contaminación (local) y congestión**. Nuestro análisis basado en una muestra de 130 grandes ciudades de 19 países de la Unión Europea y Reino Unido revela los siguientes resultados.

1. Los **valores medios de contaminación** en la mayoría de las ciudades **exceden el umbral fijado por la Organización Mundial de la Salud** a partir del cual se ha encontrado una asociación clara entre la exposición prolongada y enfermedades cardiopulmonares. En **España, todas las ciudades excepto Bilbao, Valladolid y Zaragoza superan dicho umbral**.
2. Respecto a la congestión en ciudades españolas, se estima que el **tiempo extra dedicado a los desplazamientos tiene un coste de 840 millones para las empresas españolas**, destacando **Barcelona y Madrid** que soportarían pérdidas por importe de hasta **175,5 y 187,5 millones de euros**, respectivamente.

Estas externalidades se intentan resolver principalmente a través de la aplicación de dos tipos de medidas: los **peajes urbanos** requeridos en el acceso al centro de las ciudades durante horas punta; y las **zonas de bajas emisiones (ZBEs)** que prohíben la entrada de los vehículos más contaminantes, como las que se establecen de manera obligatoria en la nueva **Ley del Cambio Climático para todas las ciudades españolas de más de 50.000 habitantes, y para aquellas de 20.000 que muestren una insuficiente calidad del aire**.

En este estudio encontramos que **los peajes urbanos son más efectivos que las ZBEs**. La razón es que los peajes son efectivos en la mitigación simultánea de contaminación y polución, mientras que las ZBEs constituyen un instrumento efectivo para reducir la contaminación pero no la congestión.

En cuanto a la efectividad de las ZBEs, este estudio concluye lo siguiente.

- En **reducción de la contaminación**: En 5 ciudades se constata un peor comportamiento respecto a las ciudades de control, aunque siempre con diferencias menores al 10%. En cambio, **16 ciudades muestran un mejor comportamiento** que las ciudades de control.

Línea de investigación:

Transición Verde

Dirigida por
Marta Suárez-Varela

- En **reducción de la congestión**: la implementación de ZBEs ha implicado una reducción de la congestión en comparación con las ciudades de control (ciudades sin ZBEs) solo en 11 ciudades. En cambio, **25 ciudades muestran un comportamiento incluso peor** que las ciudades de control. En Madrid, donde la ZBE se aplica a una zona muy pequeña de la ciudad, observamos que la congestión incluso aumenta ligeramente (en un 2%).

En cambio, en cuanto a la efectividad de los peajes urbanos, hay **evidencia clara sobre la efectividad de los peajes urbanos en la reducción** del tráfico de vehículos y, por tanto, **de la congestión y contaminación** asociadas a dicho tráfico. Es decir, a diferencia de las ZBEs, los peajes también son una medida efectiva en cuanto a reducción de la congestión, que es del 29% en Gotemburgo y del 19% en Palermo.

Todo ello **contrasta con la creciente aplicación de ZBEs y la esporádica aplicación** de peajes urbanos en Europa, tendencia reforzada en España con la mencionada **obligatoriedad establecida en la nueva Ley de Cambio Climático de adoptar** ZBEs en todas las ciudades españolas de más de 50.000 habitantes, y en las de más de 20.000 habitantes que muestren problemas de contaminación.

El éxito de las ZBEs se explica por su mayor popularidad entre la ciudadanía (siendo los peajes mucho más impopulares). Esta diferencia en cuanto a aceptabilidad por parte de la población se puede explicar a partir de los siguientes motivos.

1. Existe una percepción general de que *i)* la contaminación es una externalidad más severa, y que *ii)* las ZBEs son más efectivas en la reducción de la contaminación.¹
2. Las ZBEs solo prohíben cierta categoría de vehículos (los más contaminantes), por lo que acaban afectando a un número limitado de conductores. En cambio, los peajes afectan a todos los vehículos. Consecuentemente, es fácil mejorar la aceptabilidad de las ZBEs promoviendo estándares laxos que afecten a pocos conductores.
3. A diferencia de los peajes urbanos, las ZBEs no suelen ir acompañadas de inversiones en transporte público. Por tanto, el coste que tienen que afrontar los ayuntamientos en su aplicación es relativamente bajo.
4. Las ZBEs incentivan la renovación de la flota automovilística en la medida en que generan incentivos en los propietarios de coches antiguos y contaminantes a su reemplazo por otros más eficientes y menos contaminantes. Por tanto, estas medidas se encuentran alineadas con los intereses corporativos de la industria automovilística, cuya influencia en la opinión pública y en las decisiones políticas es considerable.
5. Las ZBEs se aplican en ciudades relativamente ricas en las que hay una mayor proporción de conductores que disponen de coches relativamente limpios, quienes se benefician netamente de la reducción de tráfico y de contaminación asociada a las nuevas restricciones.

Para incrementar la aceptación de los peajes urbanos, proponemos dos posibles estrategias.

1. Establecer periodos de prueba (como los observados en Estocolmo y Milán) que ayudan a disipar la incertidumbre. Estudios anteriores han concluido que los conductores tienden a subestimar los efectos positivos de los peajes, algo que contribuye a explicar el reducido número de experiencias exitosas en la implementación de peajes urbanos, junto con la resistencia e intentos fallidos en numerosas ciudades. Un periodo de prueba contribuye a mostrar los verdaderos beneficios de los peajes y aumenta considerablemente su popularidad una vez que los ciudadanos experimentan directamente su efecto.
2. Combinar, en lugar de oponer, peajes urbanos y ZBEs. De esta manera las autoridades competentes obtienen un mayor margen de maniobra puesto que, en caso de mayor severidad de las externalidades, pueden modificar el estándar de emisiones de la ZBE o incrementar el importe del peaje (siendo el segundo instrumento claramente más impopular que el primero).

1 La OMS advierte que el 92% de la población vive en lugares con una calidad del aire nociva (datos de 2014) y que la contaminación del aire en todo el mundo causa alrededor de 3 millones de muertes prematuras cada año (estimación de 2012). Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, más de 30.000 personas mueren anualmente en España a causa de la contaminación. La mejora de la calidad del aire es el principal objetivo de las directivas 1999/30/CE y 2008/50/CE. Ante dicha normativa, los países de la UE han optado claramente por la implementación de ZBEs (en el caso español, a través de la Ley del Cambio Climático).

El gran peso que tiene el coche como medio de movilidad en grandes ciudades genera importantes externalidades negativas en términos de contaminación (local) y congestión.

En particular, **el problema de la congestión viaria en núcleos urbanos se explica porque la oferta de infraestructuras es incapaz de absorber la demanda**, sobre todo a primera hora de la mañana y a última hora de la tarde, que es cuando existe la mayor necesidad de desplazamientos. La coexistencia de una oferta fija y de una demanda muy variable (caracterizada por horas punta y valle) conlleva un dilema importante: si la oferta es la adecuada para atender la demanda en las horas punta, habrá exceso de capacidad en los períodos valle; en cambio, si la oferta es la adecuada para atender la demanda en horas valle, habrá exceso de demanda en los períodos punta. El segundo escenario es el más habitual en las grandes ciudades.

La congestión de las infraestructuras se traduce en grandes atascos que representan problemas tanto para los ocupantes de los vehículos como para los habitantes de las ciudades que encuentran sus calles bloqueadas por un **número excesivo de vehículos que producen ruido y contaminación**. **Las pérdidas son múltiples en términos económicos, de tiempo perdido y de salud pública**. La relación entre congestión y contaminación es clara, pues el uso de marchas cortas a velocidades reducidas tiene un efecto notable en la emisión de sustancias contaminantes (Barth y Boriboonsomsin, 2008; Beaudoin *et al.*, 2015, and Parry *et al.*, 2007). De hecho, las emisiones contaminantes (en gran medida generadas por el tráfico) son la causa principal de la muerte de 3,3 millones de personas al año en el mundo, más que el SIDA, la malaria y la gripe juntas (Lelieveld *et al.*, 2015). Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, **las muertes anuales en España por contaminación atmosférica son 31.520.**²

Ante un problema de este tipo en el que la demanda supera con creces a la oferta en determinados períodos, la solución pasa por *i)* mejorar la oferta de accesos a las ciudades, lo cual suele ser muy caro y complicado en las grandes urbes que ya disponen de infraestructuras maduras (además, esta política puede tener el efecto opuesto al deseado en términos de congestión si la mejora de la oferta se ve correspondida con un aumento de la demanda como respuesta a la reducción del coste generalizado del viaje),³ *ii)* promover el transporte público, con la dificultad de que metros, trenes ligeros o trenes de cercanías no suelen estar en manos de los ayuntamientos, o *iii)* limitar la demanda, que suele ser lo más sencillo y efectivo.

2 Información aquí: <https://www.elperiodico.com/es/medio-ambiente/20171011/la-contaminacion-atmosferica-provoca-428000-muertes-prematuras-cada-ano-en-europa-6347094>

3 Duranton y Turner (2011) muestran que aumentar el número de carreteras conlleva aproximadamente un aumento parecido en el número de usuarios.

En lo que se refiere a las medidas restrictivas de demanda, se pueden agrupar en dos grandes bloques: *i)* los mecanismos vía cantidades, y *ii)* los mecanismos vía precios. Las restricciones vía cantidades más extendidas en Europa son las basadas en zonas de bajas emisiones (ZBEs).⁴ **Las ZBEs prohíben el acceso de los vehículos más contaminantes (es decir, los que no cumplen con el estándar de emisiones establecido) al centro de las ciudades.** Por lo tanto, su objetivo principal se centra más en la contaminación que en la congestión. Por otro lado, **las restricciones vía precios consisten principalmente en cobrar peajes urbanos, generalmente para acceder al centro de las ciudades durante las horas punta.**

La comparación en la aplicación de estas dos medidas en Europa muestra un patrón muy claro: mientras **que los peajes se han aplicado en muy pocas ciudades** (Londres en 2003, Estocolmo en 2007, Milán en 2008, Gotemburgo en 2013 y Palermo en 2016), **las ZBEs se aplican de manera creciente** (ya funcionan en 45 ciudades de tamaño medio o grande y existen varios proyectos de aplicación en otras ciudades). Todo parece apuntar hacia una generalización en la aplicación de las ZBEs en Europa en el futuro próximo. Así, en el caso de las ciudades españolas, **la adopción de ZBEs en ciudades de más de 50.000 habitantes, así como en ciudades de más de 20.000 que no tengan una buena calidad del aire, es obligatoria antes de 2023 según el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética.**⁵

Este estudio compara la efectividad de ZBEs y peajes urbanos a partir de una muestra de 130 grandes ciudades de 19 países diferentes de la Unión Europea y Reino Unido, concluyendo que **los peajes urbanos son más efectivos que las ZBEs en la reducción conjunta de congestión y contaminación.** Este resultado contrasta claramente con la (cada vez mayor) prevalencia de las ZBEs respecto de los peajes urbanos. ¿Cómo se explica esta aparente incongruencia? La respuesta se encuentra en la gran diferencia que existe entre ambas medidas en términos de aceptabilidad social. Los peajes son mucho más impopulares que las ZBEs. Este estudio también proporciona las principales claves para entender esta importante diferencia en la aceptabilidad de peajes y ZBEs.

El material que sigue se estructura de la siguiente manera. El apartado 2 provee una perspectiva general sobre la relevancia y efectos de la contaminación y congestión en Europa. El apartado 3 presenta la situación actual en cuanto a la aplicación de ZBEs y peajes urbanos en ciudades europeas. Los apartados 4 y 5 se centran en la efectividad de ambas medidas, revisando la literatura existente y ofreciendo resultados adicionales. Finalmente, el apartado 6 estudia las diferencias de aceptabilidad entre ZBEs y peajes urbanos.

4 Otro tipo de restricciones vía cantidades son las basadas en el número de matrícula, con la prohibición de circular a coches con matrícula par/impar en días alternos. Se ha aplicado en algunas ciudades europeas (como Madrid o Lyon) en períodos de elevada polución. De manera más sistemática, este tipo de medidas se ha implementado en ciudades latinoamericanas como Buenos Aires, São Paulo o Ciudad de México (Davis, 2008; De Grange and Troncoso, 2011; Gallego et al., 2013). El gran problema asociado a este tipo de medidas es que generan incentivos perversos, puesto que ciertos conductores pueden considerar la adquisición un vehículo adicional de segunda mano (más contaminante) para sortear las restricciones.

5 Más información disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/proyecto-de-ley-de-cambio-climatico-y-transicion-energetica.aspx>.

Congestión y contaminación en ciudades europeas

Nuestra muestra contiene información acerca de **130 ciudades** con una población superior a 300.000 habitantes de **19 países diferentes de la Unión Europea y Reino Unido**. Los datos de congestión corresponden al período **2008-2019**, mientras que los de contaminación se refieren al período 2008-2016.

El indicador de congestión mide el tiempo de viaje adicional promedio (en porcentaje) que un vehículo necesita para llevar a cabo un viaje dentro de una determinada ciudad en comparación con una situación de tráfico fluido. Los datos se han obtenido de TomTom. Así, por ejemplo, un nivel de congestión del 40% significa que un viaje de 30 minutos en condiciones de tráfico fluido se acaba incrementando en 12 minutos.

El indicador de contaminación se basa en estimaciones anuales de partículas finas en suspensión con un diámetro máximo de 2,5 g/m³ (PM 2.5), con el método desarrollado por Van Donkelaar *et al.* (2019). El uso de PM 2.5 tiene que ver con la disponibilidad de datos para todas las ciudades de la muestra. Adicionalmente, cabe señalar que este tipo de contaminante es uno de los más perjudiciales para la salud puesto que penetra en el interior del sistema respiratorio debido a su reducida dimensión.

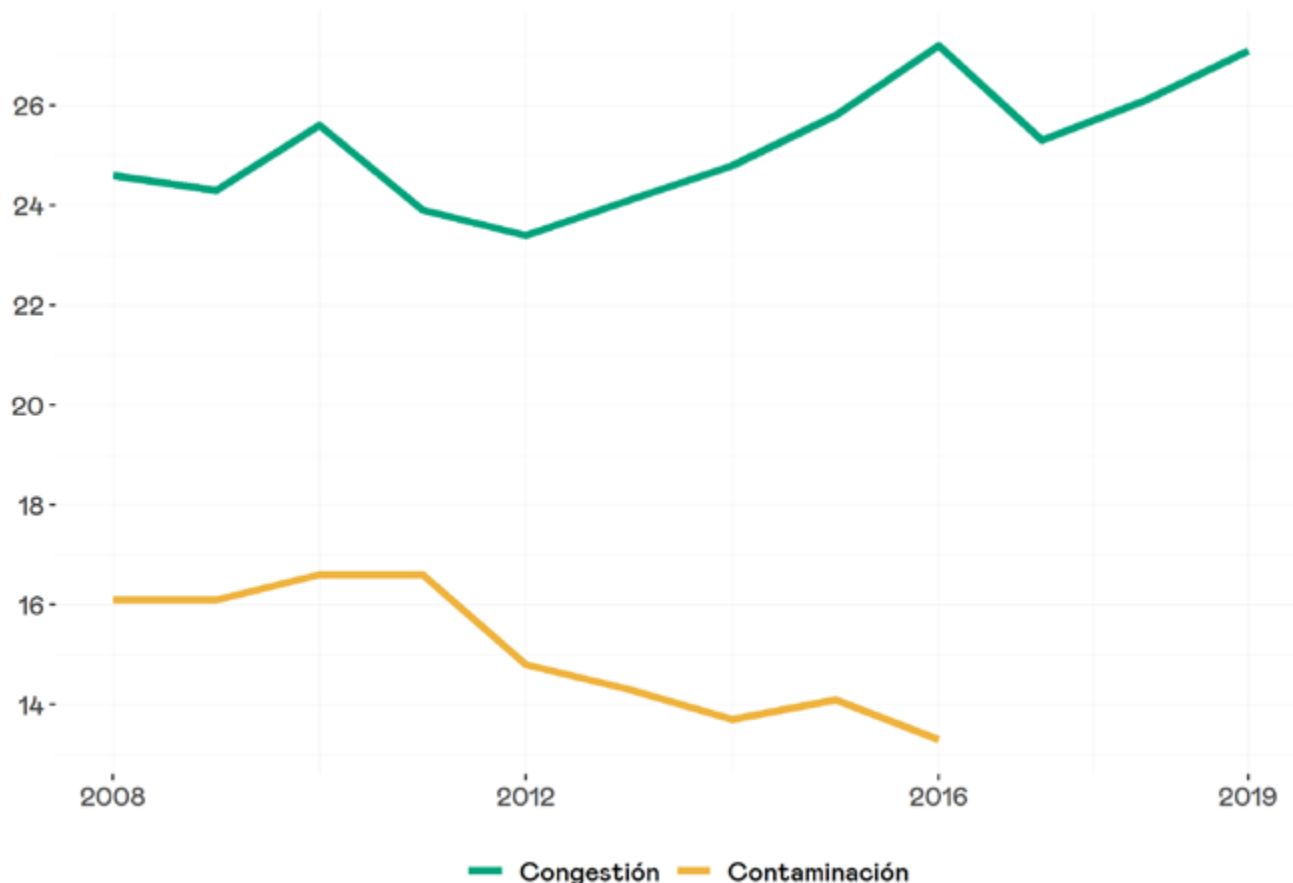
La Figura 1 proporciona información sobre la evolución de los niveles medios de contaminación y congestión en las ciudades de la muestra. En promedio, los niveles medios de congestión son muy elevados y crecientes en el tiempo con valores que oscilan entre el 24% y el 27%.

De acuerdo con los valores de la guía de protección de la salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS), **una concentración media anual de PM 2.5 de 10 g/m³ constituye el nivel más bajo a partir del cual se ha detectado una asociación clara entre exposición prolongada a PM 2.5 y enfermedades cardiopulmonares**. Teniendo esto en cuenta, se puede comprobar que **los valores medios de contaminación representados en la Figura 1 exceden dicho umbral**, aunque se observa una tendencia decreciente en el período para el cual disponemos de datos. Parte de esta tendencia decreciente podría explicarse por el creciente uso de coches más eficientes en el consumo de combustible y, por tanto, menos contaminantes.

Figura 1.

Evolución de contaminación y congestión en las ciudades de la muestra

Contaminación* en g/m^3 y congestión en tiempo de viaje adicional promedio (%)



Fuente: Datos de Bernardo, Fageda y Flores-Fillol (2020) | EsadeEcPol

*El último dato disponible de contaminación es para el año 2016

En relación a las ciudades españolas, la Figura 2 muestra los niveles de contaminación y congestión para el último año con datos disponibles (2016 en el caso de la contaminación y 2019 en el caso de la congestión). **Los niveles de contaminación son elevados en todas las ciudades, con valores iguales o superiores al umbral fijado por la OMS de $10 \text{ g}/\text{m}^3$, con la excepción de Bilbao, Valladolid y Zaragoza que registran niveles ligeramente menores.**⁶ Cabe señalar que el indicador utilizado es un promedio agregado que enmascara fuertes variaciones a lo largo del año, así como entre barrios dentro de una misma ciudad. En los barrios más céntricos y en días del año con un clima más desfavorable para la contaminación, es muy probable que los niveles de contaminación sean muy superiores al umbral establecido por la OMS en todas las ciudades españolas consideradas.

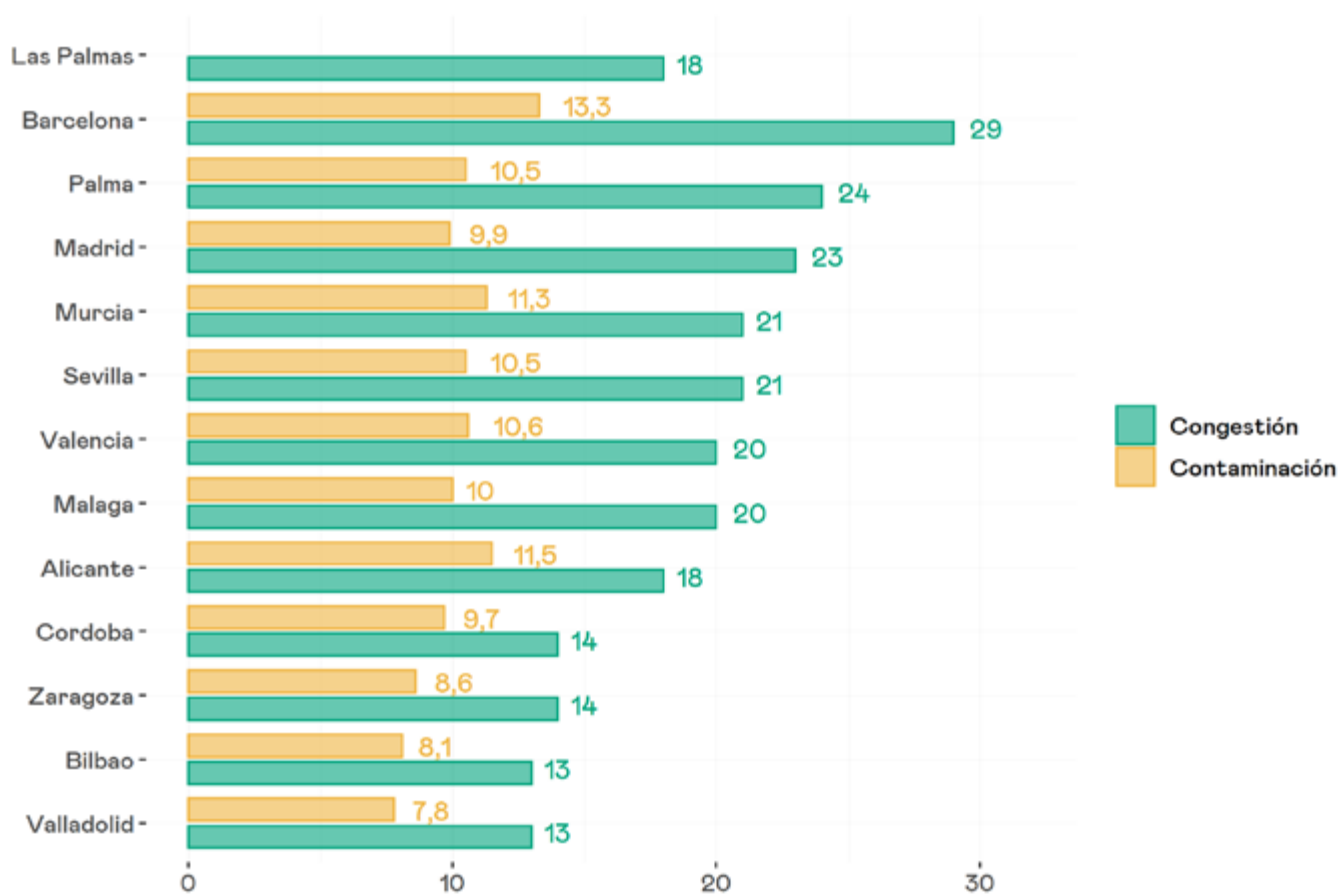
6 Los datos de contaminación para Las Palmas no están disponibles.

En cuanto a la congestión, varias ciudades tienen excesos de tiempo por encima del 20%, aunque solo Barcelona se encuentra por encima de los niveles medios del total de ciudades europeas de la muestra. En todo caso, conviene tener presente que el indicador de congestión es un promedio que tiene en cuenta viajes realizados a lo largo de todo el día. Por tanto, en horas punta cabe razonablemente esperar que los niveles de congestión sean más altos que los que se muestran en la figura.

Figura 2.

Contaminación y congestión en las ciudades españolas

Contaminación en g/m³ y congestión en tiempo de viaje adicional promedio (%)*



Fuente: Datos de Bernardo, Fageda y Flores-Fillol (2020) | EsadeEcPol

No hay datos de contaminación para la ciudad de Palma.

TomTom también realizó un **informe sobre el coste que supone la congestión para las empresas españolas en 2016**,⁷ estimando un importe total de 840 millones de euros anuales. La Tabla 1 presenta el desglose de dicho importe para las ciudades españolas más congestionadas.

7 https://telematics.tomtom.com/es_es/webfleet/blog/coste-los-atascos-las-empresas/

Tabla 1.

Coste empresarial derivado de la congestión en ciudades españolas

Ciudad	Congestión	Tiempo extra (horas)	Coste empresarial (EUR)
Barcelona	31%	119	175.513.415,35
Palma de Mallorca	29%	96	39.618.547,20
Las Palmas	27%	86	45.520.376,20
Granada	26%	81	26.567.894,70
Sevilla	25%	85	37.385.822,00
Gijón	25%	73	19.018.635,25
Sta. Cruz de Tenerife	25%	85	45.152.803,25
Madrid	25%	105	187.488.267,75
Valencia	23%	74	49.806.454,80
A Coruña	23%	68	17.221.309,40
Málaga	22%	64	32.486.249,60

Cabe destacar las cuantiosas pérdidas en las dos grandes ciudades españolas: 119 horas extra al volante en el caso de Barcelona (que equivalen a 14 días laborables) y 105 en el caso de Madrid. **Este tiempo se traduce en una pérdida económica enorme de 175,5 millones de euros anuales en Barcelona y 187,5 millones de euros en la capital española.**

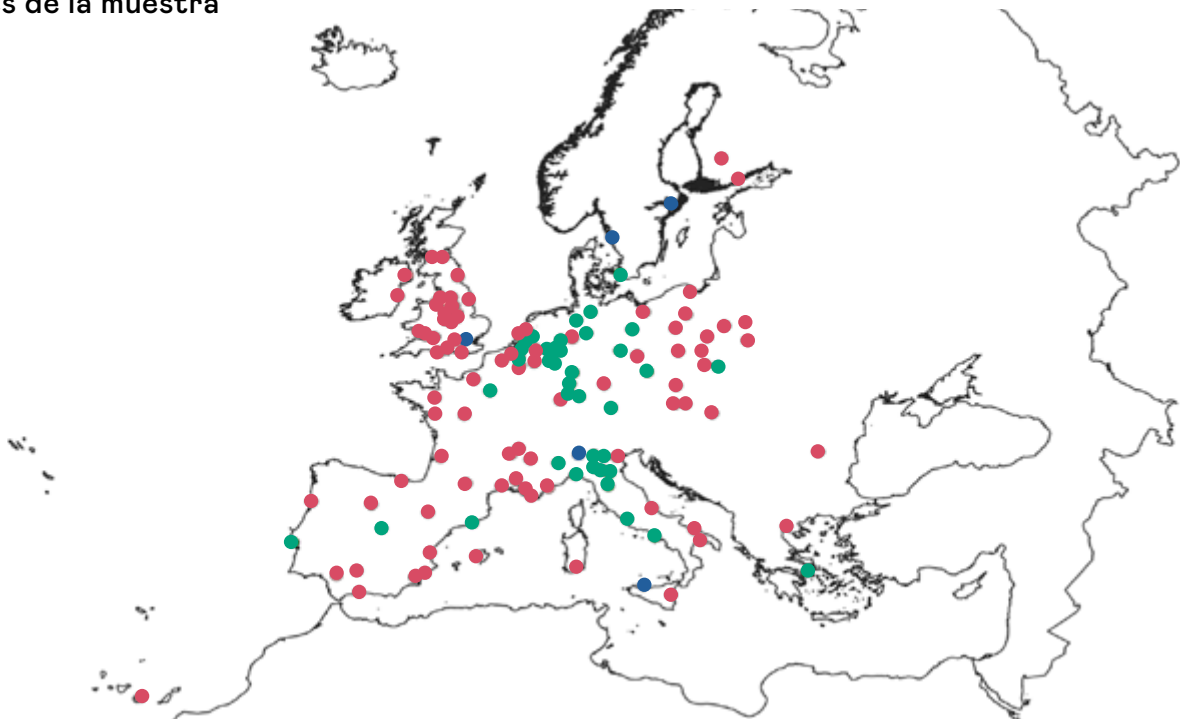


ZBEs y peajes urbanos en ciudades europeas

Los datos sobre la aplicación de ZBEs y peajes urbanos se han obtenido de CLARS (Charging, Low Emission Zones, other Access Regulation Schemes), una página web promovida por la Comisión Europea y construida por Sadler Consultants Ltd.

La Figura 3 presenta el mapa de las ciudades de la muestra en las que se ha implementado una ZBE en el período considerado: 45 ciudades de 12 países.⁸ Las ZBEs se han puesto en funcionamiento en varias ciudades de Alemania, Italia, Bélgica y Países Bajos, así como en la mayoría de grandes ciudades de Europa Occidental. En cambio, la implementación es mucho menor en la Europa más Oriental, siendo Praga y Varsovia las únicas excepciones.

Figura 3.
Ciudades de la muestra



Nota: Los puntos verdes representan ciudades con ZBEs; los puntos azules representan ciudades con peajes y/o combinación de peajes+ZBEs; los puntos rosas representan ciudades que no han implementado ninguna de las dos medidas.

8 Cabe señalar que nuestra atención se centra aquí en *ZBEs generales* que se aplican a todo tipo de vehículos. En algunas ciudades, las restricciones se aplican solo a vehículos específicos como pueda ser camiones, furgonetas o autobuses. Este tipo de *ZBEs específicas*, más limitadas en cuanto a su aplicación, no se consideran en el presente estudio dado que cabe esperar que su impacto sobre contaminación y congestión sea modesto.

Debe tenerse en cuenta que la configuración de las ZBEs es heterogénea. Así, algunas de las primeras ZBEs aplicadas en Alemania e Italia solo prohibían los coches diésel, mientras que los estándares de emisiones en los últimos años se han tornado más estrictos y afectan también a los coches de gasolina. El estándar de emisiones más común, especialmente en las ciudades alemanas, es el Euro 4 para los coches diésel y el Euro 1 para los coches de gasolina. Sin embargo, varias ciudades imponen requisitos más estrictos. Solo unas pocas ciudades como Róterdam, Utrecht o Atenas mantienen una prohibición restringida a coches diésel. Además, aunque la mayoría de las ciudades restringen el centro de la ciudad, **el tamaño de la zona restringida varía considerablemente entre ciudades**. Por ejemplo, mientras que **la ZBE de Madrid solo cubre un 1% de la superficie de la ciudad, hay algunos pocos casos en los que las ZBEs restringen la mayor parte de la ciudad, como se observa en Barcelona, París, Roma o Milán** (aunque los requisitos pueden ser más estrictos en el centro de la ciudad, como ocurre en Roma).

En cuanto a los peajes urbanos de congestión, únicamente cinco ciudades los han aplicado en Europa: Londres en 2003, Estocolmo en 2007, Milán en 2008, Gotemburgo en 2013 y Palermo en 2016. En las dos ciudades italianas (Milán y Palermo), el peaje se combina con una ZBE. En Londres, el peaje de congestión se combina con un recargo adicional según el nivel de contaminación de los coches, siendo por tanto la única ZBE que no prohíbe la entrada en la zona restringida de coches más contaminantes. Al margen de la muestra de ciudades aquí consideradas, otros peajes urbanos se han aplicado en Singapur y algunas ciudades noruegas (Oslo, Bergen y Trondheim) aunque, en este último caso, los peajes se utilizan como mecanismo para financiar inversiones en infraestructuras más que para regular la demanda.⁹

En conjunto, **la aplicación de ZBEs está mucho más extendida que los peajes urbanos de congestión**. Además, diversas ciudades del Reino Unido y Países Bajos tienen en marcha planes para aplicar ZBEs en breve y, como ya comentamos anteriormente, el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética en España impone que los municipios de más de 50.000 habitantes, y los de más de 20.000 habitantes con problemas de contaminación, pongan en funcionamiento ZBEs no más tarde de 2023. En cambio, **no hay planes concretos para establecer peajes de congestión en ninguna ciudad europea. Por tanto, esta divergencia en cuanto al uso de ZBEs y peajes, parece que tenderá a acentuarse en los próximos años.**

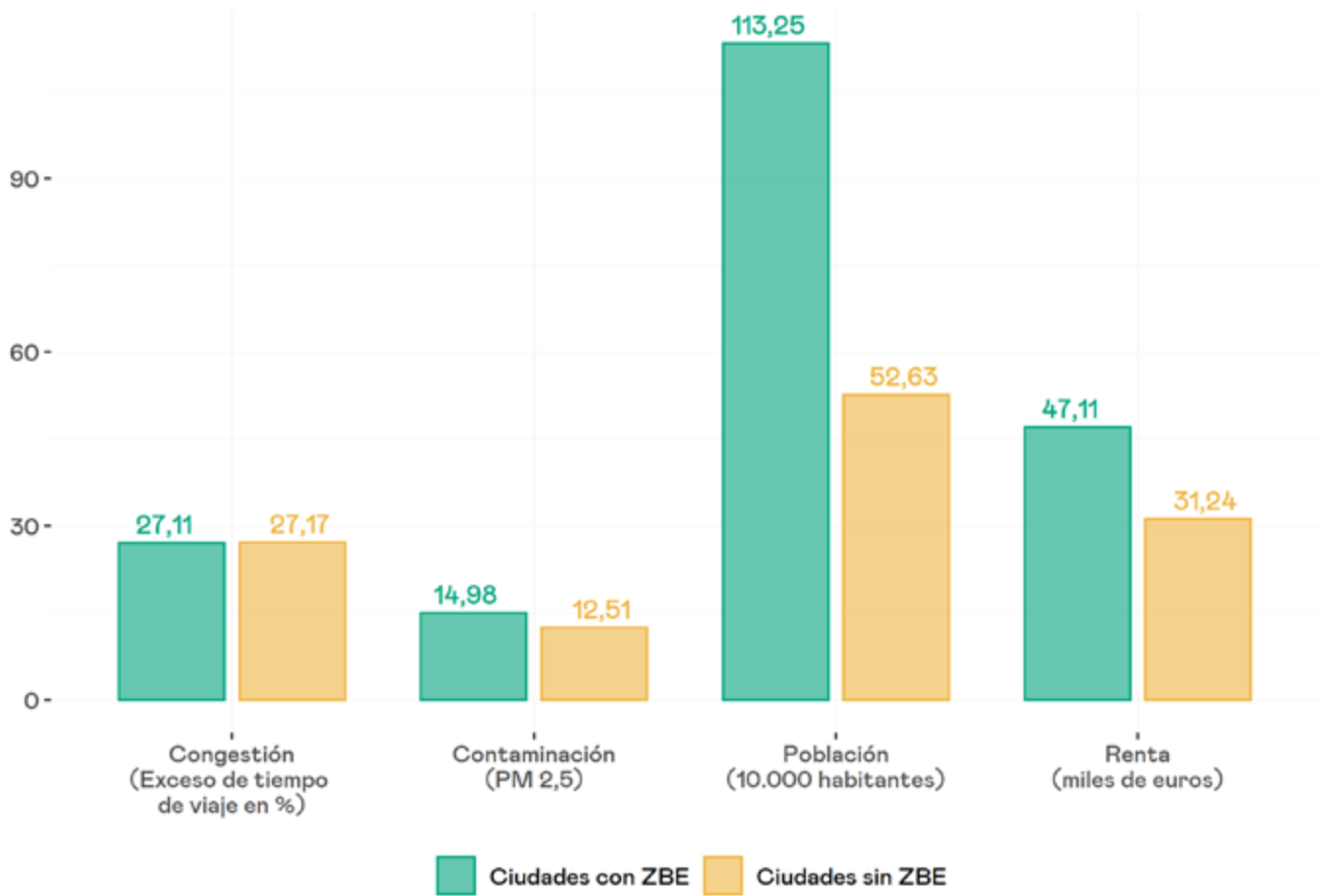
A priori deberíamos esperar que las ZBEs se aplicaran principalmente en ciudades muy contaminadas, dado que su principal objetivo es luchar contra la emisión de contaminantes locales por parte de los automóviles. Sin embargo, Fageda et al. (2020) muestran que el principal impulsor en la implementación de ZBEs es la renta urbana. Así, la Figura 4 muestra que no hay diferencias significativas en términos de contaminación y congestión entre ciudades con y sin ZBEs. En cambio, es muy evidente que las ciudades con ZBEs se caracterizan por tener una mayor renta y población.

9 Planes fallidos en la implementación de peajes urbanos han tenido lugar en ciudades como Copenhague, Edimburgo, Mánchester, Helsinki, Hong Kong o Nueva York.

Figura 4.

Características de las ciudades con y sin ZBE

Valores promedio 2019*



Fuente: Datos de Bernardo, Fageda y Flores-Fillol (2020) | EsadeEcPol

*Excepto los datos de contaminación que corresponden a 2016.

Nota: Valores promedio para 2019, excepto en los datos de contaminación que corresponden a 2016.



Evidencia acumulada sobre la efectividad de ZBEs y peajes urbanos

Los trabajos disponibles hasta la fecha aportan evidencia clara acerca de la eficacia de los peajes urbanos en mitigar la congestión. Varios estudios han examinado su impacto en ciudades específicas, comparando niveles de tráfico o congestión en la zona restringida antes y después de su aplicación. Todos estos estudios concluyen que **los peajes urbanos son eficaces en la reducción de la congestión desde el primer año de aplicación**. Además, la reducción del tráfico en la zona restringida no se compensa con un mayor tráfico en las zonas colindantes.

Los análisis de Londres y Estocolmo muestran que los peajes reducen la congestión en un 20%-30 % (Eliasson, 2008; Santos y Fraser, 2006; Börjesson *et al.*, 2012 y 2014), mientras que el impacto se sitúa aproximadamente en un 10%-15% en Milán y Gotemburgo (Andersson y Nassén, 2016; Gibson y Carnovale, 2015; Rotaris *et al.*, 2010; Percoco, 2013). En comparación con estas ciudades europeas, el peaje de Singapur parece ser incluso más eficaz en la mitigación de la congestión urbana (Phang y Toh, 1997; Willoughby, 2000; Olszewski y Xie, 2005). Además, algunos estudios proporcionan evidencias sobre la eficacia de los peajes en la disminución de la contaminación, que se encuentra en una horquilla que va del 6% al 17% en Milán (Gibson y Carnovale, 2015) y del 5% al 15% en Estocolmo (Simeonova *et al.*, 2019). Finalmente, la literatura también ha identificado **otros efectos positivos adicionales asociados con los peajes, por ejemplo, en términos de accidentes de tráfico** en Londres (Green *et al.*, 2016) o en términos de salud infantil en Estocolmo (Simeonova *et al.*, 2019).

En relación a las ZBEs, también hay evidencia sobre sus efectos positivos en la reducción de la polución, aunque su impacto es más modesto que en el caso de los peajes. Hay análisis para ciudades alemanas que destacan la eficacia de las ZBEs en la mejora de la calidad del aire (Malina y Scheffler, 2015; Wolff, 2014; Morfeld *et al.*, 2014). Otros trabajos también encuentran resultados cualitativos similares en grandes ciudades europeas como Ámsterdam (Panteliadis *et al.*, 2014), Londres (Ellison *et al.*, 2013) o Roma (Cesaroni *et al.*, 2012). Sin embargo, los impactos varían según el contaminante examinado, con efectos más fuertes para PM 10 y resultados más modestos para NO, NO, NO₂ y NO_x.

La eficacia de las ZBEs en la mitigación de la congestión es menos clara. Los dos únicos estudios que lo han examinado llegan a la misma conclusión pese a utilizar datos muy diferentes. Bernardo *et al.* (2020) utilizan la misma muestra de 130 ciudades europeas consideradas aquí para el período 2008-2016 y no hallan evidencia de que las ZBEs sean eficaces para reducir la congestión. Tassinari (2021) analiza los efectos de la ZBE aplicada en Madrid (Madrid Central) utilizando datos detallados correspondientes al período diciembre de 2017 - diciembre de 2019. El estudio concluye que la reducción en el flujo de coches dentro de la zona restringida se produjo a expensas de aumentos de tráfico en las zonas colindantes, por lo que su efecto global para el conjunto de ciudad acabó siendo nulo.

La efectividad de ZBEs y peajes urbanos a partir de nuestra muestra de ciudades europeas

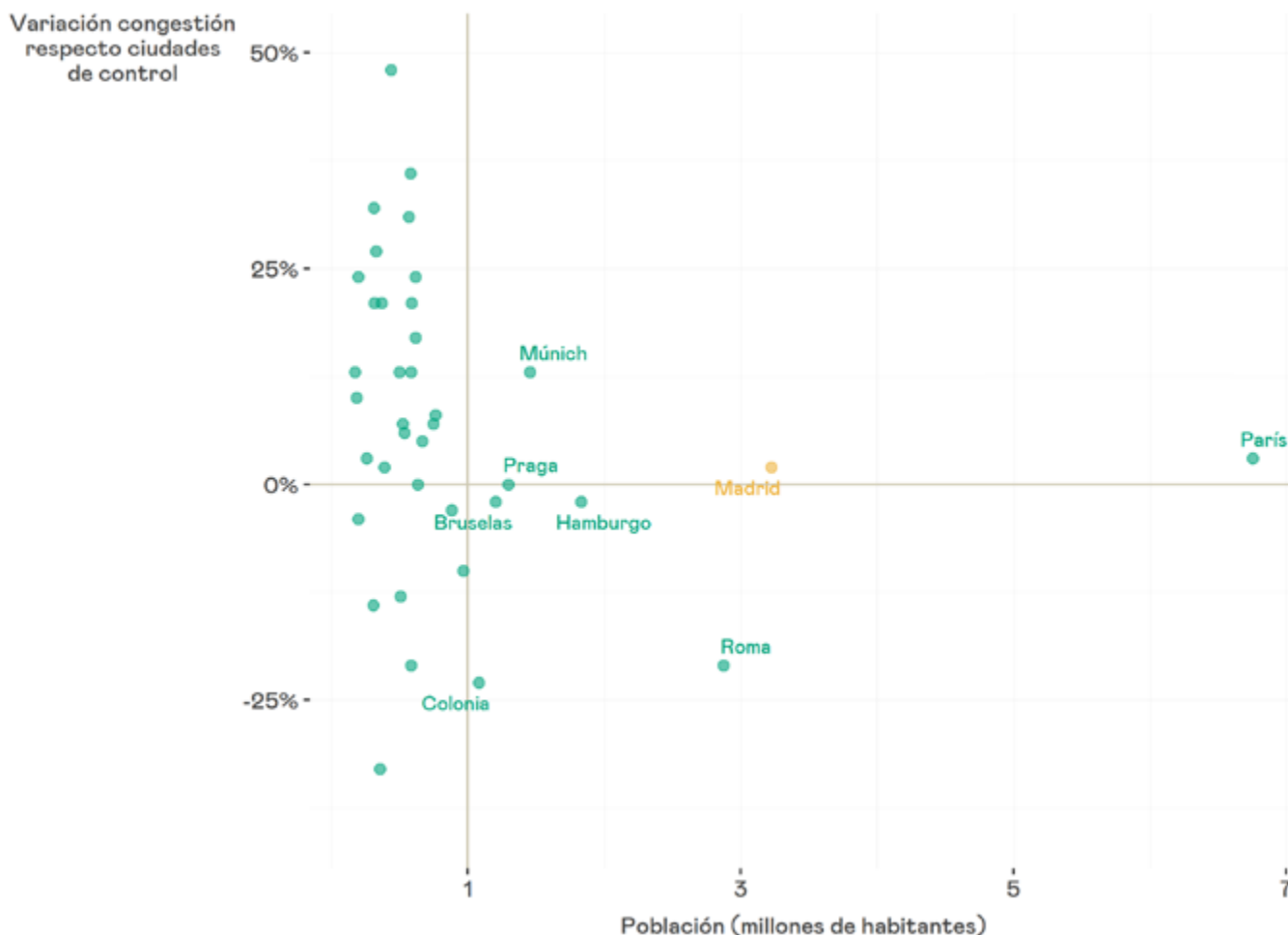
Como complemento a los estudios previos, a continuación exploramos qué nos dicen los datos respecto de la eficacia de las ZBEs en la reducción tanto de congestión y contaminación. A diferencia de Bernardo *et al.* (2020), no estudiamos el efecto promedio para el conjunto de ciudades de la muestra sino los efectos específicos para cada ciudad con datos previos y posteriores a la aplicación de la política.

Nuestro enfoque se basa en **comparar la evolución de congestión y contaminación en cada ciudad con ZBEs** – desde el año anterior a la aplicación de la medida hasta el último año con datos disponibles – **respecto a la misma evolución para el conjunto de ciudades sin ZBEs** en ningún momento del período considerado. Por ejemplo, consideremos la ZBE de Madrid (Madrid Central) que se establece en 2018. En este caso, en lo que se refiere a congestión, comparamos su evolución en Madrid de 2017 a 2019 respecto a la evolución de la congestión media en el conjunto de ciudades sin ZBEs en el período 2017-2019. Cabe resaltar que no podemos analizar el impacto sobre la contaminación de las ZBEs puestas en funcionamiento después de 2016, como es el caso de Madrid Central, ya que nuestros datos llegan hasta 2016. Por otro lado, no consideramos ciudades que apliquen la medida en el primer año (o antes) o en el último año con datos disponibles con el propósito de disponer de suficiente información previa y posterior a la aplicación de la medida.

Las Figuras 5 y 6 muestran nuestro análisis para congestión y contaminación, respectivamente. Etiquetamos únicamente a las **ciudades de más de 1 millón de habitantes** para una mejor presentación visual de las figuras.

Figura 5.

Variación de la congestión en ciudades con ZBE respecto a ciudades sin ZBEs



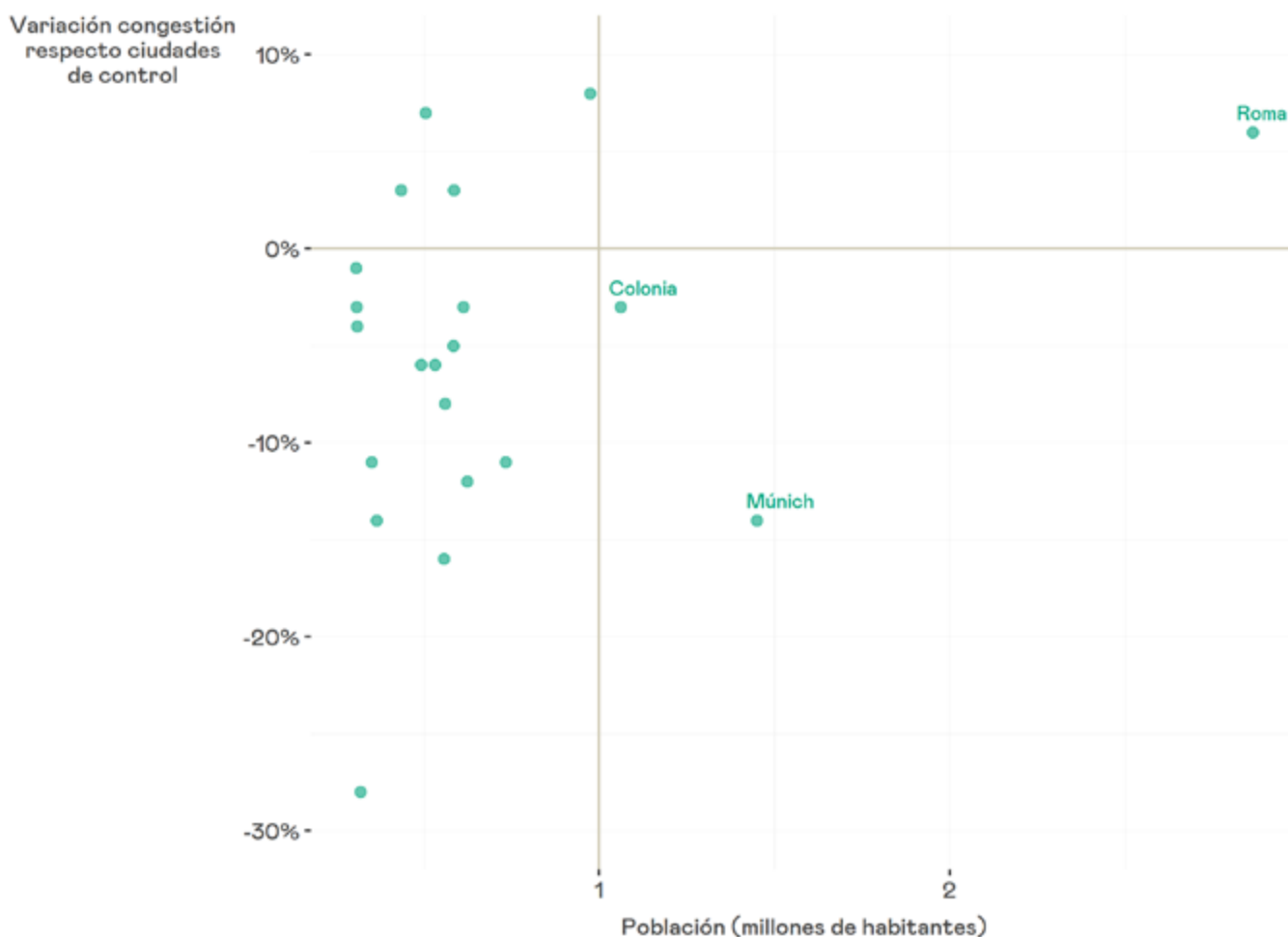
Fuente: Datos de Bernardo, Fageda y Flores-Fillol (2020) | EsadeEcPol

En el caso de la congestión, se corroboran los resultados obtenidos en Bernardo et al. (2020) y Tassinari (2021). Observamos que **la implementación de ZBEs ha implicado una reducción de la congestión en comparación con las ciudades de control (ciudades sin ZBEs) solo en 11 ciudades**. En cambio, 25 ciudades muestran un comportamiento incluso peor que las ciudades de control. Finalmente, dos ciudades no presentan diferencias respecto a las ciudades de control. Entre las ciudades de más de 1 millón de habitantes, donde cabría esperar problemas de congestión más acuciantes, solo Colonia y Roma muestran un comportamiento claramente mejor que las ciudades de control. Es importante señalar que en ambas ciudades las restricciones afectan al conjunto de la ciudad. Sin embargo, **en Madrid, donde la ZBE se aplica a una zona muy pequeña de la ciudad, observamos que la congestión incluso aumenta ligeramente (en un 2%)** respecto de las ciudades de control. Por tanto, aunque con remarcables diferencias entre ciudades, **concluimos que las ZBEs no parecen ser efectivas en la mitigación de congestión, un resultado que se acentúa cuando se aplican en zonas muy restringidas y no en el conjunto de la ciudad**.

En cambio, **las ZBEs sí parecen ser efectivas en la reducción de la contaminación**. En 5 ciudades se constata un peor comportamiento respecto a las ciudades de control, aunque siempre con diferencias menores al 10%. En cambio, 16 ciudades muestran un mejor comportamiento que las ciudades de control. Debe tenerse en cuenta que, tal y como muestra la Figura 1, la tendencia general (con o sin ZBEs) es a la reducción de la contaminación en términos de PM 2.5 (mientras que la tendencia general es al aumento de la congestión). Por otro lado, también debemos remarcar que el tráfico de vehículos es solo una de las diversas fuentes que generan contaminación, aunque es sin duda de gran importancia en áreas urbanas (mientras que es la única fuente relevante de congestión).

Figura 6.

Variación de la contaminación en ciudades con ZBE respecto a ciudades sin ZBEs



Fuente: Datos de Bernardo, Fageda y Flores-Fillol (2020) | EsadeEcPol

Respecto al **efecto de los peajes urbanos sobre la congestión**, solo en las ciudades de Gotemburgo y Palermo disponemos de datos previos y posteriores a la aplicación de la política para poder evaluar así su impacto. Y en lo que se refiere al efecto de los peajes urbanos sobre la contaminación, la única ciudad con datos suficientes es Gotemburgo. Nuestros datos confirman el resultado obtenido en estudios previos. **Los peajes son una medida efectiva en cuanto a reducción de la congestión, que es del 29% en Gotemburgo y del 19% en Palermo.** En cuanto a la contaminación, se constata un comportamiento ligeramente peor de Gotemburgo respecto a las ciudades de control aunque dicho peor comportamiento no parece explicarse por un mayor volumen de tráfico en la medida que se observa una caída relativa en los niveles de congestión en Gotemburgo en comparación a las ciudades de control.

En resumen y pese a la existente heterogeneidad entre ciudades, **podemos concluir que las ZBEs constituyen un instrumento efectivo para reducir la contaminación pero no para reducir la congestión.** Dicha conclusión la podemos inferir de los resultados obtenidos en estudios previos y de los datos que hemos analizado en este trabajo.

Por otro lado, de acuerdo a los resultados obtenidos en estudios anteriores, hay evidencia clara sobre **la efectividad de los peajes urbanos en la reducción del tráfico de vehículos y, por tanto, de la congestión y contaminación asociadas a dicho tráfico.** Una explicación podría provenir del hecho de que los peajes suelen ir acompañados de mejoras en el transporte público, mientras que esto no suele ocurrir con las ZBEs. Además, las ZBEs pueden estimular la renovación de la flota de automóviles, de modo que los coches más antiguos y contaminantes son progresivamente reemplazados por otros más nuevos y limpios. Esta renovación del parque móvil contribuiría a explicar los efectos de las ZBEs en cuanto a reducción de contaminación pero no de reducción de la congestión. Por último, cabe apuntar que las ciudades con ZBEs son relativamente más ricas, de manera que sus habitantes pueden disponer de una mayor capacidad económica para renovar sus vehículos y superar así la restricción impuesta sobre los vehículos más antiguos y contaminantes.

Aceptabilidad de ZBEs y peajes urbanos

Tal y como hemos apuntado anteriormente, **los peajes urbanos parecen funcionar mejor que las ZBEs en la reducción conjunta de congestión y contaminación.** En cambio, observamos que **los peajes son raramente implementados mientras que las ZBEs se encuentran en clara expansión en Europa.** De hecho, en el caso de las ciudades españolas, la adopción de ZBEs en ciudades de más de 50.000 habitantes, y en ciudades de más de 20.000 cuya calidad del aire no sea buena, es obligatoria antes de 2023 según el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética. **¿Cuál es la explicación de esta divergencia entre los efectos reales de las dos políticas y su efectiva implementación?** La respuesta, creemos, se encuentra en la gran diferencia que existe entre ambas en términos de aceptabilidad social. Los peajes son mucho más impopulares que las ZBEs. A continuación, proporcionamos algunas claves para entender mejor este aspecto tan relevante (se puede encontrar un análisis pormenorizado en Fageda et al., 2020).

Las autoridades competentes prefieren aplicar ZBEs que peajes urbanos, hecho que se explica por las siguientes razones. En primer lugar cabe señalar que, a pesar de que ambas medidas puedan potencialmente mitigar contaminación y congestión simultáneamente, existe la percepción general que *i)* la contaminación es una externalidad más severa, y que *ii)* las ZBEs son más efectivas en la reducción de la contaminación.¹⁰

En segundo lugar, las ZBEs solo prohíben cierta categoría de vehículos (los más contaminantes), por lo que acaban afectando a un número limitado de conductores. En cambio, los peajes afectan a todos los vehículos. Consecuentemente, **es fácil mejorar la aceptabilidad de las ZBEs promoviendo estándares laxos que afecten a pocos conductores.** En tercer lugar, a diferencia de los peajes urbanos, **las ZBEs no suelen ir acompañadas de inversiones en transporte público. Por tanto, el coste que tienen que afrontar los ayuntamientos es bajo.** En cuarto lugar, las ZBEs **incentivan la renovación de la flota automovilística** en la medida en que algunos propietarios de coches antiguos y contaminantes decidan reemplazarlos por otros más eficientes y menos contaminantes. Por tanto, estas medidas se encuentran claramente **alineadas con los intereses corporativos de la industria automovilística, cuya influencia en la opinión pública y en las decisiones políticas es considerable.**

10 La OMS advierte que el 92% de la población vive en lugares con una calidad del aire nociva (datos de 2014) y que la contaminación del aire en todo el mundo causa alrededor de 3 millones de muertes prematuras cada año (estimación de 2012). Más concretamente, las emisiones contaminantes (en gran medida generadas por el tráfico) son la causa principal de la muerte de 3,3 millones de personas al año en el mundo, más que el SIDA, la malaria y la gripe juntas (Lelieveld *et al.*, 2015). Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, más de 30.000 personas mueren anualmente en España a causa de la contaminación. La mejora de la calidad del aire es el principal objetivo de las directivas 1999/30/CE y 2008/50/CE. Ante dicha normativa europea, los países de la UE (o sus principales ciudades directamente) han optado claramente por la implementación de ZBEs (en el caso español, a través de la nueva Ley del Cambio Climático). Posada *et al.* (2015) enfatiza la gran efectividad de las ZBEs en la reducción de la contaminación.

En quinto y último lugar, las ZBEs se aplican en ciudades relativamente ricas en las que hay una mayor proporción de conductores que disponen de coches relativamente limpios, quienes se benefician netamente de la reducción de la contaminación asociada a las nuevas restricciones. Por tanto, cabe esperar un mayor apoyo popular a las ZBEs en estas ciudades.

La implementación de peajes urbanos suele ir precedida de períodos de prueba (como en Estocolmo y Milán), una práctica que no se observa en el caso de las ZBEs. De Borger y Proost (2012) resaltan la **utilidad de los periodos de prueba** como instrumento para disipar la incertidumbre acerca de los efectos de los peajes urbanos y, consecuentemente, superar la resistencia social que conllevan. Estos autores concluyen que, ex ante, los **conductores tienden a subestimar los efectos positivos de los peajes**. Este resultado **contribuye a explicar** el reducido número de experiencias exitosas en la implementación de peajes urbanos, junto con **la resistencia e intentos fallidos en numerosas ciudades** como Copenhague, Edimburgo, Mánchester, Helsinki, Hong Kong o Nueva York. Cabe destacar el caso de Estocolmo (cuyo peaje vino precedido de un período de prueba), donde el apoyo popular al peaje urbano pasó del 30% antes de su aplicación al 70% después de su aplicación (Eliasson, 2008). Este hecho pone de relieve cómo los ciudadanos de esta ciudad cambiaron de opinión una vez que pudieron experimentar directamente los efectos reales del peaje (el tráfico se redujo en torno a un 20% poco tiempo después de implementarlo, tanto tras el periodo de prueba como tras la aplicación definitiva). Fageda et al. (2020) extienden el estudio De Borger y Proost (2012) a las ZBEs concluyendo que, ex ante, los conductores tienden a sobreestimar sus efectos positivos, lo que contribuye a explicar la popularidad de estas medidas. Es decir, a diferencia de lo que observamos en el caso de los peajes, los periodos de prueba solo conseguirían socavar la aceptabilidad de las ZBEs.

Algunas ciudades aplican combinaciones de peajes urbanos y ZBEs (como Milán y Palermo) mientras que otras se enfrascan en discusiones estériles que les conducen a situaciones de bloqueo sin aplicar ninguna medida. Milán y Palermo diseñaron una combinación de peajes y ZBEs, mientras que Londres, Estocolmo o Gotemburgo comenzaron aplicando un peaje para después incorporar una ZBE. **La combinación de ambos sistemas otorga un mayor margen de maniobra a los ayuntamientos** puesto que, en caso de mayor severidad de las externalidades, pueden modificar el estándar de emisiones de la ZBE haciéndolo más estricto o incrementar el importe del peaje (siendo el segundo instrumento claramente más impopular que el primero). Como ejemplo de discusiones que se perpetúan conduciendo a situaciones de bloqueo, podríamos mencionar la experiencia de Barcelona donde el debate comenzó en 2005 y ha durado hasta la aplicación de la ZBE actual en 2019. De hecho, la adopción de la ZBE tampoco ha zanjado el tema que sigue siendo objeto de controversia. Diferentes grupos de interés plantean, entre otras opciones, la modificación del estándar de emisiones de la ZBE o la incorporación de un peaje urbano que permita combinar ambas medidas.

Referencias

- Andersson, D., Nässén, J. (2016). The Gothenburg congestion charge scheme: A pre-post analysis of commuting behavior and travel satisfaction. *Journal of Transport Geography* 52, 82-89.
- Barth, M., Boriboonsomsin, K. (2008). Real-world carbon dioxide impacts of traffic congestion. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2058, 163-171.
- Beaudoin, J., Farzin, Y.H., Lin Lawell, C.Y. (2015). Public transit investment and sustainable transportation: A review of studies of transit's impact on traffic congestion and air quality. *Research in Transportation Economics* 52, 15-22.
- Bernardo, V., Fageda, X., Flores-Fillol, R. (2020). Pollution and congestion in urban areas: The effects of low emission zones. SSRN working paper: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3289613>.
- Börjesson, M., Brundell-Freij, K., Eliasson, J. (2014). Not invented here: Transferability of congestion charges effects. *Transport Policy* 36, 263-271.
- Börjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M.B., Brundell-Freij, K. (2012). The Stockholm congestion charges - 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt. *Transport Policy* 20, 1-12.
- Cesaroni, G., Boogaard, H., Jonkers, S., Porta, D., Badaloni, C., Cattani, G., Forastiere, F., Hoek, G. (2012). Health benefits of traffic-related air pollution reduction in different socioeconomic groups: The effect of low-emission zoning in Rome. *Occupational and Environmental Medicine* 69, 133-139.
- Davis, L.W. (2008). The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City. *Journal of Political Economy* 116, 38-81.
- De Borger, B., Proost, S. (2012). The political economy of road pricing. *Journal of Urban Economics* 71, 79-92.
- De Grange, L., Troncoso, R. (2011). Impacts of vehicle restrictions on urban transport flows: The case of Santiago, Chile. *Transport Policy* 18, 862-869.
- Duranton, G., Turner M.A. (2011). The fundamental law of road congestion: Evidence from US cities. *American Economic Review* 101, 2616-2652.
- Eliasson, J. (2008). Lessons from the Stockholm congestion charging trial. *Transport Policy* 15, 395-404.
- Ellison, R.B., Greaves, S.P., Hensher, D.A. (2013). Five years of London's low emission zone: Effects on vehicle fleet composition and air quality. *Transportation Research Part D* 23, 25-33.
- Fageda, X., Flores-Fillol, R., Theilen, B. (2020). Price versus quantity measures to deal with pollution and congestion in urban areas: A political economy approach. SSRN working paper: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3688332.
- Gallego, F., Montero, J.-P., Salas, C. (2013). The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American cities. *Journal of Public Economics* 107, 47-62.
- Gibson, M., Carnovale, M. (2015). The effects of road pricing on driver behavior and air pollution. *Journal of Urban Economics* 89, 62-73.
- Green, C.P., Heywood, J.S., Navarro, M. (2016). Traffic accidents and the London congestion charge. *Journal of Public Economics* 133, 11-22.
- Lelieveld, J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 525, 367-371.
- Malina, C., Scheffler, F. (2015). The impact of Low Emission Zones on particulate matter concentration and public health. *Transportation Research Part A* 77, 372-385.

Referencias

Morfeld, P., Groneberg, D.A., Spallek, M.F. (2014). Effectiveness of low emission zones: Large scale analysis of changes in environmental NO₂, NO and NO_x concentrations in 17 German cities. *PLoS ONE* 9, 1-18.

Olszewski, P., Xie, L. (2005). Modelling the effects of road pricing on traffic in Singapore. *Transportation Research Part A* 39, 755-772.

Parry, W.H., Walls, M., Harrington, W. (2007). Automobile externalities and policies. *Journal of Economic Literature* 45, 373-399.

Phang, S.Y., Toh, R.S. (1997). From manual to electronic road congestion pricing: The Singapore experience and experiment. *Transportation Research Part E* 33, 97-106.

Panteliadis, P., Strak, M., Hoek, G., Weijers, E., van der Zee, S., Dijkema, M. (2014). Implementation of a low emission zone and evaluation of effects on air quality by long-term monitoring. *Atmospheric Environment* 86, 113-119.

Percoco, M. (2013). Is road pricing effective in abating pollution? Evidence from Milan. *Transportation Research Part D* 25, 112-118.

Posada, F., Wagner, D.V., Basnal, G., Fernandez, R. (2015). Survey of best practices in reducing emissions through vehicle replacement programs. *ICCT White Paper*: ICCT, Washington, DC.

Rotaris, L., Danielis, R., Marcucci, E., Massiani, J. (2010). The urban road pricing scheme to curb pollution in Milan, Italy: Description, impacts and preliminary cost-benefit analysis assessment. *Transportation Research Part A* 44, 359-375.

Santos, G., Fraser, G. (2006). Road pricing: Lesson from London. *Economic Policy* 21, 263-310.

Tassinari, F. (2021). Low emission zones and traffic congestion: Evidence from Madrid Central. *Mimeo*.

Simeonova, E., Currie, J., Nilsson, P., Walker, R. (2019). Congestion pricing, air pollution and children's health. *Journal of Human Resources*, article 0218-9363R2.

Van Donkelaar, A., Martin, R.V., Li, C., Burnett, R.T. (2019). Regional estimates of chemical composition of fine particulate matter using a combined geoscience-statistical method with information from satellites, models, and monitors. *Environmental Science and Technology* 53, 2595-2611.

Wolff, H. (2014). Keep your clunker in the suburb: Low-emission zones and adoption of green vehicles. *Economic Journal* 124, 481-512.

Willoughby, C. (2000). Singapore's experience in managing motorization and its relevance to other countries. *World Bank paper* TWU-43: <https://trid.trb.org/view/672945>.

