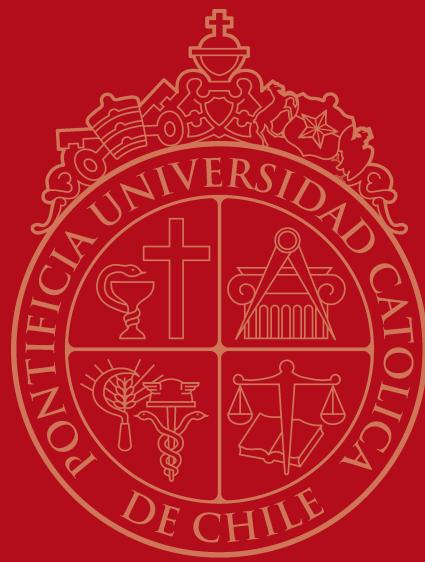


I N S T I T U T O D E E C O N O M Í A T



T E S I S d e M A G Í S T E R

2018

Santiago Respira: repercusiones de corto plazo de la nueva restricción vehicular
permanente

Juan Ignacio Bulnes Ruiz

Santiago Respira: repercusiones de corto plazo de la nueva restricción vehicular permanente

Juan Ignacio Bulnes*

29 de noviembre, 2018

Resumen

Este trabajo busca estudiar los efectos que provoca la nueva restricción vehicular permanente «Santiago Respira», que comenzó el año 2018 en la capital chilena, y su proceso de instalación en el mercado automotriz, incluyendo su etapa de gestación. Una restricción como ésta, muestra Barahona et al. (2018), logra disminuir la contaminación al renovar la flota hacia vehículos más limpios. A partir de un modelo teórico, respaldado posteriormente por los resultados que se presentan a través de estimaciones del tipo diferencias en diferencias, se muestra que los vehículos, según si son automóviles de uso particular o de trabajo, sufrirían efectos heterogéneos y anticipados en los precios a partir de una restricción como ésta. Además, se muestra que, independiente del segmento, la heterogeneidad en precios coincidiría con la heterogeneidad observada en la mejora marginal en términos de emisiones contaminantes, que se produce al renovar los diferentes modelos de vehículos a sus versiones no afectas a la restricción, lo que potencialmente sugiere un eficiente orden de emigración para mejorar la salud de las personas.

*Estudiante del magíster de Economía, en el Instituto de Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Agradezco a los profesores de la comisión EH Clio Lab Emilio Depetris-Chauvin, Jeanne Lafortune, Felipe González, José Díaz, José Tessada, Gert Wagner, y particularmente a mis profesores guía Francisco Gallego y Rolf Lüders, cuyos aportes y experiencia fueron indispensables para el desarrollo de este trabajo. También al profesor Juan Pablo Montero y Hernán Barahona que, junto con el profesor Francisco Gallego, contribuyeron a este trabajo con datos y con su amplia experiencia en restricciones vehiculares. Además agradezco al equipo de F&K Consultores y al equipo de Autopress, que facilitaron los datos del mercado automotriz. Cualquier comentario relativo a este trabajo puede enviarse al email: jgbulnes@uc.cl.

Índice

1. Introducción	3
2. Santiago Respira	8
3. Datos	11
4. Modelo teórico – dos periodos	12
4.1. Primer escenario: sin restricción	13
4.2. Segundo escenario: con restricción en el segundo periodo	15
5. Modelo Empírico	20
5.1. Efecto en Precios	20
5.2. Publicaciones de venta	27
6. Discusión: resultados como efectos de mediano plazo	33
6.1. Tiempo en venta	33
7. Discusión: resultados como efectos de largo plazo	37
7.1. Efecto en regiones	37
8. Bienestar	40
8.1. Contaminación	40
9. Conclusión	46

1. Introducción

Basándose en el éxito, en cuanto a la capacidad de renovar la flota hacia vehículos menos contaminantes, que tuvo la restricción vehicular permanente del año 1993, que eximía a automóviles nuevos de toda restricción y restringía a los antiguos un día a la semana durante los meses de invierno, y para hacer frente a una población cada vez más exigente en cuanto a los niveles de contaminación aceptables para la ciudad de Santiago, se propuso por parte de las autoridades actualizar dicho mecanismo y aplicarlo al escenario ahora vigente¹. En este contexto, a fines del año 2015, comenzó a diseñarse un sistema idéntico a la restricción de 1993, donde los vehículos de cohorte 2012 o posteriores se verían eximidos de una restricción vehicular permanente, y el resto se vería afectado. En los años 2016, 2017 y 2018 el diseño del proyecto de la restricción fue modificado en reiteradas ocasiones a través de diferentes anuncios que hacían las autoridades, resultando finalmente en un diseño idéntico al de 1993, sólo que en lugar de restringir a los automóviles antiguos un día a la semana, lo haría un día de cada dos semanas. Esta restricción comenzó el año 2018 y sólo funciona entre los meses de mayo y agosto, época en que la contaminación es especialmente problemática.

La motivación de este trabajo viene dada por la necesidad de estudiar los efectos que genera esta nueva restricción vehicular permanente, y su proceso de instalación en el mercado automotriz, incluyendo su etapa de gestación. Primero, se tratará de establecer cómo los anuncios que se dieron en torno al diseño de la restricción vehicular fueron repercutiendo en los precios del mercado automotriz de forma anticipada a su implementación. Segundo, junto con efectos anticipados, se estudiarán los efectos totales de esta restricción, mostrando también la heterogeneidad presente según la calidad y tipo del automóvil. Tercero, se analizará la emigración de vehículos antiguos en el corto plazo hacia regiones, y el potencial de emigración futuro. Por último, y en relación con los efectos heterogéneos en los precios, se comparará su comportamiento con la cantidad de emisiones de los diferentes tipos de automóviles, para analizar si hay relación entre los grupos más contaminantes, los que se vieron más afectados por la restricción y los que van a emigrar a regiones con mayor facilidad.

Sin duda el aspecto empírico fundamental de este trabajo está constituido por el efecto de la restricción en precios. Esto dado que la menor valoración que los individuos de la Región Metropolitana le asignan a vehículos anteriores al 2012, a partir de la restricción, se ve reflejada en los precios. Luego, como en regiones no hay una menor valoración por estos vehículos, sus residentes pueden comprarlos en Santiago y llevárselos a regiones a un menor costo, lo que explica la emigración de vehículos antiguos a regiones.

Dada la relevancia de los precios, se desarrolla un modelo teórico de dos períodos que permite entender la heterogeneidad en precios que se espera según niveles de calidad de los vehículos afectados.

En primer lugar, el modelo muestra que este mercado automotriz se ordena como una integración vertical, donde los individuos que le asignan costos más altos al transporte público utilizan los vehículos de mayor calidad, y además de forma más intensa. En segundo lugar, se muestra qué ocurre al imponer una restricción vehicular en el segundo periodo a los automóviles más antiguos

¹El trabajo de los autores Barahona et al. (2018) muestra la capacidad de esta restricción de renovar la flota.

(de peor calidad) que es anunciada en el primer periodo.

El primer efecto esperado del modelo recién referido es que para vehículos de calidad muy baja, que ya circulaban menos días que aquellos en que se encontrarían impedidos de hacerlo por la restricción, no habrá un efecto en precios. El segundo efecto, es que los automóviles que circulaban más días de los que les permitiría la restricción, sufrirán una discontinuidad en precio (entre un modelo 2012 y uno 2011, donde los vehículos afectos a la restricción pierden valor) en el primer periodo, es decir al momento del anuncio. Así, la única diferencia entre la discontinuidad del primer y segundo periodo vendrá dada por la tasa de descuento de los individuos. El tercer efecto que se podría observar corresponde a que, entre los vehículos que sí se vieron afectados, a mayor calidad mayor será la discontinuidad en precios generada por la restricción.

El modelo recién mencionado representa el comportamiento de corto plazo del mercado automotriz, dado que omite la posibilidad de que los vehículos emigren a regiones. En efecto, como se muestra más adelante, en el plazo que permiten estudiar los datos que se tienen en este trabajo todavía no ha ocurrido la emigración a regiones. Por lo tanto, agregar ese movimiento al modelo no ayudaría a comprender de mejor manera los resultados.

Dada la interrogante que deja el modelo hacia el futuro, se presentan dos posibles escenarios de largo plazo. Una primera opción, poco probable en la práctica, es que la restricción fue tan leve que la discontinuidad en precios generada fue menor a los costos de transporte a regiones, lo que impediría a los vehículos emigrar en el largo plazo. Este caso sería particularmente grave dado que podría hacer que la gente renueve sus vehículos, pero que los compradores de los automóviles antiguos no sean individuos de regiones, sino que grupos de baja valoración de la ciudad de Santiago².

Una segunda opción de largo plazo, no obstante, es que debido a restricciones de capacidad en el mediano plazo de las concesionarias de automóviles, no sea posible llevarse los automóviles a regiones en el plazo estudiado en este trabajo. Por lo tanto, esa emigración sólo ocurriría cuando aumente la capacidad disponible. En caso de ocurrir esa emigración, se esperaría que los automóviles que sufrieron una mayor discontinuidad en precios emigren primero a medida que aumenta la capacidad, dado que otorgarían un mayor excedente a individuos de regiones.

En cuanto a los resultados, además de mostrar los efectos agregados sobre el mercado automotriz, se hace una distinción entre automóviles de uso particular y vehículos de trabajo. En primer lugar, se hace esta distinción dado que los usuarios de automóviles de uso particular efectivamente sustituyen entre transporte privado y público. En cambio, los usuarios de los vehículos de trabajo, cuya carga no puede ser llevada en transporte público, no tienen la misma capacidad de sustitución. Así, las conclusiones sobre efectos heterogéneos del modelo teórico sirven solo para el segmento más grande del mercado automotriz, que sería el transporte de uso particular. En segundo lugar, los vehículos de trabajo, en la etapa de implementación del proyecto, fueron eximidos de toda restricción vehicular. Por lo tanto, las estimaciones sobre el mercado de vehículos de trabajo servirán como un ejercicio

²Estos grupos de menor valoración conducen inicialmente menos que lo que la restricción limita, por lo que accederán a comprar estos vehículos de alta calidad. Luego, los vehículos de baja calidad de estos últimos individuos, en caso de que estos no opten por venderlos como chatarra, pasarán a individuos de aún más baja valoración que anteriormente solo utilizaba transporte público, lo que haría que la flota de la ciudad de Santiago se agrande con respecto a la situación inicial.

placebo, cuyo efecto final luego de la implementación debiese ser nulo.

En cuanto a precios, en la Región Metropolitana las estimaciones para automóviles de uso particular muestran que la discontinuidad, que comenzó a generarse con los anuncios, fue de un 3,1 %. En cuanto a la heterogeneidad de este segmento, el tercio de modelos de mayor calidad tuvo una discontinuidad de 3,5 %, los de calidad media un 2,6 % y los de calidad baja un 2,5 %. De este forma, el modelo predice de forma correcta los efectos heterogéneos que se observan en el mercado de vehículos de uso particular.

Las estimaciones de publicaciones de venta de los automóviles de uso particular en la Región Metropolitana muestran un aumento de 14,2 % de vehículos del año 2011 con respecto a los de 2012, lo que también ocurre de forma anticipada con los anuncios. Lo anterior puede interpretarse como una intención de renovar los vehículos por parte de los individuos. Sin embargo, esto no significa que dicha renovación esté llevando vehículos a regiones, dado que como se explicó anteriormente, si los costos de transporte son muy altos, esta flota podría ser absorbida en la misma ciudad. Por lo tanto, para analizar dicha opción, se hace necesario analizar que ocurre con esta variable en regiones.

Los vehículos de trabajo, como es de esperar, no fueron afectados por la restricción. Sin embargo, en las etapas de anuncio, cuando no se sabía que este segmento sería exento, tampoco se observan variaciones en precios o publicaciones, lo que muestra que éstos no parecieran reaccionar de forma anticipada. Pese a lo anterior, cuando se aprobó la restricción, que inicialmente sería a dos dígitos, los vehículos de trabajo de calidad alta aumentaron en 21,1 % el tiempo que duraban en venta, seguido por un 26,8 % de los de calidad media, y un 29,8 % los de calidad baja. Por lo tanto, la demanda de este segmento en realidad sí se vio afectada. Sin embargo, como solo 4 meses después la restricción se postergó y se dejó su implementación a un nuevo gobierno, este efecto se revirtió a su nivel original y no alcanzó a verse reflejado en precios o publicaciones en el mediano plazo. Esta menor disposición a disminuir los precios en el corto plazo, corresponde a que el mercado de vehículos de trabajo es menos dinámico que el de automóviles de uso particular³. De esta forma, estos resultados sugieren que de haberse mantenido la restricción a estos vehículos, sí se hubiesen visto afectados, donde los automóviles de mayor calidad hubiesen tenido una menor discontinuidad en precios⁴.

En cuanto a regiones, no se encuentran efectos significativos en precios, ni en publicaciones, ni en tiempo en venta. En cuanto a precios, como las regiones de Chile constituyen un mercado libre, se presume que no hay arbitraje a nivel país, lo que debiese acercar los precios y hacer equivalentes los efectos de la restricción sobre ellos. Además, una emigración de vehículos de la Región Metropolitana hacia otros lugares debiese verse reflejado en un aumento de publicaciones en regiones, dado que los concesionarios se llevarían los automóviles para venderlos allá. O bien, si el mercado no se ajusta a través de concesionarios, sino que a través de individuos de regiones que vienen a comprar un vehículo a Santiago, como en regiones no se modificaron los precios se debiese experimentar un

³Las empresas utilizan contratos de arriendo o de renovación con las concesionarias, por lo que las plataformas web no constituyen un medio relevante para llevar a cabo las transacciones, lo que explica un menor dinamismo.

⁴Esto difiere con el modelo dado que los usuarios de los vehículos de trabajo no sustituyen con el transporte público, por lo que los resultados sugieren que a menor calidad, menor capacidad de sustitución, mayor ingreso a la zona geográfica afectada o bien se le da un uso más intensivo al automóvil.

aumento en el tiempo en venta de vehículos ofrecidos en dichos mercados. Sin embargo, nada de lo anterior ocurre. Como se mencionó anteriormente, esto podría deberse a que los costos de transporte sean mayores a la discontinuidad en precio generada, o bien a que, por restricciones de capacidad en el corto-mediano plazo, las concesionarias no han podido trasladar una cantidad significativa de vehículos a regiones.

Los efectos de la restricción vehicular recién mencionados, al ser el resultado de imponer fricciones a un mercado libre, disminuye el bienestar de la población. Sin embargo, en caso de que sí se logre la emigración de vehículos antiguos hacia regiones en el largo plazo, la disminución en la contaminación que eso conlleva constituiría una mejora en el bienestar de las personas⁵. Lo anterior dado que, por características geográficas, las emisiones contaminantes son menos dañinas en regiones.

Pese a no encontrarse en el óptimo económico, correspondiente a que los automóviles que contaminan más experimenten una mayor perdida de valor, se muestra que esta restricción proporciona un mecanismo altamente eficiente para disminuir la contaminación. Bajo el supuesto de que la gente renueva su vehículo antiguo por un modelo similar, solo que de un año no afecto a la restricción, entonces el orden de emigración que acompaña este recambio es el que más contribuye a disminuir las emisiones contaminantes de la ciudad. De esta forma, en caso de ocurrir la evacuación, los primeros modelos en emigrar a regiones serían los que marginalmente más aportan a disminuir la contaminación, seguido de los que aportan medianamente, y siendo los últimos en emigrar los que menos aportan. Esto es especialmente relevante dado que, como el proceso de emigración es lento, es importante el orden en el que los vehículos son llevados a regiones, de modo de mejorar la salud de las personas en el menor plazo posible.

En la literatura se han estudiado extensamente las restricciones vehiculares, pero en general éstas buscan disminuir la contaminación a través de un mecanismo diferente al de este trabajo. Usualmente, ellas consisten en restringir a todos los vehículos de cierta área geográfica, con el fin de que disminuya su uso. La conclusión sobre estos diseños es que muestran ser ineficientes, dado que no solo fracasan en su intención de disminuir la contaminación, sino que muchas veces terminan causando un aumento de la misma. Esto último dado que muchos hogares optan por comprar un segundo vehículo, que además es más contaminante que el primero⁶. A diferencia de lo anterior, la restricción que se estudia en este trabajo busca disminuir la contaminación al renovar la flota de vehículos hacia una más limpia. La literatura sobre las restricciones que buscan la renovación de la

⁵Dado que en este trabajo no se cuenta con los datos que permitirían cuantificar el cambio de bienestar agregado, en un escenario ideal se podrían ponderar los resultados de Barahona et al. (2018) con los que se presentan para el escenario actual. Sin embargo, lo anterior no será posible, dado que, como se explicará en detalle más adelante, el mayor beneficio a la salud que otorgaba la restricción de 1993 se relaciona con una disminución en enfermedades cardíacas, mientras que en la restricción actual el mayor margen de acción es sobre la salud respiratoria. Por lo tanto, en cuanto a las mejoras para la salud, éstas restricciones no son comparables, y se necesitaría información adicional para un análisis de ese tipo.

⁶En general esto consiste en que todos los automóviles de cierta área geográfica tienen una prohibición de manejar ciertos días, a ciertas horas, en ciertas épocas. Esta restricción permanente se logra a través de restringir que los automóviles cuya patente termine en cierto dígito circulen tal día, formando un patrón semanal ordenado que restringe a todos los automóviles por igual. Es decir, es igual a la que se estudia en este trabajo solo que aplica para todos los vehículos de la ciudad. El caso más conocido y estudiado de los efectos negativos de este tipo de restricción es el programa Hoy-No-Circula (HNC) que comenzó en noviembre de 1989 en Ciudad de México (Davis, 1998; Eskeland y Feyzioglu, 1997; Gallego et al., 2013; Molina et al., 2002).

flota, pese a ser más escasa, ha mostrado que este mecanismo puede ser una herramienta eficiente para combatir la contaminación⁷.

En primer lugar, Barahona et al. (2018) muestra que la restricción vehicular de 1993, mencionada anteriormente para la ciudad de Santiago, logra renovar la flota y disminuir la contaminación de la ciudad, teniendo efectos positivos en el bienestar. El trabajo recién mencionado será relevante dado que estudia una restricción idéntica a la que se estudia en este trabajo, solo que en 1993 y afectando al doble de vehículos por día. En segundo lugar, Ye y Chen (2018) muestran que cuando se estableció una restricción del tipo LEZ (siglas en inglés de Zonas de Baja Emisión) en la ciudad de Nanchang, que restringe totalmente usar vehículos de cierta antigüedad, mejoró significativamente la contaminación, y además no hubieron indicios de compra de un segundo automóvil. Este último trabajo será relevante porque no solo tiene en cuenta la implementación, sino que también la etapa de anuncio⁸.

Considerando lo anterior, este trabajo contribuye a la literatura principalmente de tres maneras. En primer lugar, permite profundizar sobre los efectos de corto plazo que tiene la restricción sobre el mercado automotriz, en aspectos que no se habían considerado anteriormente. De esta forma, pese a que el efecto heterogéneo en precios sí es estudiado por Barahona et al. (2018) para el caso de los automóviles de uso particular, no ocurre lo mismo con los vehículos de trabajo, cuyo comportamiento es diferente. Además, tampoco se analiza la heterogeneidad en la intención de renovar los vehículos que se presenta en este trabajo, donde a mayor calidad se observa un menor recambio. En segundo lugar, la relación entre la heterogeneidad de precios y la heterogeneidad en emisiones, que permitiría un orden de emigración altamente eficiente, tampoco ha sido reportada por literatura previa. Por último, en un contexto de restricciones vehiculares, este trabajo muestra que el mercado automotriz no reacciona a las políticas públicas que lo afectan únicamente en su implementación, sino que además cuando éstas son anunciadas, y también cuando se modifican los diseños de las mismas.

A continuación, en la sección 2 se contextualiza la restricción vehicular en la ciudad de Santiago, y se muestran los diferentes anuncios que hicieron las autoridades, que fueron cambiando el diseño de la restricción, desde su gestación hasta su implementación. Adicionalmente, en la sección 3 se explican los datos que se cuentan para este trabajo. Luego, en la sección 4 se muestra el modelo teórico mencionado anteriormente. Posteriormente, en las secciones 5, 6 y 7 se estudia, a través de diferentes métodos empíricos, para los diferentes segmentos de vehículos, si efectivamente se observan las conclusiones obtenidas a partir del modelo, principalmente sobre los efectos en precios y en la emigración a regiones. Además, en la sección 8 se compara la heterogeneidad en precios con la

⁷En este sentido, hay dos formas de restricción que han sido utilizadas con este propósito. El primer tipo consiste en el uso de Zonas de Baja Emisión (LEZ por sus siglas en inglés) que restringe el acceso total a automóviles de cierta antigüedad o tipo en las épocas en las que la contaminación es problemática (para más detalles, ver Wolff, 2014). Este es el caso de varias ciudades en Alemania desde 2008, y de algunas ciudades Chinas como Beijing en 2009 y Nanchang en 2013. Además, grandes ciudades Europeas como Londres, París y Roma prohibirán el ingreso de vehículos petroleros a los centros de la ciudad en la próxima década. El segundo tipo corresponde a una restricción del tipo HNC de Ciudad de México en 1989, sólo que afecta exclusivamente a automóviles de cierta antigüedad. Este es el caso de la versión actual de HNC, de Santiago en 1993 y de Santiago de 2018.

⁸Por otra parte, este trabajo utiliza las búsquedas en el buscador más grande de China para ver si hay indicios de compra de un segundo automóvil. Con respecto a esto último, en este trabajo también se usarán las búsquedas en Google, solo que para un propósito diferente, esto es, medir la atención de los individuos a los avisos.

heterogeneidad en emisiones. Por último, en la sección 9 se entregan conclusiones sobre esta política pública en particular.

2. Santiago Respira

Santiago es la capital de Chile, hogar de más de 7 millones de personas, no muy lejos de la mitad de la población total del país. Esta ciudad, debido a que se encuentra entre dos grandes cadenas montañosas, la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, junto con las altas presiones que caracterizan el clima mediterráneo de la ciudad, hacen que la ventilación de la contaminación producida por la ciudad sea muy deficiente. En este sentido, en los meses de invierno, debido a que el aire no sube gracias a los aires más fríos que hay por encima de la montaña, el problema se acentúa y se vuelve especialmente perjudicial para la salud.

La economía chilena ha experimentado un fuerte crecimiento a lo largo de las últimas décadas, concentrándose sobre todo este crecimiento en la ciudad de Santiago. Por lo tanto, el incremento en el ingreso de las personas ha hecho que éstos opten cada vez más por un medio de transporte privado como un automóvil. Así, pese a que las características geográficas son las mismas, ha ido aumentando fuertemente la contaminación, gran parte de esta debida al transporte privado. Para solucionar este problema, en 1986 se aplicó el primer tipo de restricción vehicular en Santiago. Esta consistía en que en los episodios críticos de contaminación, todos los automóviles de la ciudad se verían afectados por una restricción si es que les tocaba determinado dígito de patente. Con el tiempo, este tipo de restricción fue cada vez más frecuente, hasta que se decidió poner la restricción permanente a automóviles no catalíticos del año 1993. En dicha restricción, ya mencionada anteriormente, los vehículos catalíticos se eximieron de toda restricción, dado que como eran automóviles más limpios, las autoridades quisieron fomentar el recambio a este tipo de automóviles. Los automóviles no catalíticos, en cambio, no podrían manejar una vez a la semana en las épocas problemáticas. Años después, en la primera década del nuevo milenio, época en la cual ya se había producido el éxodo de vehículos catalíticos que se menciona en Barahona et al. (2018), las autoridades decretaron que volverían a haber restricciones vehiculares en episodios críticos. Sin embargo, dado que las autoridades eran cada vez más exigentes en cuánto a la contaminación máxima aceptable para no perjudicar la salud, y luego de que en junio de 2015 hubiese un récord de episodios críticos decretados, la autoridad anunció en julio de 2015 la necesidad de un proyecto para una nueva restricción vehicular permanente.

Entre que se anunció la nueva restricción vehicular en julio de 2015 y la implementación en mayo de 2018, las autoridades modificaron el mecanismo y la fecha inicial en varias oportunidades. Por lo tanto, identificar dichas fechas será clave para la estimación de los efectos de esta restricción. Además, esto nos permitirá estimar elasticidades asociadas a los cambios de mecanismos o fecha de inicio que no han sido abordadas por la literatura.

La historia que se mencionará a continuación se obtuvo por medio de tres fuentes. En primer lugar, se utilizó «Herramientas» del buscador Google para ver si en los distintos meses que comprenden desde todo el año 2015 a la actualidad hubo noticias sobre esta restricción vehicular. Por este

medio se identificaron los anuncios iniciales, épocas de difusión en medios de comunicación influyentes, cambios en el mecanismo de restricción, etc. Luego también se entrevistó a Andrés Pica, ex Jefe de la división de calidad del aire del Ministerio de Medio Ambiente. Pica trabajó los últimos 3 años del gobierno de Michelle Bachelet en el Ministerio de Medio Ambiente, por lo que pudo explicar el detalle interno que llevó a algunos cambios de mecanismo (como el problema con Contraloría que se mencionará a continuación). Además, confirmó las fechas que se obtuvieron mediante Google. Por último, se entrevistó a directivos de empresas que trabajan en el sector de automóviles usados, cuya versión también iba en línea con la historia que se muestra a continuación⁹.

De esta forma, en julio de 2015 se dio inicio al Nuevo Plan de Descontaminación «Santiago Respira». En dicha época, solo se dijo que se iba a elaborar un proyecto que no favoreciera la compra de un segundo automóvil. Sin embargo, no se dio detalles del mecanismo de esta nueva restricción vehicular permanente. No fue hasta octubre cuando la autoridad se volvió a referir sobre el tema, no obstante, no se entregaron tampoco detalles de su mecanismo, sino que en dicha oportunidad solo se dijo que favorecería el recambio a automóviles más limpios y que comenzaría posiblemente el 2016, dando la primera señal de que sería una restricción diseñada por vía de la renovación de la flota. Luego, a fines de diciembre se dijo por primera vez el mecanismo de la restricción, pero no como una política definitiva sino que como un proyecto que entraría en un proceso de consulta pública o ciudadana. Esta sería a dos dígitos por semana entre mayo y agosto y sólo se verían afectados los automóviles cuyo modelo sea anterior al año 2012. Además, ésta restringiría toda el área interior del anillo de Américo Vespucio (ver Figura 1), dado que esa área tendría serios problemas de contaminación. La idea era que el proyecto estuviese listo antes de los primeros cuatro meses del año 2016. La fecha de implementación, sin embargo, no se había mencionado muy claramente¹⁰. No es hasta mayo de 2016 cuando una autoridad del gobierno ratifica que iba a haber una restricción, que comenzaría recién el año 2017. En esa época, sin embargo, no se hizo mucha cobertura por parte de la prensa. Sin embargo, en julio de 2016, cuando nuevamente comenzaron a decretarse episodios críticos de forma frecuente, la prensa comenzó a cubrir la nueva restricción vehicular de forma muy intensiva. Pese a aquello, se planteaba cierta incertidumbre sobre ésta dado que todavía faltaba la «aprobación» del comité de ministros. Lo anterior ocurrió en octubre de 2016, época en la cuál se volvió a dar una amplia cobertura a esta restricción y se planteaba como algo definitivo. A partir de esta fecha, no hubieron novedades sobre la restricción durante el año 2016, quedando en que la restricción sería a dos dígitos, comenzaría el año 2017 y solo restringiría el área interior a Américo Vespucio.

En febrero de 2017, sin embargo, desde el gobierno se mencionó que solo faltaba la toma de razón de Contraloría para oficializarla por decreto. Por esto último, la Contraloría no recibió bien ese anuncio del gobierno, que inculpaba a ese organismo de la demora, y decidió postergar su aprobación. Entonces, en marzo de 2017 el gobierno anunció públicamente a través de medios de comunicación

⁹Se entrevistó al Gerente de automóviles Usados de Derco. También al fundador de autopress, empresa que proporcionó los datos, que se dedica a dar valoraciones actualizadas de los precios de automóviles usados por medio de recolección permanente de datos a través de un software que captura las publicaciones en plataformas web.

¹⁰De hecho, en el mes de febrero hubo una protesta de motociclistas porque esta restricción también los afectaría a ellos. En dicha propuesta se alegaba contra la nueva restricción vehicular que comenzaba «este año».

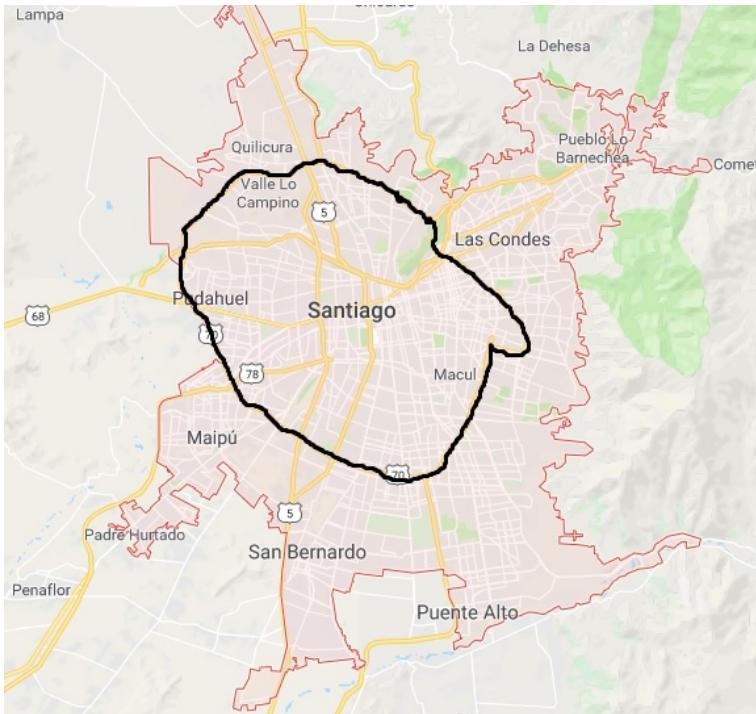


Figura 1: Circunvalación Américo Vespucio (en negro) en relación a Santiago (en rojo).

la postergación de la restricción vehicular permanente para el año 2018. Luego, en octubre de 2017, la Controlaría anuncia la Toma de Razón y se oficializa el proyecto que comenzaría el año 2018. Sin embargo, como el año 2018 comenzaría un nuevo gobierno, su implementación dependería finalmente de las nuevas autoridades.

En el año 2018 comenzó un nuevo gobierno, de la coalición contraria al anterior. Esta nueva autoridad no había dado muestras claras de si iba a llevar a cabo este proyecto. Sin embargo, en abril de 2018, tres semanas antes de la supuesta implementación, decidió anunciar que sí iba a haber restricción vehicular permanente, pero con un nuevo mecanismo. La versión final sería solo a un dígito por día hábil entre los meses de mayo y agosto, y los vehículos no afectados por la restricción permanente tampoco se verían afectados a ningún episodio crítico de contaminación. Los automóviles anteriores al 2012, entonces, no podrían manejar un día de cada dos semanas, y además se verían afectados sólo a episodios de emergencia ambiental donde se sumaría sólo un dígito¹¹. Luego, en mayo de 2018, comenzó la nueva restricción vehicular permanente, en la cual se decidió dejar exentos a los vehículos de trabajo, que son las camionetas y vehículos utilitarios. En la Figura 2 se muestra una breve línea de tiempo de estos acontecimientos¹².

¹¹En general, los episodios de emergencia ambiental son muy escasos, y con esta nueva restricción probablemente serán nulos, ya que funcionan sólo a través de decisión del Ejecutivo.

¹²En la sección A.1 de Anexos de muestra, a través de la herramienta Google Trends, que estos anuncios sí fueron adquiridos por la población. Tal como se menciona en Anexos, según los autores Da et al. (2011), las búsquedas en Google reflejan la atención de forma muy oportuna, por lo que serán útiles para analizar si los anuncios son efectivamente adquiridos en las fechas que se plantean en este trabajo.

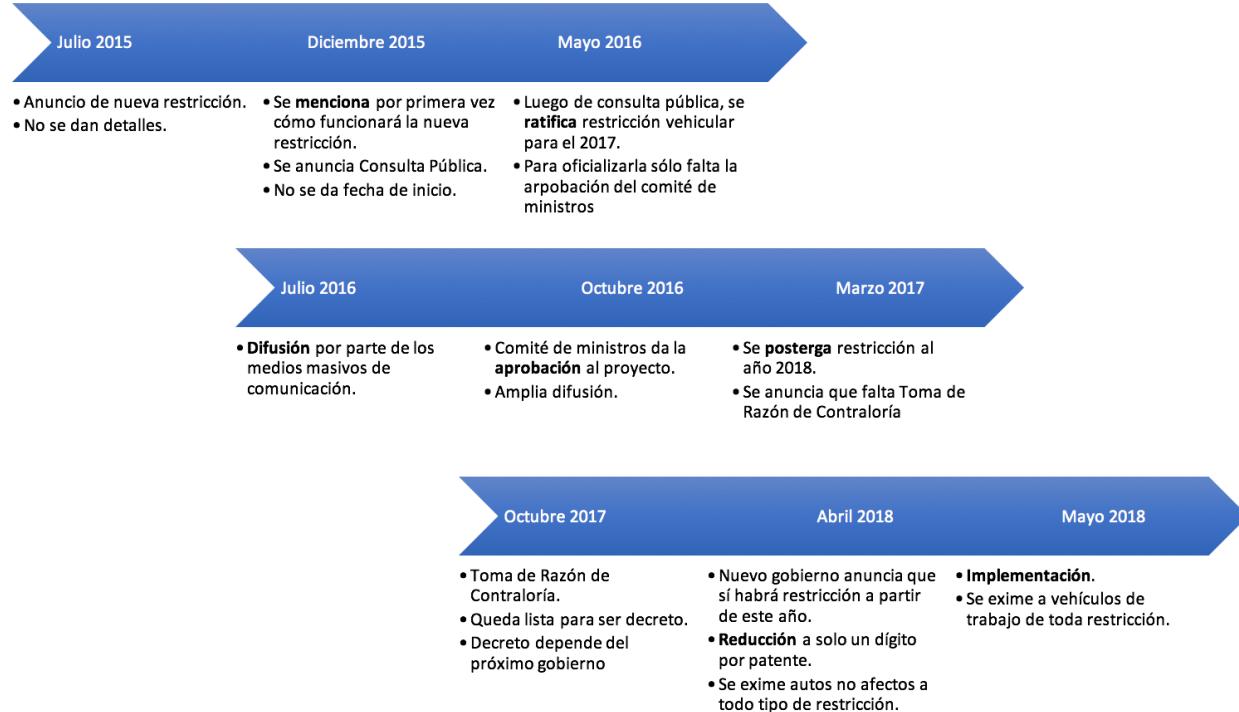


Figura 2: Línea de tiempo de anuncios.

3. Datos

Teniendo en cuenta todo lo anterior, ahora se procederá a analizar los datos con los que se cuenta para este trabajo. Los datos del mercado automotriz fueron proporcionados por Autopress, empresa que se dedica a tener información actualizada sobre valoraciones de automóviles usados del mercado chileno. Para esto, la empresa utiliza un software que le permite extraer las publicaciones de automóviles en las distintas plataformas web que se utilizan en el mercado chileno como yapo.cl, chileautomóviles.cl, demotores.cl, Clasificados de El Mercurio, etc. Luego, la empresa dio acceso a estos datos para que en esta investigación se investiguen los efectos de la nueva restricción vehicular permanente en el mercado automotriz. Estos comprenden el total de publicaciones de venta a nivel nacional de automóviles hechas en páginas web, que fueron detectadas por Autopress entre la semana 40 de 2015 y finales de julio de 2018. Se cuenta con 4.673.890 automóviles publicados que contienen las siguientes variables: año del automóvil, marca, modelo, motor, tipo de combustible, submodelo 1, submodelo 2, kilometraje, región de publicación, precio de publicación, cantidad de semanas que duró publicado y año de publicación.

Esta rica base de datos entrega una ventaja empírica por sobre lo realizado por Barahona et al. (2018), en relación a los precios, en dos aspectos. En primer lugar, esos autores tenían datos de solo 7 modelos, con menos variables disponibles, y de solo un lugar de publicación que sería Clasificados de El Mercurio. En cambio, en este trabajo se tiene una muestra representativa de todas las publicaciones hechas en plataformas web, con una variedad enorme de modelos. En segundo lugar, como en Barahona et al. (2018) se estudió una restricción que regía para automóviles de modelos que

todavía no estaban en el mercado, sólo se podía explotar empíricamente la variable estar afectado versus no estar afectado¹³. En cambio, las características de esta restricción permiten tener afectado versus no afectado, y ademas un antes y un después para cada uno de esos grupos. Así, la variable de tratamiento tiene dos dimensiones y se pueden estimar los efectos a través de una estrategia empírica como diferencias en diferencias.

Para analizar los cambios en las emisiones que implicaría un recambio a vehículos más nuevos, se utilizarán las revisiones técnicas de toda la flota vehicular del país para el año 2016. Además, para comparar el escenario actual con el que muestra Barahona et al. (2018), se usarán las revisiones técnicas del año 2008, dado que ésta base de datos se utiliza en dicho trabajo.

Antes de analizar los datos y hacer estimaciones, se procederá a mostrar un modelo de integración vertical de dos periodos que nos permitirá explicar cómo una restricción vehicular permanente específica a cierta antigüedad, si se anuncia de forma anticipada, hace que los precios de los automóviles se modifiquen al momento de los anuncios. Junto con esto, se mostrará que debido a que las personas tienen preferencias heterogéneas, sumado a que el mercado se integra verticalmente, una restricción podría por un lado no tener efectos en precios para algunos automóviles, y por otro mostrar que dentro de los que sí se vieron afectados, los de mayor calidad serán los más afectados. Posteriormente, con los datos se estimarán los efectos que se esperan a partir del modelo.

4. Modelo teórico – dos períodos

En Barahona et al. (2018) se busca determinar cómo sería, tanto en estado estacionario como en la transición, una restricción vehicular óptima y cómo se compara a otros instrumentos alternativos, en cuanto a su capacidad para renovar la flota. Esto con el fin de reducir las externalidades negativas causadas por la contaminación. En este sentido, se entiende por óptimo que sea la alternativa más cercana, en cuanto a bienestar social, a un impuesto «Piguviano». Para llegar a aquello, los autores muestran que, para explicar cómo los diferentes mecanismos afectan la renovación de la flota, no es necesario tener en cuenta posibles efectos heterogéneos de la restricción vehicular. Sin embargo, como este trabajo tiene un enfoque empírico donde sí es de interés tener en cuenta dicha heterogeneidad, se pedirá prestado a los mismos autores un modelo que utilizaron en un reporte técnico en el que sí se tiene en cuenta. Este modelo no pretende sustituir al modelo de equilibrio general de Barahona et al. (2018) sino que le hace un «zoom» a una parte específica del modelo. Luego se modifica y simplifica esta pequeña parte para mostrar cómo la heterogeneidad en las preferencias hace que hayan efectos heterogéneos «within vintage» a partir de la restricción.

Para lograr mostrar los efectos heterogéneos, Barahona (2015) en su reporte técnico modifica y simplifica el modelo de Barahona et al. (2018), y a la vez incluye el uso de transporte público, cosa que en Barahona et al. (2018) fue normalizado a cero¹⁴. Esta modificación tiene como fin entender

¹³Sin embargo, en Barahona et al. (2018) muestran, a través de vehículos que ya eran catalíticos antes del año 1993 y que por lo tanto se eximían de la restricción, que los resultados no cambian sustancialmente al tener un antes y un después. De esta forma, pese a que en teoría esto es una ventaja, en realidad el aporte que se pretende otorgar a partir de este trabajo está en el contenido novedoso que otorga, y no en la estrategia empírica.

¹⁴Como se verá a continuación, el transporte público es la fuente de heterogeneidad en los precios. Luego, como

que, a partir del hecho de que hay heterogeneidad en las preferencias (costos) de las personas respecto de la distancia manejada en un automóvil de cierta calidad versus la cantidad de transporte público utilizado, se terminan teniendo efectos heterogéneos en los precios de los automóviles a partir de una restricción vehicular como ésta. Tanto la estructura del modelo como las proposiciones que se mostrarán a continuación mantienen lo realizado por Barahona (2015). Sin embargo, el modelo que se presenta es ligeramente diferente en cuanto considera un aviso anticipado de restricción vehicular a los individuos, para mostrar que los efectos heterogéneos se ven incluso antes de que la restricción sea implementada. De esta forma, es un modelo de dos períodos donde la restricción, conocida en el periodo 1 por todos los individuos, comenzará en el periodo 2.

4.1. Primer escenario: sin restricción

Consideremos una economía que consiste en un continuo de agentes de masa unitaria con una demanda por transporte inelástica normalizada a 1 para todos los agentes. Esta demanda puede satisfacerse mediante el uso de vehículos o por el transporte público. El costo asociado a utilizar el transporte público $\theta > 0$ es heterogéneo para los individuos y proviene de una función de distribución acumulada $F(\theta)$, que se mantiene para toda la vida del individuo. Por el otro lado, el costo de manejar un vehículo viene dado por x y depende sólo de la calidad del automóvil. En este modelo, lo que buscan los individuos es minimizar los costos totales asociados al transporte, sustituyendo entre la opción pública y la privada.

Asumamos que el costo de transporte viene dado por

$$C(v_t, m_t | x, \theta) = xv_1^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta m_1^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \delta \left[xv_2^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta m_2^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \right] \quad (1)$$

donde v y m representan la distancia recorrida en vehículo y transporte público respectivamente, para los dos períodos 1 y 2. Además, $\alpha > 0$ le da convexidad a cada mecanismo de transporte y $\delta \in [0, 1]$ corresponde a la tasa de descuento de los individuos.

El problema de un agente de tipo θ que es dueño de un automóvil de calidad x viene dado por:

$$\begin{aligned} \min C(v_t, m_t | x, \theta) &= xv_1^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta m_1^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \delta \left[xv_2^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta m_2^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \right] \\ \text{s.a. } v_t + m_t &\geq 1, \quad t \in \{1, 2\} \end{aligned} \quad (2)$$

Donde en una situación inicial sin restricción la solución es la siguiente:

$$v_t^* = \frac{\theta^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha} \quad t \in \{1, 2\} \quad (3)$$

$$m_t^* = \frac{x^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha} \quad t \in \{1, 2\} \quad (4)$$

Además, hay N diferentes modelos de automóviles con calidades x_1, x_2, \dots, x_N , ordenadas de

en Barahona et al. (2018) la heterogeneidad no es relevante para establecer una restricción óptima, no es necesario tenerlo en cuenta.

menor a mayor con x_N como valor mas alto y con $x_1 > 0$. Así, un menor valor de x representa una mayor calidad del automóvil. Como el mercado chileno chileno de automóviles usados es cerrado hacia el exterior, hay un monto fijo de vehículos de cada modelo dado por s_1, s_2, \dots, s_N cuyos dueños son muchas personas o concesionarias que arriendan el automóvil para los individuos de una manera competitiva¹⁵. Además $\sum_{j=1}^N s_j \leq 1$, por lo que no todos los individuos pueden arrendar automóviles. Las concesionarias o personas arriendan un automóvil de calidad x_i a un precio r_i tratando de maximizar sus ganancias¹⁶.

De esta forma, con las ecuaciones (1), (3) y (4) se llega a que el costo total para ambos periodos será de

$$\bar{C}(x_i, \theta) = (1 + \delta) \left[\theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_i \right] \quad (5)$$

Proposición 1: *Agentes con mayores costos de transporte θ usan automóviles de mayor calidad (menor x) en equilibrio.*

Demostración: Considerando r fijo, se cumple que

$$\frac{dC(x, \theta)}{dx} = \theta^{1+\alpha} (1 + \delta) (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}-1} > 0 \quad (6)$$

$$\frac{d^2C(x, \theta)}{dxd\theta} = (1 + \delta)(1 + \alpha)\theta^\alpha x^\alpha (\theta^\alpha + x^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}-2} > 0 \quad (7)$$

Por lo tanto, como los individuos minimizan costos, por (6) se sabe que están dispuestos a pagar más por un automóvil con un menor valor de x . Además, por (7) se puede ver que este modelo sugiere que para un individuo con un valor alto de θ , el costo marginal de tener un automóvil con un alto valor de x (baja calidad) es mayor.

Con la Proposición 1 se cumple que los individuos con un mayor θ estarán dispuestos a pagar más por un modelo de una mayor calidad. Por esto, los automóviles se ordenarán como en un modelo de integración vertical. Así, como las concesionarias están compitiendo por arrendar el automóvil, el último individuo en arrendar un vehículo, que será el de tipo θ_N , estará indiferente entre manejar dicho automóvil de calidad x_N o usar solo transporte público. Esto dado que, si un individuo prefiere estrictamente el transporte publico, un concesionario podría bajar el precio hasta que utilizar un automóvil sea conveniente. Por el otro lado, si el individuo prefiere estrictamente manejar, los conce-

¹⁵En el contexto de este modelo, se hablará de concesionarias que arriendan el automóvil en cada periodo de forma competitiva. Esto refleja simplemente un mercado sin fricciones que se aclara en cada periodo, en un contexto de bienes durables. De esta forma, no es relevante que en realidad las mismas personas, no necesariamente concesionarias, pongan en venta su vehículo, dado que mientras no hayan fricciones y el mercado se aclare en cada periodo las implicancias serán las mismas.

¹⁶Se asume un mismo precio de arriendo por dado que como se muestra luego de la ecuación (9) los mercados se aclaran de la misma forma en ambos periodos.

sionarios podrían cobrar más, al punto de dejarlo indiferente. Luego, una vez arrendado el automóvil al individuo tipo θ_N , las concesionarias tendrán la misma lógica para el individuo θ_{N-1} , que estará indiferente entre manejar un automóvil de calidad x_N a uno de calidad x_{N-1} , así sucesivamente hasta el individuo que encuentre más costoso el transporte público. De esta forma:

$$\theta_N x_N (\theta_N^\alpha + x_N^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_{t,N} = \theta_N \quad t \in \{1, 2\} \quad (8)$$

$$\theta_i x_i (\theta_i^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_{t,i} = \theta_{i+1} x_{i+1} (\theta_{i+1}^\alpha + x_{i+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_{t,i+1} \quad \forall i = 1, \dots, N-1 \quad (9)$$

Luego, como los individuos mantienen el θ toda su vida, se cumplirá que para todo i , $r_{1i} = r_{2i} = r_i$, donde no habrá diferencia en los mercados para los distintos períodos¹⁷. Además, como el mercado de automóviles usados es cerrado se cumplirá también que

$$1 - F(\theta_i) = \sum_{j=1}^i s_j \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (10)$$

Por último, el valor que los concesionarios le asignan a sus automóviles en el primer período será el valor descontado de sus arriendos, mientras que en el segundo período será el valor del arriendo. Así los precios serán

$$p_{1i} = r_{1i} + \delta r_{2i} = (1 + \delta)r_i \quad (11)$$

$$p_{2i} = r_{2i} = r_i \quad (12)$$

que corresponden al valor mínimo por el que los concesionarios estarán dispuestos a vender el automóvil.

De esta forma, las condiciones (3), (4), (8), (9), (10), (11) y (12) determinarán el equilibrio único de esta economía.

4.2. Segundo escenario: con restricción en el segundo período

En este caso se quiere estudiar cómo reacciona el mercado a una restricción vehicular permanente anticipada que comienza el segundo período. Esto consiste en que en el segundo período los individuos podrán usar un vehículo como máximo una proporción $R \in (0, 1)$ de su demanda por transporte en vehículos. Dicho de otra forma, todos los individuos de esta economía tendrán que usar como mínimo un $(1 - R)\%$ de su recorrido semanal en transporte público.

En esta economía los individuos minimizan

¹⁷A diferencia de Barahona et al. (2018) en este modelo no se consideran la pérdida de los automóviles debido a accidentes o por decisión de venderlos como chatarra, para enfocarnos solamente en los efectos heterogéneos.

$$\begin{aligned} \min C(v_t, m_t | x, \theta) &= xv_1^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta m_1^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \delta \left[xv_2^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta m_2^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \right] \\ \text{s.a. } v_t + m_t &\geq 1, \quad t \in \{1, 2\} \\ v_2 &\leq R \end{aligned} \tag{13}$$

Donde la solución será

$$v_1^* = \frac{\theta^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha} \tag{14}$$

$$m_1^* = \frac{x^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha} \tag{15}$$

$$v_2^* = \min \left\{ \frac{\theta^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha}, R \right\} \tag{16}$$

$$m_2^* = 1 - \min \left\{ \frac{x^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha}, R \right\} \tag{17}$$

Luego el costo total de los individuos vendrá dado por:

$$\bar{C}(x_i, \theta) = \begin{cases} \theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_{1i} + \delta \left[x_i R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + r_{2i} \right] & \text{si } R \leq \frac{\theta^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha} \\ \theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_{1i} + \delta \left[\theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + r_{2i} \right] & \text{si no} \end{cases} \tag{18}$$

O bien, dada la condición (11), podemos reescribirlo como:

$$\bar{C}(x_i, \theta) = \begin{cases} \theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + \delta \left[x_i R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \right] + p_{1i} & \text{si } R \leq \frac{\theta^\alpha}{\theta^\alpha + x^\alpha} \\ \theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + \delta \left[\theta x_i (\theta^\alpha + x_i^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] + p_{1i} & \text{si no} \end{cases} \tag{19}$$

Es importante mencionar que individuos con bajo θ usan una menor proporción de su demanda en transporte (en la condición (4) y (15) se puede apreciar esto) por dos razones. En primer lugar, como θ representa el costo de transporte, para estos individuos es más conveniente utilizarlo. Segundo, en equilibrio ellos arriendan un automóvil con un mayor valor de x , lo que aumenta el costo de usar dicho vehículo (ver condición (7) de la Proposición 1). Este mecanismo será fundamental para explicar cómo la heterogeneidad en θ terminará causando efectos heterogéneos en los precios de los automóviles luego de una restricción vehicular permanente.

Definamos la diferencia de precios en el periodo 1 de un automóvil de cierta calidad x_i con un automóvil de solo una categoría menos de calidad x_{i+1} para un individuo de un costo θ_i dado, como

$$\Delta p_{1i} = p_{1i} - p_{1i+1} \tag{20}$$

y lo mismo aplica para el precio del segundo periodo

$$\Delta p_{2i} = p_{2i} - p_{2i+1} \quad (21)$$

Ahora bien, sabiendo cómo reacciona el mercado tanto sin restricción como con ella, se verá a continuación qué ocurre si la restricción vehicular afecta sólo a automóviles de una calidad suficientemente mala. Con esto se pretende ver qué ocurrirá en una restricción como la que ocurrió en Santiago este 2018, donde se entiende por una calidad suficientemente mala a los automóviles anteriores al 2012.

Proposición 2: *Suponga una restricción vehicular permanente, conocida por todos los individuos en el primer periodo, es implementada en el segundo periodo, donde los conductores que usan automóviles con calidades $x \geq x_{k+1}$ (peores que x_k) pueden satisfacer solo hasta un máximo de R su demanda por transporte privado. Entonces será cierto que:*

1. si $R < \frac{\theta_k^\alpha}{\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha}$, entonces Δp_{1k} será mayor con la restricción vehicular que sin ella.
2. si $R < \frac{\theta_k^\alpha}{\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha}$, entonces Δp_{2k} será mayor con la restricción vehicular que sin ella.
3. si $R \geq \frac{\theta_k^\alpha}{\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha}$, entonces la restricción vehicular no tendrá efecto en precios.
4. Definamos el promedio de calidad de un modelo particular como y , y asumamos que $\frac{dx_k}{dy} = \frac{dx_{k+1}}{dy} < 0$. Entonces, a mayor calidad promedio y de un modelo, mayor será el impacto que tendrá la restricción vehicular en los precios de ambos períodos.

Para ver demostración ir a Sección A.2 de Anexos.

Antes de entrar a explicar las implicancias que tiene este modelo que serán útiles para la estrategia empírica, es necesario explicar qué significa y y cómo se diferencia a x . Llevado al contexto de la restricción vehicular actual, habría que pensar que la calidad x tiene dos dimensiones. Por un lado está el año del automóvil, y por el otro lado está el modelo del automóvil. Así, x aumenta al aumentar la antigüedad del automóvil, así como también aumenta al cambiarse de un Mercedes Benz a un Fiat. En un gráfico, como el que se muestra en la Figura 3, que tiene en el eje X la antigüedad del automóvil y en el eje Y la calidad del automóvil, lo que significa $\frac{dx_k}{dy} = \frac{dx_{k+1}}{dy} < 0$ es que la curva del Mercedes Benz es un desplazamiento vertical hacia arriba de la curva del Fiat. En otras palabras, el Mercedes Benz tiene una calidad promedio y superior al modelo Fiat.

Por construcción, las tres primeras implicancias (de un total de cuatro) derivadas de la Proposición 2 que se mostrarán a continuación son las mismas que Barahona (2015).

En primer lugar, la Proposición 2 parte 1 indica que en caso de que un modelo sea utilizado por individuos que encuentran muy costoso el transporte público y por lo tanto manejaba una cantidad semanal mayor a R , la restricción vehicular aumentará anticipadamente la diferencia de precio entre ese modelo y el de una calidad superior que no se ve afectado. En términos de la restricción vehicular actual de este trabajo, esto significa que la diferencia de precio de un modelo en específico en su versión 2012 aumentará con respecto a uno 2011 si las personas que ocupan dicho modelo encuentran

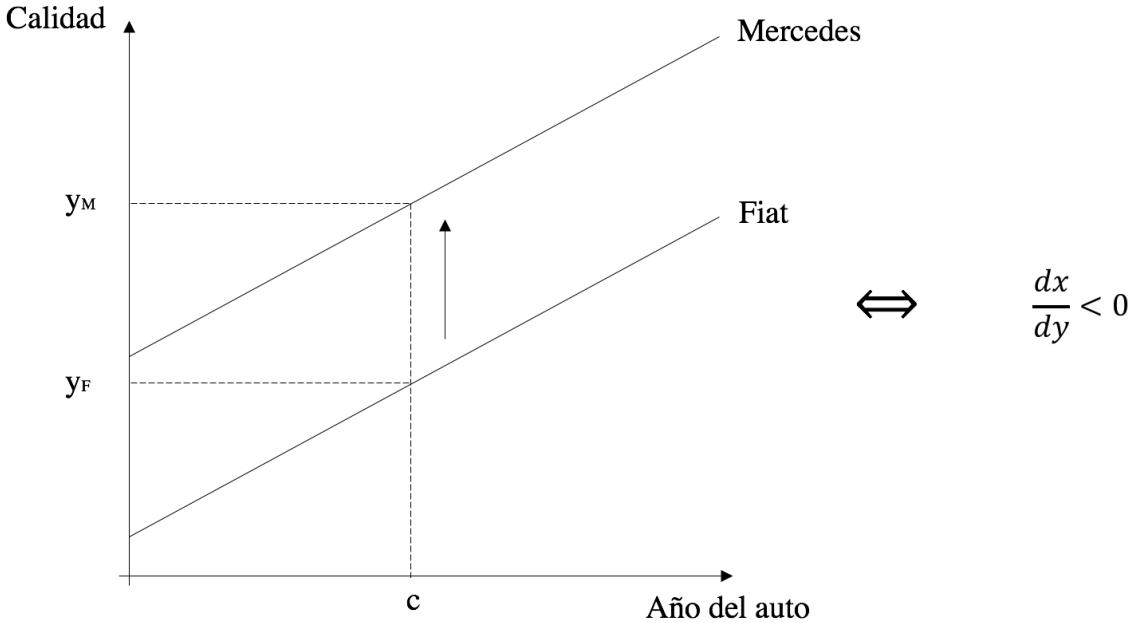


Figura 3: Ilustración de desplazamiento vertical para diferentes modelos

suficientemente costoso el transporte público. Además, ese incremento ocurrirá de forma anticipada si la gente cree en los anuncios¹⁸.

En segundo lugar, la Proposición 2 parte 3 indica que la restricción, dependiendo de su intensidad, podrá dejar a individuos con una valoración θ suficientemente baja en la misma situación inicial. Es decir, implica que los automóviles de una calidad suficientemente baja no verán disminuido su uso ni su precio. Esto es particularmente grave en el contexto de una restricción vehicular como la actual. Lo anterior dado que, si la restricción no es suficientemente fuerte (R suficientemente bajo), los automóviles de peor calidad no verán reducido su uso, así como tampoco disminuirán sus precios, lo que hará que haya una menor emigración de vehículos a regiones.

En tercer lugar, la Proposición 2 parte 4 indica que, dentro de los automóviles cuya calidad sea suficientemente alta como para que los con θ suficientemente alto deban reducir su trayecto manejado con la restricción, los automóviles de mayor calidad dentro de ese grupo sufrirán una mayor discontinuidad de precios con la restricción. De esta forma, la discontinuidad de los automóviles 2012 con respecto a los 2011 será mayor al aumentar la calidad¹⁹.

Por último, la Proposición 2 parte 2 muestra que la discontinuidad también se mantiene luego de la implementación, de manera que la única diferencia en el precio entre los dos períodos viene dada por la tasa de descuento. Luego, el cambio anticipado en los precios de los automóviles ocurre casi completamente en el momento que la gente anticipa la restricción. La única diferencia con respecto al periodo de implementación es que siguen valorando seguir manejando libremente durante la etapa de anuncios, lo que lleva a incorporar sólo una fracción δ en el cambio de los precios.

¹⁸En el Gráfico A.5 de la Sección A.3 de Anexos se puede apreciar un ejemplo ilustrativo de esto.

¹⁹Pese a que a lo largo del trabajo se muestra que esto ocurre, al comparar los Gráficos A.6, A.7 y A.8 de la Sección A.3 de Anexos se puede ver que esto ocurre para distintos modelos específicos, usados popularmente en Santiago.

El modelo teórico recién mostrado representa el comportamiento de mediano plazo del mercado automotriz, dado que no considera la emigración de vehículos afectos a la restricción a regiones. Es decir, no se considera que hay áreas geográficas no afectas a la restricción. Esto porque, como se verá más adelante, en el plazo estudiado en este trabajo, los vehículos todavía no han emigrado. Así, añadir un espacio geográfico no afecto a la restricción, llevaría a conclusiones que no podrán ser explicadas con los datos. Sin embargo, hay dos escenarios posibles para el largo plazo.

Un primer escenario, poco probable en la práctica, es que existan costos de transporte que sean más altos que la discontinuidad en precios generada por la restricción. En ese caso, los dueños de los vehículos antiguos, para eximirse de la restricción, cambiarían su vehículo por uno nuevo²⁰. Luego, al no irse estos a regiones por los elevados costos de transporte, los vehículos antiguos serían absorbidos por individuos de baja valoración, cuyos automóviles no sufrieron una perdida de valor dado que inicialmente no manejaban más de lo que la restricción impuso. Así, los individuos de baja valoración tendrían acceso más barato a vehículos de mayor calidad, y accederían a comprarlos dado que la restricción no es un impedimento para ellos. Además, como los individuos de baja valoración renuevan su automóvil por uno de mayor calidad, los antiguos vehículos de estos dueños saldrían a la venta a un menor precio, dado el aumento en la oferta de éstos. Por lo tanto, estos vehículos antiguos y de calidad baja serían finalmente recibidos por individuos de aún más baja valoración, que anteriormente utilizaban solo el transporte público, pero ahora pueden acceder al transporte privado²¹. Así, el ingreso de automóviles nuevos no vendría acompañado de una salida de automóviles antiguos, por lo que se agrandaría la flota vehicular de Santiago.

Un segundo escenario, que busca darle racionalidad a que no se vean efectos en regiones luego de pocos meses de su implementación, es que existan restricciones de capacidad en el corto plazo. Es decir, pese a que a las concesionarias de regiones quisieran llevar vehículos antiguos, estas no cuentan con espacio físico en donde dejar esos automóviles. De esta forma, a medida que pase el tiempo y las concesionarias puedan invertir en más espacio físico, los vehículos comenzarían a emigrar a regiones. Es más, dado que los vehículos de calidad alta son los que más valor perdieron, estos le otorgarán un mayor excedente a los individuos de regiones, por lo que emigrarán primero. Así, individuos de alta valoración tendrán acceso a vehículos de calidad a un precio menor al inicial, lo que hará que aumente la demanda por estos y lleguen más rápido a esas zonas. Más aún, por este mayor aumento de demanda a medida que aumenta la calidad, se podrían ver atenuadas las conclusiones sobre heterogeneidad en precios del modelo. Por lo tanto, a medida que se vayan relajando las restricciones de capacidad, los primeros en emigrar serían los de calidad alta, luego seguirían los segmentos medios y por último los de calidad baja.

²⁰La cantidad de vehículos afectos a la restricción está predeterminada. Sin embargo, los automóviles nuevos corresponden a un mercado abierto internacionalmente, por lo que no hay un límite en la cantidad que pueda ser demandada. Esta apertura en los mercados nuevos, junto con elevados costos de transporte, explican un mecanismo donde se podría terminar con más automóviles en Santiago que en una situación inicial sin restricción.

²¹Sin embargo, tal como se plantea en Barahona et al. (2018), alguno de estos modelos podrían ser vendidos como chatarra. No obstante, es difícil pensar que toda esta flota será vendida como chatarra, por lo que el riesgo de un aumento en la flota, a partir de una restricción con una discontinuidad de precios muy baja, no puede ser descartado.

5. Modelo Empírico

5.1. Efecto en Precios

En los gráficos que se mostrarán a continuación, las líneas verticales o puntos corresponderán a los anuncios que serán de interés para este trabajo. En primer lugar, se tendrán en cuenta la primera mención del mecanismo de diciembre de 2015, la ratificación de la autoridad en mayo de 2016, la difusión en julio de 2016 y la aprobación en octubre de 2016. Esto para saber en cuál de estas etapas la población le comenzó a creer al gobierno, o bien en qué grado²². Luego, también serán importantes el momento en el que se postergó la implementación en marzo de 2017, la toma de razón de Contraloría en octubre del año 2017, la ratificación y la disminución de un dígito del nuevo gobierno en abril de 2018, y por último la implementación en mayo de 2018. Estas últimas son relevantes en cuánto a que estos eventos marcarán ajustes en los mercados que nos permitirán posteriormente obtener elasticidades asociadas. Por lo tanto, habrán un total de ocho líneas en cada gráfico que corresponderán, en el mismo orden, a los eventos recién mencionados.

En vistas del modelo, se verá una discontinuidad mayor en los precios de los afectados versus los no afectados que en una situación inicial sin restricción. Por lo tanto, esta discontinuidad será especialmente clara al comparar modelos 2012 versus modelos 2011. Una discontinuidad de este tipo en un período de anuncios corresponde a que la gente no solo le puso atención al anuncio, sino que también le creyó. Se puede ver en el Gráfico 1 que los log precios de los modelos 2011 y 2012 se movían de forma aparentemente paralela en el tiempo²³²⁴. Sin embargo, dicho gráfico no logra mostrar que en realidad sí hay una discontinuidad a partir de los anuncios. Por esto, si restamos el log precio de los modelos 2012 con los del 2011 llegamos al Gráfico 2, que nos muestra que esta discontinuidad sí existe y es especialmente visible luego de la aprobación por el comité de ministros en octubre de 2016 (cuarta línea). Entonces, al menos visualmente la tendencia muestra un aumento de Δp_{1k} , consistente con el modelo.

Ahora bien, para estimar dichos efectos se utilizará una estrategia de diferencias en diferencias, aprovechando que tanto para afectos como no afectos hay un antes y un después²⁵. Al igual que en Barahona et al. (2018) se utilizarán solo modelos de los años 2011 y 2012, dado que así la estimación estará en torno a la discontinuidad generada. El propósito de esto será, en primer lugar, estimar los efectos que tuvo cada anuncio. Así se podrá ver cómo se anticipó la gente a la restricción vehicular, y también nos permitirá estimar elasticidades relacionadas a los cambios de mecanismos. Así, se estimará el efecto de la mención inicial, la posterior ratificación, la difusión, la aprobación, la postergación, la reducción a un dígito por parte del nuevo gobierno y la posterior implementación. En este sentido hay que mencionar que la reducción a un dígito vino acompañada por la confirmación

²²Puede ser que el mercado haya ido adquiriendo lentamente la información.

²³Para esto se tomó el promedio de cada modelo, luego se eliminó los modelos que no estaban para ambos años, y luego se sacó el promedio sobre ese promedio, controlando así el efecto composición de los distintos modelos de automóvil.

²⁴Los log precios están en valores nominales. Esto dado que, como la inflación afecta a ambos grupos en la misma tasa, una estrategia como Diferencias en Diferencias anulará un posible sesgo.

²⁵Y que las tendencias se mueven de forma paralela antes del anuncio, como muestra el Gráfico 1.

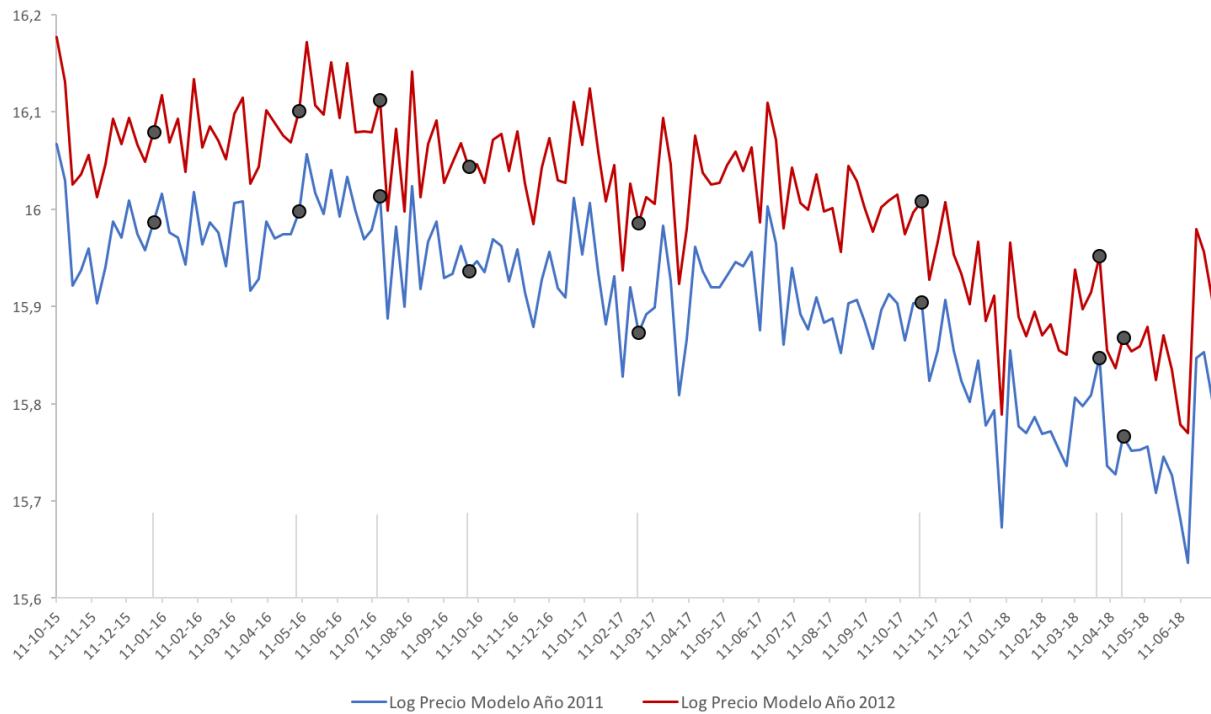


Gráfico 1: Log Precios en la Región Metropolitana

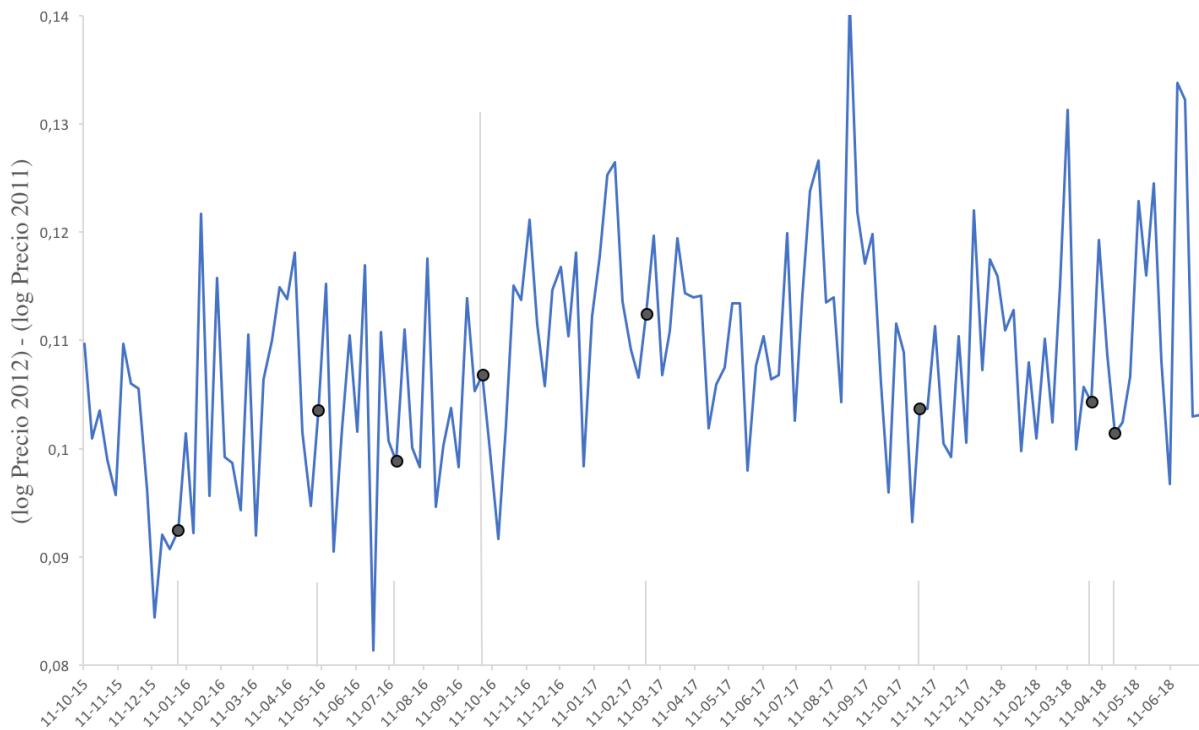


Gráfico 2: Diferencia de log precio de 2012 con el log precio de 2011.

de la política y por eximir a los automóviles posteriores a 2011 de toda restricción, por lo que no es claro el signo que debiese tener el coeficiente asociado. Además de lo anterior, se estimará el efecto total de la restricción vehicular permanente, que será la suma de los coeficientes anteriores.

El supuesto de identificación de esta estrategia será que, condicional en observables, todos los no observables adicionales afectan a los modelos 2011 y 2012 por igual²⁶. De esta forma, el modelo empírico vendrá dado por

$$\ln P_{i,m,t,c} = \alpha_1 noafecto_c + \alpha_{e,2} anuncio_t + \gamma_e noaffecto_c * anuncio_t + \delta_a d_a * trend_t + \beta_1 km + \beta_2 km^2 + \lambda_m + \lambda_a + \varepsilon_{i,m,t,c} \quad (22)$$

Donde la variable dependiente $\ln P_{i,m,t,c}$ corresponde al logaritmo del precio de un automóvil i, submodelo m, en la fecha t y de cohorte c. La variable $noaffecto_c$ toma valor 1 si el automóvil es modelo 2012 y 0 si es 2011; las variables $anuncio_t$ corresponden a 7 variables binarias que toman el valor 1 después de cada evento; $trend_t$ corresponde a una tendencia lineal; km son los kilómetros que tiene el automóvil; λ_m son efectos fijos por submodelo, entendiéndose submodelo por automóviles que comparten un mismo modelo, submodelo 1, submodelo 2 y tamaño de motor; λ_a corresponde a efectos fijos por antigüedad del automóvil, donde se entiende por antigüedad el año actual en t menos el año del automóvil c^{27} ; por último, $d_a * trend_t$ corresponde a una tendencia lineal que cambia según la antigüedad del automóvil, y refleja que la depreciación es diferente según la antigüedad del automóvil. Como es una estrategia de diferencias en diferencias, el parámetro que interesa es el que acompaña a $noaffecto_c * anuncio_t$. Este parámetro γ_e son en realidad 7 coeficientes que representan el efecto marginal del nuevo anuncio por sobre el anuncio anterior. De esta forma, la suma de estos coeficientes dará el efecto total de la restricción vehicular. Además, como no se puede controlar por efectos fijos de tiempo, todos los errores estándar serán robustos a la autocorrelación por medio de «cluster» por submodelo.

Al estimar la ecuación (22) para toda la base de datos, se puede notar que los efectos cuando se mencionó, se ratificó y se difundió la restricción no son estadísticamente significativos. Recién en la aprobación la discontinuidad esperada por el modelo se hizo presente, con un aumento de 0,7% en los precios. Luego, con la postergación se disminuyó un 0,9% esta discontinuidad, quizás mostrando que la población creía que no se iba a llevar a cabo este proyecto en el futuro, o bien que refleje en parte la tasa de descuento que se menciona en el modelo. Sin embargo, cuando fue ratificado por el nuevo gobierno, este aumentó un 1,7%, señalando que pese a que la restricción sería a un dígito, lo que haría que la discontinuidad disminuya, el efecto de confirmar la restricción junto con eximir a los automóviles no afectados de toda restricción tuvo un efecto más fuerte. Por último, al momento de la implementación, la discontinuidad aumentó en 0,8%, lo que tiene sentido ya que la confirmación fue solo 3 semanas antes de la implementación, y el mercado podría no haberse terminado de ajustar

²⁶No observables que no sean absorbidos por los efectos fijos, sean estos de carácter unidimensional en tiempo o bien bidimensionales en tiempo y cohorte.

²⁷Esto dado que no se puede controlar por efectos fijos tiempo ni efectos fijos cohorte. Estos serían colineales con $noaffecto_c$ y con $anuncio_t$.

Tabla 1: Efecto de los anuncios en los precios de los automóviles particulares, según calidad

	Automóvil Particular			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	0.021** (0.008)	0.004 (0.007)	0.006 (0.006)	0.012*** (0.005)
Ratificación	-0.007 (0.004)	0.001 (0.004)	-0.001 (0.005)	-0.002 (0.003)
Difusión	-0.004 (0.007)	-0.002 (0.005)	0.000 (0.005)	-0.003 (0.003)
Aprobación	0.013** (0.006)	0.002 (0.005)	0.011*** (0.004)	0.007** (0.003)
Postergación	-0.013** (0.007)	-0.009* (0.005)	-0.017*** (0.005)	-0.011*** (0.003)
Reducción	0.012 (0.007)	0.017*** (0.005)	0.020*** (0.006)	0.017*** (0.004)
Implementación	0.013** (0.006)	0.013** (0.006)	0.006 (0.007)	0.011*** (0.003)
R2	0.92	0.84	0.89	0.96
N	88,613	108,911	86,840	284,364
Efecto Total	0.035*** (0.012)	0.026*** (0.010)	0.025*** (0.009)	0.031*** (0.006)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de los precios para los automóviles particulares, según segmento de calidad, publicados de la Región Metropolitana y que sean modelos 2011 y 2012, correspondientes a la ecuación (22). A partir de la Tabla A.2 y la Tabla A.3 se puede notar que esta estrategia empírica pareciera representar de forma correcta el efecto causal de la restricción en los precios. Además, se puede ver en la Tabla 2 que, usando esta misma ecuación para vehículos de trabajo, que finalmente son eximidos, no se ven efectos, lo que refuerza aún más el uso de la ecuación (22).

en tan poco tiempo. Sumando todos los efectos, la nueva restricción vehicular permanente tuvo un efecto total de 2,7%²⁸.

Además, se puede destacar que si repetimos el mismo ejercicio anterior usando como placebo otros cohortes, se llega a que el efecto total en estos años es cero²⁹. Esto permite argumentar que el coeficiente encontrado corresponde al efecto causal de la nueva restricción vehicular permanente. De esta forma, sabiendo que la restricción en promedio tuvo un efecto de 2,7%, hay que analizar la presencia de efectos heterogéneos para los distintos segmentos que sean coherentes con el modelo presentado anteriormente.

En la Tabla 1 se estima el efecto de la restricción vehicular sobre automóviles de uso particular, es decir automóviles comunes, monovolúmenes, deportivos y todo terreno. Para esto, se obtuvo el precio promedio de todos los modelos para la época anterior a la primera mención a la restricción.

²⁸En la Tabla A.2 se pueden apreciar estos resultados, donde además se realiza la estimación a través de diferentes estrategias econométricas, demostrándose además que utilizar la ecuación (22) sigue un criterio conservador.

²⁹En la Tabla A.3 se presentan estos resultados.

Luego se ordenó entre el tercio más caro, el tercio medio y el tercio más barato. Esto con el fin de estudiar posibles efectos heterogéneos en Δp_k según calidad del automóvil.

Se puede ver, en primer lugar, que los automóviles particulares aumentaron más la discontinuidad Δp_k que si consideramos el total de los vehículos publicados de Santiago, dado que los de trabajo finalmente no se vieron afectos, teniendo un efecto total de un 3,1 %. Este número llama aún más la atención dado que es notablemente cercano a la mitad de lo encontrado por Barahona et al. (2018) para automóviles particulares, que sería un 3,2 %. Además, en la Tabla 1 se ven tanto los efectos heterogéneos del modelo como la reacción anticipada de los precios. Los automóviles del tercio de mayor calidad aumentaron un 3,5 % la discontinuidad Δp_k del modelo. Los automóviles de calidad media y baja, en cambio, lo hicieron en un 2,6 % y un 2,5 % respectivamente³⁰.

El modelo teórico presentado anteriormente, entonces, pareciera predecir bien el comportamiento de los precios según la calidad del automóvil. Más aún, los valores que toma el efecto de los distintos segmentos también tienen sentido económico y se relacionan directamente con el modelo. Según el modelo, los individuos que no utilizan transporte público serán los que tengan automóviles de mayor calidad, y su distancia manejada con un automóvil del año 2011 será $(1 - R)\%$ menos que con uno de 2012. Ahora bien, se puede dar una aproximación real de cuanto es $(1 - R)\%$. Un automóvil del 2011 se verá restringido entre mayo y agosto un aproximado de 10 días. Por lo tanto, un vehículo del año 2012 podrá manejar 365 días al año mientras que uno del 2011 sólo lo podrá hacer 355 días del año. Por lo tanto, un automóvil del año 2012 podrá manejar un 2,8 % más que uno del 2011. Por el otro lado, considerando que cinco séptimos de los días son días de semana y que hay un aproximado de 13 feriados al año, un automóvil del 2012 podrá manejar un 4,2 % más de días hábiles que uno del 2011³¹. Por lo tanto, tendría sentido que los automóviles de alta calidad, cuyos dueños no utilizan el transporte público, sean conducidos entre un 2,8 % y un 4,2 % más si tienen un automóvil 2012 que uno 2011, lo que correspondería a $(1 - R)\%$ en el modelo. Luego, vemos que efectivamente la discontinuidad generada para los automóviles de mayor calidad es de 3,5 %, que está entre los dos valores recién mencionados, lo que tiene sentido económico. La razón de que la discontinuidad de este segmento sea menor a 4,2 % no solo puede deberse a una no afectación en los días no hábiles, sino que también puede deberse a que pueden sustituir viajes a horarios en las que la restricción no rige, a que no esté afectada toda la ciudad o bien a que la fiscalización sobre el cumplimiento de esta restricción ha sido baja.

Además de los efectos totales heterogéneos, llama la atención la heterogeneidad en el momento de respuesta a los precios. Los automóviles de mayor calidad reaccionan rápidamente a los precios, de hecho son los únicos que reaccionan a la restricción en el momento de la mención. Además, los segundos en reaccionar más oportunamente son los vehículos de baja calidad. En cambio, los

³⁰Es necesario mencionar, no obstante, que las diferencias en el Efecto Total entre los segmentos de calidad no son estadísticamente significativas. Sin embargo, está heterogeneidad sí tiene sentido económico, y además ya ha sido reportada por literatura previa como Barahona (2015) o el apéndice en línea de Barahona et al. (2018), en cuyos casos las diferencias sí son estadísticamente significativas. Por lo tanto, que las diferencias no sean significativas en este caso, puede interpretarse como que la restricción, a un dígito por día, fue muy leve como para mostrar ese respaldo estadístico adicional.

³¹Un vehículo del año 2012 podrá manejar 247 días hábiles al año mientras que uno del 2011 sólo lo podrá hacer 237 días hábiles del año.

Tabla 2: Efecto de los anuncios en los precios de vehículos de trabajo, según calidad

	Vehículo de Trabajo			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	-0.031*	-0.002	-0.016	-0.018
	(0.018)	(0.019)	(0.033)	(0.013)
Ratificación	0.027**	-0.001	0.016	0.011
	(0.013)	(0.010)	(0.016)	(0.008)
Difusión	-0.007	0.010	-0.023	-0.002
	(0.015)	(0.013)	(0.021)	(0.010)
Aprobación	0.005	0.007	-0.008	0.002
	(0.011)	(0.014)	(0.017)	(0.008)
Postergación	-0.016	-0.003	-0.000	-0.005
	(0.014)	(0.015)	(0.019)	(0.009)
Reducción	0.011	0.027**	0.019	0.020**
	(0.018)	(0.013)	(0.021)	(0.010)
Implementación	0.021	-0.028**	-0.015	-0.009
	(0.016)	(0.014)	(0.027)	(0.011)
R2	0.76	0.56	0.85	0.92
N	14,233	16,249	11,692	42,174
Efecto Total	0.011	0.009	-0.028	-0.000
	(0.027)	(0.028)	(0.034)	(0.017)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de los precios para los vehículos de trabajo, según segmento de calidad, publicados de la Región Metropolitana y que sean modelos 2011 y 2012, correspondientes a la ecuación (22). A partir de la Tabla A.2 y la Tabla A.3 se puede notar que esta estrategia empírica pareciera representar de forma correcta el efecto causal de la restricción en los precios. Además, como este segmento finalmente fue eximido de la restricción, el coeficiente del efecto total de la restricción sirve como ejercicio placebo de la Tabla 1.

que demoran más en asimilar los precios son los automóviles de calidad media. De esta forma, la heterogeneidad del momento en que se comienza a creer que la política anunciada se realizará, o bien el momento en el cual se conoce la restricción, varía entre los tipos de individuos. Más adelante, cuando se estimen los efectos de la restricción sobre el tiempo en el que los automóviles estuvieron a la venta, se analizará si los efectos totales reflejados en estas estimaciones de precio reflejan los efectos de mediano plazo o si algún grupo todavía no adquiere por completo la información.

En la Tabla 2 se estima el caso de los vehículos de trabajo, que son las camionetas y vehículos utilitarios. Como este segmento de vehículos finalmente no se vio afecto a la restricción, no hay efectos totales significativos de la restricción. Sin embargo, en las estimaciones se ve que las reacciones a los anuncios tampoco tienen significancia estadística, siendo que en esos momentos se consideraba a toda la flota vehicular de Santiago. Esto se puede deber a tres motivos. En primer lugar, no sería ilógico pensar que los vehículos utilitarios trabajan en gran parte de su recorrido fuera del anillo de Américo Vespucio, dado que muchas industrias están instaladas en las afueras de la ciudad. En segundo lugar, las empresas, dueñas de gran parte de la flota de vehículos de trabajo, pueden tener

Tabla 3: Efecto de los anuncios en decisión de bajar el precio de un automóvil

	Mención	Ratificación	Difusión	Aprobación	Postergación	Implementación
A. Eventos						
cambio en log precio	-0.052*** (0.005)	-0.047*** (0.004)	-0.054*** (0.005)	-0.054*** (0.003)	-0.061*** (0.006)	-0.058*** (0.003)
R2	0.99	0.97	0.98	0.98	0.99	0.95
N	1,076	2,396	2,436	2,990	430	6,380
B. Placebo (-5 semanas)						
cambio en log precio	-0.046*** (0.004)	-0.048*** (0.004)	-0.054*** (0.004)	-0.052*** (0.003)	-0.059*** (0.006)	-0.058*** (0.007)
R2	0.98	0.98	0.97	0.98	0.99	0.97
N	1,732	1,672	1,678	1,950	726	860

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se toma una submuestra que corresponde a que en cada anuncio, se obtienen sólo los vehículos que se publicaron antes de determinado anuncio, y que cambiaron su precio luego del anuncio. Con esto, se hace una estimación de diferencias en diferencias en el logaritmo de los precios, igual a (22), para cada anuncio por separado. Además, como placebo se procede a realizar la misma estimación pero haciendo como si el anuncio fuera 5 semanas antes de lo que fue realmente, restringiendo además que los vehículos cambiaron de precio antes del anuncio real. No hay un coeficiente asociado a la «Reducción», dado que en la base de datos no hay automóviles que se publicaron antes de esa fecha pero que la cambiaron después del anuncio.

más vehículos de los que usan diariamente, por lo que las restricciones no los afectará tanto como a los automóviles particulares³². Por último, podría darse que los vehículos de trabajo sean más reacios a percibir los efectos de la restricción vehicular en el corto plazo. Esta posibilidad se evaluará más adelante cuando se aborden las estimaciones del cambio en el tiempo que duran publicados los diferentes tipos de automóviles.

Tal como lo muestra Barahona et al. (2018) en sus simulaciones y resultados, una restricción como ésta afecta por vía del margen extensivo. Es decir, la discontinuidad en precio se debiera reflejar por medio del ingreso de nuevos automóviles que se ponen a la venta. Sin embargo, hay dos mecanismos que pueden explicar la discontinuidad que se observa en los resultados anteriores. La primera opción es que más automóviles se ponen a la venta, lo que coincide con la vía extensiva. Pero hay una segunda forma, que corresponde a que los precios que ya están publicados modifiquen su valor frente a los anuncios y eso sea lo que se vea reflejado en los resultados.

Afortunadamente, en la base de datos se puede distinguir si un automóvil cambió sus precios mientras estuvo a la venta. Para estimar la presencia de este mecanismo, se procede de la siguiente forma. Para cada anuncio, se toman sólo los vehículos que se publicaron antes de determinado anuncio, y que cambiaron su precio luego del anuncio. Con esto, se hace una estimación de diferencias en diferencias igual a (22) para cada anuncio por separado. Además, como placebo se procede a realizar la misma estimación pero haciendo como si el anuncio fuera 5 semanas antes de lo que fue realmente, restringiendo además que los vehículos cambiaron de precio antes del anuncio real.

La Tabla 3 muestra los resultados de las estimaciones recién mencionadas. Se puede notar que,

³²Más adelante, a través de la encuesta Casen, se verá que es bastante inusual que las familias tengan más de un automóvil particular en el hogar.

en primer lugar, la discontinuidad entre los modelos 2012 y 2011 es siempre negativa y cercana a un 5 %. Además, las fechas placebo no difieren de forma significativa con las fechas reales. Por lo tanto, la razón por la que los vehículos modifican los precios viene dada porque inicialmente éstos se publicaron muy caros, y luego los individuos deciden bajarle el precio al percatarse que su automóvil no se está vendiendo. Además, los automóviles 2012 disminuyen siempre su precio un 5 % más que los modelos 2011. Por lo tanto, tal como lo plantean Barahona et al. (2018), la vía por la cual se forma la discontinuidad en precios a la que se refiere el modelo, es por medio del ingreso de nuevos vehículos.

Teniendo en cuenta lo último, los efectos encontrados corresponden, al menos, al efecto causal de la restricción vehicular en el precio de los automóviles usados³³.

Las estimaciones anteriores sugieren, entonces, que la restricción sí tuvo efectos. Además, estos fueron heterogéneos debido a diferencias en las preferencias de las personas, que sustituyen entre transporte privado o público, y la integración vertical del mercado. En cuanto a los automóviles particulares, el modelo predice de muy buena forma su comportamiento, donde los automóviles de mayor calidad muestran una mayor discontinuidad. Junto con lo anterior, la vía por la cual se ajustó el mercado fue a través de la publicación de nuevos automóviles, que puede entenderse como una intensión de desplazamiento vertical de gente que utilizaba modelos pre-2012 a modelos de mejor calidad (post-2012), tal como se plantea en Barahona et al. (2018).

5.2. Publicaciones de venta

Dado el interés de este trabajo por comprender los efectos que tuvo la restricción en el mercado automotriz, es necesario saber qué ocurrió con las publicaciones de venta. Esto con el fin de tener una idea de cómo reaccionan los individuos frente a una restricción que, en caso de que su automóvil sea anterior al 2012, no sólo les restringe el uso de su vehículo sino que además causa una disminución en su valor de mercado. Lo esperable, según literatura como Barahona et al. (2018) o Ye y Chen (2018), es que haya un recambio hacia automóviles más limpios. Por lo tanto, esto se debiera ver reflejado mediante un aumento en las publicaciones de vehículos anteriores al 2012. Sin embargo, la literatura previa no ha mostrado posibles efectos heterogéneos en las publicaciones a partir de una restricción vehicular. Así, esta sección busca estimar los efectos sobre las publicaciones y además darle una explicación, a partir de las conclusiones del modelo, a la heterogeneidad presente en las estimaciones.

³³Otro punto que podría plantearse en el mercado de venta de automóviles usados de páginas web es la presencia de selección adversa, como lo plantea Akerlof (1970). En este contexto, la venta de un automóvil está directamente relacionada a la probabilidad de que el vehículo esté en buen estado, lo que es conocido por vendedores pero no por compradores. En palabras simples, si la probabilidad de que el automóvil sea bueno es muy baja con respecto a la utilidad que obtiene el comprador, no habrá un equilibrio bayesiano donde se llevará a cabo la compra. Entonces, en una situación inicial sin restricción, las publicaciones podrían estar relacionadas a que un automóvil es de mala calidad. Sin embargo, una restricción vehicular hace que las personas, independiente de la calidad de sus automóviles, los publiquen para su venta. Así, la probabilidad de que un automóvil esté en buen estado es más alta, lo que aumentará la demanda por esos automóviles usados. Por lo tanto, si este factor de selección adversa fuese relevante, el único efecto que tendría en las estimaciones sería de atenuar el efecto encontrado para la restricción vehicular. Es decir, como la probabilidad de que un automóvil anterior al 2012 sea bueno aumentó, lo que no ocurrió con los modelos 2012 y posteriores, entonces se esperaría una disminución de la discontinuidad Δp_k planteada en el modelo.

Los eventos relevantes que se tendrán en cuenta serán los mismos que se utilizaron para estimar los precios. Además, como se pretende relacionar estas estimaciones con las conclusiones de precios, las publicaciones también se centraran en la discontinuidad entre los modelos 2011 y los modelos 2012. De esta forma, en el Gráfico 3 se puede ver que las publicaciones de venta de los cohortes 2012 y 2011 se mueven de forma aparentemente paralela a través del tiempo, donde es difícil reconocer el impacto que tienen las diferentes etapas de la restricción vehicular, representadas por puntos y líneas. Sin embargo, repitiendo lo hecho para los precios, si en lugar de lo anterior se grafica la diferencia del logaritmo de las publicaciones, se pueden reconocer estos «shocks» de forma mucho más clara. Se puede notar en el Gráfico 4 que antes de la etapa de la difusión las publicaciones de los modelos 2012 eran ligeramente mayores que los del año 2011. Sin embargo, a partir de la difusión se comenzó a revertir esta tendencia, de modo que luego de la aprobación se publicaban más modelos 2011 que 2012. Posteriormente, cuando se postergó la restricción, la tendencia comenzó a revertirse nuevamente hasta la toma de razón de Controlaría. Desde ahí, nuevamente comenzaron a crecer más las publicaciones de los modelos afectos a la restricción, pero a una menor tasa que en la etapa de aprobación.

De esta forma, como gráficamente se muestran patrones interesantes luego de los diferentes anuncios, se utilizará la siguiente estrategia de diferencias en diferencias para estimar la discontinuidad en las publicaciones:

$$\ln A_{m,t,c} = \alpha_1 afecto_c + \alpha_{e,2} anuncio_t + \gamma_e afecto_c * anuncio_t + \delta_1 trend_t + \\ + \beta_1 km + \beta_2 km^2 + \lambda_m + \varepsilon_{i,m,t,c} \quad (23)$$

Donde $\ln A_{m,t,c}$ corresponde al logaritmo de las publicaciones del submodelo m , de año c y en la fecha t . Además, la única diferencia en variables con respecto a la ecuación de precios corresponde a que la variable binaria de tratamiento $afecto_c$ toma el valor 1 para modelos del año 2011. Lo anterior dado que en esta ocasión se quiere saber cuánto disminuyeron las publicaciones del año 2011 comparadas con las del 2012, mientras que en la ecuación de precios se quería saber cuánto se distanció el precio del año 2012 con respecto al del 2011. Todas las regresiones tendrán errores estándar «clustered» por submodelo.

Al utilizar toda la muestra, el primer efecto significativo se dio en la aprobación, donde las publicaciones de venta aumentaron cerca de un 9,5%³⁴. Esto puede haber ocurrido porque se redujo la incertidumbre sobre la real aplicación de la restricción. Luego, el segundo efecto significativo se dio en la postergación, donde las publicaciones disminuyeron cerca de un 6,5% al comparar con los

³⁴En la Tabla A.4 se presentan estos resultados. Además, se muestra que los resultados son robustos a las distintas especificaciones. Por lo tanto, teniendo en cuenta que en los gráficos se ven tendencias paralelas, se privilegiará un modelo de tipo diferencias en diferencias por sobre uno de efectos fijos en el tiempo. Lo anterior dado que los efectos fijos suponen que no hay observables que varíen por tiempo, submodelo y cohorte, y que correlacionen con la variable de tratamiento. En cambio, un modelo de diferencias en diferencias supone que pueden haber no observables que correlacionen, pero afectan de igual forma a los modelos 2011 y 2012, por lo que las estimaciones no se ven afectadas. Luego, como el supuesto de diferencias en diferencias es menos restrictivo, se utilizará por sobre uno de efectos fijos. Así, dentro de las tres opciones de diferencias en diferencias, se utilizará el criterio conservador con respecto al efecto total, por lo que se procederá a utilizar la ecuación (23) en las estimaciones de publicaciones de venta.

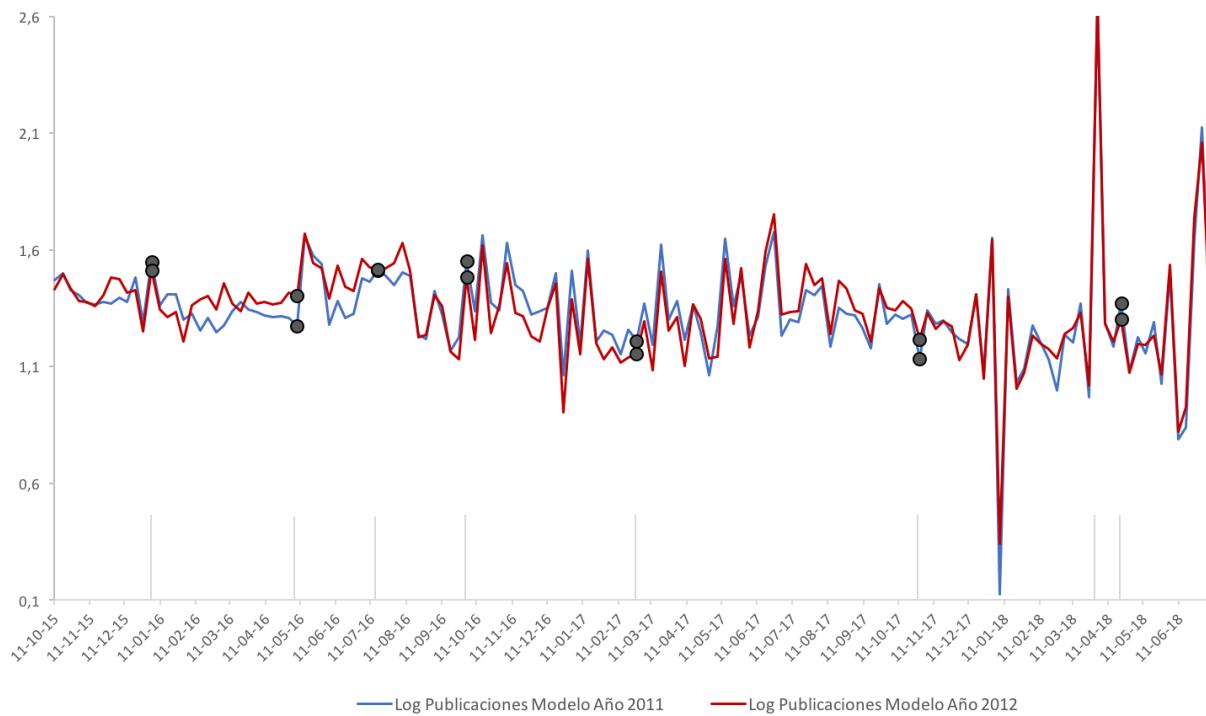


Gráfico 3: Log Publicaciones en la Región Metropolitana

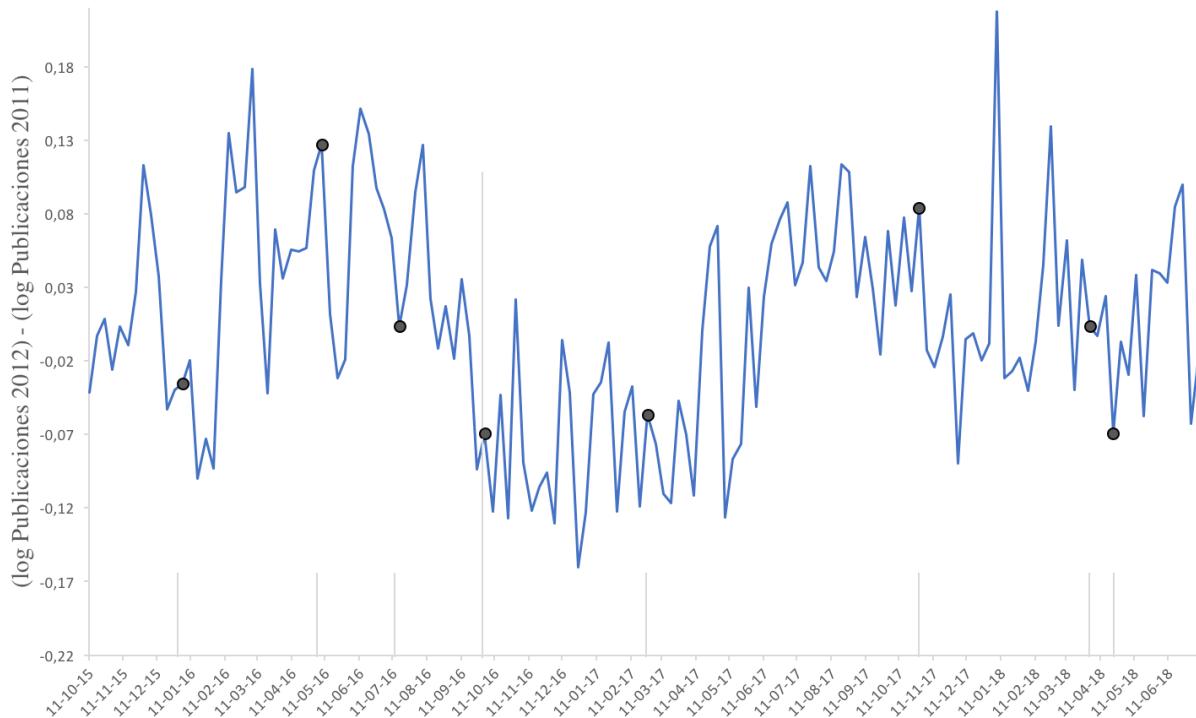


Gráfico 4: Diferencia de log publicaciones de 2012 con log publicaciones de 2011.

Tabla 4: Efecto de los anuncios en las publicaciones de venta de automóvil particular, según calidad

	Automóvil Particular			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	-0.017 (0.083)	0.057 (0.040)	0.051 (0.058)	0.038 (0.044)
Ratificación	-0.005 (0.030)	-0.041 (0.044)	0.188*** (0.062)	0.030 (0.029)
Difusión	0.069 (0.065)	0.050 (0.042)	-0.101* (0.058)	0.015 (0.036)
Aprobación	0.056 (0.066)	0.082** (0.042)	0.177*** (0.045)	0.105*** (0.029)
Postergación	-0.078 (0.053)	-0.099** (0.046)	-0.069 (0.075)	-0.088*** (0.034)
Reducción	0.011 (0.058)	0.034 (0.059)	-0.085 (0.065)	-0.010 (0.036)
Implementación	0.033 (0.074)	0.051 (0.062)	0.068 (0.088)	0.051 (0.044)
R2	0.64	0.61	0.54	0.60
N	59,708	72,609	57,181	189,498
Efecto Total	0.069 (0.112)	0.134** (0.065)	0.229** (0.105)	0.142** (0.057)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de las publicaciones para los automóviles particulares, según segmento de calidad, publicados de la Región Metropolitana y que sean modelos 2011 y 2012, correspondientes a la ecuación (23). A partir de la Tabla A.4 y la Tabla A.5 se puede notar que esta estrategia empírica pareciera representar de forma correcta el efecto causal de la restricción en los precios. Además, se puede ver en la Tabla 5 que, usando esta misma ecuación para vehículos de trabajo, que finalmente son eximidos, no se ven efectos, lo que refuerza aún más el uso de la ecuación (23).

modelos no afectos del 2012. Esto puede deberse a que las personas ya no tenían tanta prisa de vender su automóvil, o bien porque dejó de creer que habría una futura restricción. Eso sí, como el efecto no se contrarrestó del todo, es posible inferir que los individuos se inclinaron más por creer que sólo se postergó. En cuanto al efecto total, a causa de la restricción aumentaron cerca un 10% las publicaciones de venta de los modelos 2011 con respecto a los 2012. Esto es consistente con el trabajo de Barahona et al. (2018) dado que puede interpretarse ese aumento como una intención de renovar el vehículo por uno no afecto por la restricción.

Junto con lo anterior, el efecto encontrado en la discontinuidad entre 2011 y 2012 no puede replicarse para lo años anteriores³⁵. De esta forma, es altamente probable que esta discontinuidad sea explicada por la restricción vehicular.

En la Tabla 4 se puede notar que los automóviles de uso particular presentan efectos heterogéneos en las publicaciones de venta, tanto en el anuncio en el que se reacciona como en la magnitud del

³⁵Esto se puede notar en la Tabla A.5.

efecto. Es especialmente interesante notar que, a diferencia de los precios, a menor calidad, mayor es el efecto de la restricción sobre las publicaciones. Se puede ver que el efecto total es un aumento de 22,9 % de las publicaciones en los automóviles de baja calidad, de un 13,4 % en los de calidad media, y 6 % pero no significativo para la calidad alta. Esto puede explicarse mediante dos mecanismos, uno relacionado al modelo y otro fuera de este.

Un primer mecanismo que explica por qué a menor calidad hay un mayor efecto sobre las publicaciones viene dado por el carácter vertical del mercado automotriz, junto con los efectos heterogéneos del modelo. Es decir, la integración vertical es tal que individuos solo cambian el automóvil a través de un desplazamiento vertical hacia arriba en la calidad. Luego, como los automóviles de calidad alta perdieron más valor, estos prefieren mantener su vehículo en lugar de tener uno no afecto pero de peor calidad. Para ilustrar lo anterior con un ejemplo, al imaginar un escenario previo a los anuncios donde un Mercedes Benz del año 2011 cuesta \$12.000.000, y otro del mismo modelo pero del año 2012 cuesta \$14.000.000, entonces para cambiar su vehículo un individuo tendrá que desembolsar \$2.000.000. Luego, si se impone una restricción vehicular y el valor del Mercedes Benz del 2011 disminuye a \$8.000.000, ahora tendrá que desembolsar \$6.000.000 para renovar el mismo modelo a uno 2012. En cambio, con los \$2.000.000 que debía desembolsar anteriormente para renovar el automóvil a uno más nuevo solo le alcanzaría un Suzuki, lo que representa un desplazamiento hacia abajo en calidad, por lo que el individuo se abstiene de hacer el cambio. Luego, como la discontinuidad en precios disminuye al bajar la calidad, los automóviles de menor calidad se verán menos afectados a este mecanismo y será más fácil para ellos renovar su vehículo.

Un segundo mecanismo que podría estar explicando esto es que los automóviles de mayor calidad, cuyos dueños son los individuos de mayor ingreso, antes de los anuncios tengan más de un automóvil en su hogar. De esta forma, las personas de mayor ingreso no solo tienen los vehículos de mayor calidad, sino que además tienen más de un automóvil en el hogar, con lo que pueden sustituir entre automóviles cuando a uno le afecta la restricción. Sin embargo, este efecto no puede ser predominante, dado que en ese caso la discontinuidad en los precios sería mayor mientras menor es la calidad del automóvil. Por lo tanto, para mostrar que este mecanismo no explica de mayor manera el hecho de que a menor calidad existan más publicaciones, se utilizará la encuesta Casen del año 2015. Esta encuesta permite ver el escenario inicial de vehículos por hogar, justo antes de que comiencen los anuncios de la nueva restricción vehicular³⁶.

De acuerdo a la encuesta Casen del año 2015, dentro del grupo de hogares que reporta tener al menos 1 vehículo de uso particular, el grupo de mayor ingreso per cápita tiene un promedio de 1,3 automóviles por hogar³⁷. El de menor ingreso, en cambio, tiene en promedio 1,08 automóviles de uso particular. Así, en general, independiente del ingreso, los hogares tienden a tener un sólo vehículo. Sumado a esto, dentro de los hogares de la Región Metropolitana que reportan tener vehículos, solo un 11,9 % tiene más de un automóvil en el hogar. Por lo tanto, como las magnitudes recién mencionadas no parecen tan relevantes, difícilmente el efecto segundo automóvil será un mecanismo determinante para explicar que, debido a la restricción, a menor calidad aumentan las publicaciones

³⁶El primero ocurrió a fines de diciembre del año 2015.

³⁷Esto se puede ver en la Tabla A.6.

Tabla 5: Efecto de los anuncios en las publicaciones de vehículos de trabajo, según calidad

	Vehículo de Trabajo			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	-0.017 (0.085)	-0.006 (0.104)	0.046 (0.160)	0.006 (0.070)
Ratificación	0.114 (0.074)	0.150** (0.074)	0.027 (0.068)	0.112** (0.047)
Difusión	-0.095 (0.104)	-0.001 (0.096)	0.029 (0.122)	-0.029 (0.062)
Aprobación	0.034 (0.093)	0.043 (0.138)	-0.081 (0.108)	0.004 (0.068)
Postergación	0.037 (0.120)	0.074 (0.127)	-0.023 (0.087)	0.025 (0.069)
Reducción	0.038 (0.096)	0.067 (0.098)	0.200 (0.146)	0.107* (0.062)
Implementación	-0.110 (0.134)	-0.070 (0.151)	-0.104 (0.213)	-0.100 (0.093)
R2	0.49	0.53	0.46	0.53
N	9,666	11,100	7,844	28,610
Efecto Total	0.001 (0.131)	0.258 (0.158)	0.094 (0.222)	0.126 (0.102)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de las publicaciones para los vehículos de trabajo, según segmento de calidad, publicados de la Región Metropolitana y que sean modelos 2011 y 2012, correspondientes a la ecuación (23). A partir de la Tabla A.4 y la Tabla A.5 se puede notar que esta estrategia empírica pareciera representar de forma correcta el efecto causal de la restricción en los precios. Además, como este segmento finalmente fue eximido de la restricción, el coeficiente del efecto total de la restricción sirve como ejercicio placebo de la Tabla 4.

de venta.

La Tabla 5 muestra las estimaciones para el caso de los vehículos de trabajo. Al igual que en el caso de los precios, estos no muestran haber sido afectados por las diferentes etapas de la restricción. Esto puede deberse a los mismos motivos que se dieron anteriormente para explicar este mecanismo. Puede deberse a que las industrias se instalan fuera del anillo de Américo Vespucio, o bien que estas empresas tengan más automóviles de los que usan diariamente. Además, puede deberse a que el proceso de ajuste a la restricción vehicular es más lento, por lo que el periodo que comprenden los datos de este trabajo no son suficientes para percibir estos efectos. A continuación se verá la relevancia que puede tener este último punto.

6. Discusión: resultados como efectos de mediano plazo

6.1. Tiempo en venta

Estudiar los cambios en el tiempo en que los automóviles estuvieron publicados para la venta se usará para entender si los efectos encontrados anteriormente corresponden a efectos de corto o mediano plazo. Es esperable que los automóviles del año 2011, en el momento que se hicieron los anuncios relevantes, en primer lugar se demoraron más en vender, y luego disminuyeron sus precios. Luego, cuando los precios ya se ajustaron al aumento en la oferta y disminución de la demanda, se esperaría que el tiempo de venta vuelva a su estado inicial. Así, si se ven efectos en algunos anuncios que luego se disipan con el tiempo, se podría argumentar que el precio ya se ajustó a los cambios en la oferta y la demanda.

Siguiendo la lógica de las estimaciones anteriores, se utilizará diferencias en diferencias, donde la variable $\ln E_{m,t,c}$ representa el logaritmo de la semana en la que el automóvil i , de submodelo m , en la fecha t y de cohorte c , dejo de estar a la venta a partir de su fecha de publicación. Así,

$$\begin{aligned} \ln E_{i,m,t,c} = & \alpha_1 afecto_c + \alpha_{e,2} anuncio_t + \gamma_e afecto_c * anuncio_t + \delta_1 trend_t + \delta_2 antiguedad_{c,t} \\ & + \beta_1 km + \beta_2 km^2 + \lambda_m + \varepsilon_{i,m,t,c} \end{aligned} \quad (24)$$

Para estas estimaciones se consideraron sólo las observaciones que no cambian de precio, dado que como se vio en la Tabla 3 la disminución de precios de la restricción ocurría por medio del ingreso de nuevos vehículos. Lo anterior porque el tiempo esperado de venta cambia según el precio del vehículo, y al tener dos precios para una misma observación se puede incurrir en un sesgo³⁸.

Al estimar el tiempo en venta con el total de la muestra, esta variable se comporta de forma similar a publicaciones, en cuanto a que los mayores efectos se vieron en la aprobación y la postergación³⁹. Consecuente con las estimaciones anteriores, esto además muestra que la primera reacción generalizada en el mercado ocurrió en la aprobación del comité de ministros. Además, si estimamos la misma discontinuidad para años anteriores, no se encuentran efectos significativos⁴⁰.

Como se mencionó anteriormente, en el mediano plazo es esperable que los efectos iniciales en el tiempo de venta se disipen. De forma consecuente, al estimar esto con el total de la muestra se puede notar que mientras el efecto de la aprobación y la postergación sí son significativos, el efecto total de la restricción no lo es. Por lo tanto, al menos de forma agregada, los efectos en el tiempo de venta se terminaron disipando, por lo que podría argumentarse que los efectos totales de las estimaciones

³⁸ De todos modos, la estimación no cambia mucho al utilizar toda la muestra. De hecho, solo disminuye un poco su poder estadístico, lo que refuerza la idea de que los efectos de la restricción no se dan por estos cambios de precio.

³⁹ Esto se puede notar en la Tabla A.7. Además, los resultados son robustos a diferentes especificaciones. Por las mismas razones que se argumentaron para el caso de las publicaciones, las siguientes estimaciones se realizarán por medio de un modelo de diferencias en diferencias con tendencia lineal.

⁴⁰ En la Tabla A.8 se puede ver esto. A diferencia del caso de los precios y las publicaciones, los efectos en el caso del tiempo de venta se disipan. Por esto el coeficiente que hay que comparar con los años anteriores es el efecto total acumulado antes de que se postergara la restricción. Esto dado que refleja los efectos de corto plazo de un momento en que se hizo ampliamente conocida esta restricción.

Tabla 6: Efecto de los anuncios en el tiempo en venta de automóvil particular, según calidad

	Automóvil Particular			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	-0.024 (0.060)	-0.047 (0.036)	-0.049 (0.043)	-0.036 (0.029)
Ratificación	0.014 (0.038)	0.060* (0.034)	-0.021 (0.041)	0.021 (0.022)
Difusión	-0.010 (0.052)	0.006 (0.041)	0.009 (0.048)	0.004 (0.028)
Aprobación	0.070 (0.058)	0.051 (0.038)	0.081* (0.048)	0.065** (0.026)
Postergación	-0.016 (0.046)	-0.055* (0.034)	-0.009 (0.043)	-0.028 (0.023)
Reducción	-0.013 (0.048)	-0.009 (0.044)	-0.064 (0.059)	-0.027 (0.029)
Implementación	0.070 (0.050)	-0.060 (0.047)	0.060 (0.058)	0.010 (0.030)
R2	0.18	0.08	0.08	0.12
N	57,632	68,847	53,987	180,466
Efecto Total Pre-Postergación	0.051 (0.079)	0.071 (0.049)	0.021 (0.054)	0.055 (0.036)
Efecto Total	0.092 (0.078)	-0.054 (0.049)	0.007 (0.046)	0.009 (0.035)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo del tiempo que están en venta los automóviles particulares, según segmento de calidad, publicados de la Región Metropolitana y que sean modelos 2011 y 2012, correspondientes a la ecuación (24). Como el efecto en el tiempo en venta se termina disipando en el mediano plazo, se presenta también el efecto total acumulado anterior a la postergación, para reflejar los efectos de corto plazo de cuando se concretó el proyecto. A partir de la Tabla A.7 y la Tabla A.8 se puede notar que esta estrategia empírica pareciera representar de forma correcta el efecto causal de la restricción en los precios. De estos resultados se concluye que este segmento incorpora rápidamente los anuncios en los precios.

de precios y publicaciones presentados anteriormente son en realidad los efectos de mediano plazo.

En el caso de los automóviles de uso particular, se puede ver en la Tabla 6 que los efectos de los diferentes anuncios en el tiempo en venta en general es poco significativo. Esto se puede interpretar como que el mercado de automóviles de uso particular se ajusta rápidamente a los «shocks» que significan los anuncios. Es decir, en el momento que los individuos dueños de estos automóviles adquieren la nueva información, estos ajustan los precios. Por lo tanto, pareciera que el modelo teórico presentado anteriormente representa de buena manera la forma en que reaccionan los precios, en el sentido que cambian los precios apenas adquieren la información.

Para los vehículos de trabajo, las estimaciones anteriores mostraban que tanto en los precios como en las publicaciones no habían efectos significativos en los anuncios. En la Tabla 7 se puede notar que, en cuanto a tiempo en venta, hay un efecto significativo de los diferentes anuncios que no se vio

Tabla 7: Efecto de los anuncios en el tiempo en venta de vehículos de trabajo, según calidad

	Vehículo de Trabajo			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	0.179*	-0.032	0.075	0.065
	(0.101)	(0.078)	(0.096)	(0.055)
Ratificación	-0.154*	0.005	0.002	-0.057
	(0.086)	(0.062)	(0.104)	(0.048)
Difusión	0.118	0.097	-0.120	0.047
	(0.108)	(0.093)	(0.128)	(0.063)
Aprobación	0.069	0.198**	0.341***	0.201***
	(0.098)	(0.095)	(0.096)	(0.059)
Postergación	-0.047	-0.177*	-0.193**	-0.143***
	(0.091)	(0.090)	(0.086)	(0.052)
Reducción	0.090	0.044	0.231	0.112
	(0.103)	(0.106)	(0.162)	(0.070)
Implementación	-0.086	-0.111	-0.267	-0.139**
	(0.092)	(0.100)	(0.164)	(0.067)
R2	0.08	0.11	0.11	0.10
N	9,566	10,620	7,774	27,960
Efecto Total Pre-Postergación	0.211*	0.268**	0.298**	0.256***
	(0.110)	(0.105)	(0.143)	(0.067)
Efecto Total	0.168	0.025	0.070	0.086
	(0.109)	(0.076)	(0.102)	(0.053)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo del tiempo que están en venta los vehículos de trabajo, según segmento de calidad, publicados de la Región Metropolitana y que sean modelos 2011 y 2012, correspondientes a la ecuación (24). Como el efecto en el tiempo en venta se termina disipando en el mediano plazo, se presenta también el efecto total acumulado anterior a la postergación, para reflejar los efectos de corto plazo de cuando se concretó el proyecto. A partir de la Tabla A.7 y la Tabla A.8 se puede notar que esta estrategia empírica pareciera representar de forma correcta el efecto causal de la restricción en los precios. De estos resultados se concluye que este segmento incorpora rápidamente los anuncios en los precios. La conclusión que se puede tomar de estos resultados es que los vehículos de trabajo sí se vieron afectados por la restricción, solo que un menor dinamismo en el mercado de plataformas web de este segmento hicieron que no se alcancen a incorporar estos efectos en precios y publicaciones.

reflejado en los precios o en la cantidad. Es decir, pese a que el automóvil se está demorando más de lo normal, los dueños mantuvieron el precio de venta. Se puede ver que el tiempo que estaban a la venta los vehículos de trabajo aumentaron en promedio 25,6% para el periodo anterior a la postergación, lo que implica que sí hubo efectos en la demanda de estos vehículos, contrario a lo que muestran los precios y publicaciones. Por lo tanto, se podría interpretar que, pese a que bajó la demanda por esos vehículos luego de la aprobación, los dueños de dichos automóviles no bajaron el precio en el corto plazo. Luego, con la postergación se retrocedió en el tiempo de espera, por lo que los individuos no vieron necesidad de ceder a bajar los precios. Finalmente, al implementar la restricción dejando exentos a los vehículos de trabajo, el tiempo de espera volvió a retroceder

llegando a su nivel original.

El resultado anterior nos permite, entonces, argumentar que dentro de las tres razones que se dieron inicialmente que podrían explicar que no hayan efectos en los vehículos de trabajo, solo una parece certera. En caso de que la ubicación de las industrias fuera del anillo de Américo Vespucio, o bien que inicialmente las empresas tenían más vehículos de los que utilizaban diariamente sean las explicaciones determinantes, no se mostrarían efectos de la restricción en los tiempos de espera. Entonces, que no hayan reaccionado los precios o las publicaciones a los anuncios relevantes que establecían una restricción a dos dígitos, pero que sí hayan repercusiones en el tiempo en venta, muestra que el proceso de ajuste del mercado de vehículos de trabajo es lento. La razón que puede explicar que la demanda sí se haya visto afectada y, a pesar de eso, no se vieron efectos en los precios en el corto plazo, es que se trata de un mercado poco profundo. Las empresas muchas veces optan por arrendar vehículos en lugar de comprarlos, o bien tienen contratos con las concesionarias para renovar los vehículos. De esta forma, en general las empresas no buscan vehículos en las plataformas web, y las concesionarias tampoco dependen tanto de ellas. Por lo tanto, como el mercado de plataformas web de vehículos de trabajo es menos dinámico, los «shocks» externos en el mercado son capturados en un plazo de tiempo mayor.

Otro aspecto a destacar de la Tabla 7 es que para el efecto total acumulado antes de la postergación, el tiempo de espera aumentó más para los vehículos de baja calidad. Es decir, si se hubiese mantenido la restricción a dos dígitos, a mayor calidad hubiese habido una menor discontinuidad en los precios. Esto, sin embargo, no es contradictorio con lo postulado por el modelo. En el modelo la razón que hacia que a mayor calidad exista una mayor discontinuidad se debía a que los individuos sustituyen entre transporte privado y transporte público. Así, mientras más costoso el transporte público, se tiene un automóvil de mayor calidad y se le da un mayor uso. No obstante, para los vehículos de trabajo no hay sustitución entre transporte público o privado, dado que no se puede llevar carga en buses o trenes. Por lo tanto, no se debiese esperar el mismo efecto heterogéneo. De esta forma, la Tabla 7 sugiere básicamente que los vehículos de trabajo de baja calidad son más utilizados que los de buena calidad. Esto, a su vez, se podría deber a que los de mala calidad sean propiedad de trabajadores independientes, mientras que los de buena calidad sean propiedad de empresas que, al tener más automóviles disponibles, tienen una mayor capacidad de sustitución «intra-empresa» en los días de restricción. O bien, se podría explicar porque, a menor calidad, mayor necesidad de ingresar al anillo de Américo Vespucio.

Como finalmente los vehículos de trabajo no se vieron afectados por la restricción, los automóviles particulares, con el fin de eximirse de la restricción, pueden optar por un automóvil particular más nuevo o bien por un vehículo de trabajo, como por ejemplo camionetas de doble cabina de modelos anteriores al 2012. Sin embargo, como no hay efectos en los precios ni publicaciones de los vehículos de trabajo, en caso de que hayan individuos sustituyendo por este tipo de vehículos, esto debiese verse reflejado en una disminución en el tiempo en venta. Luego, como los resultados no muestran dicha disminución, se puede descartar que éste sea un factor predominante en el plazo aquí estudiado.

7. Discusión: resultados como efectos de largo plazo

7.1. Efecto en regiones

En el trabajo de Barahona et al. (2018) se muestra cómo la restricción vehicular de 1993 renovó la flota de vehículos en la ciudad de Santiago al llevar los automóviles de mayor antigüedad a regiones. Para ilustrar los efectos de largo plazo, en el año 2006, por cada automóvil del año 1992 en una cierta municipalidad de Santiago, habían 2,74 de esos modelos en una municipalidad similar no afectada por la restricción. Por el otro lado, por cada automóvil del año 1993 en cierta municipalidad de Santiago, habían 0,79 de esos modelos en una municipalidad similar no afectada por la restricción. Por lo tanto, dada la similitud de la restricción vehicular «Santiago Respira» con la de 1993, se debiesen esperar efectos similares. Pese a que en Barahona et al. (2018) los datos para mostrar la emigración de largo plazo vienen de los permisos de circulación, lo que hace que sean muy precisos, en este caso se tienen solo publicaciones de venta en plataformas web. Sin embargo, a través de los datos de este trabajo también se debiesen poder obtener las mismas conclusiones. A continuación se muestran las mismas variables estudiadas anteriormente para la Región Metropolitana, pero para el caso de regiones. El modelo empírico es equivalente al anterior solo que se agrega la distancia de Santiago a la capital regional como variable independiente⁴¹.

En la Tabla 8 se puede notar que, para el caso de los automóviles particulares, en el plazo que permiten estudiar los datos de este trabajo, no se sugiere que haya efecto en precios, ni en publicaciones, ni en tiempo en venta. Esto contrasta con las conclusiones que se esperarían en relación a Barahona et al. (2018). En cuanto a los precios, como las regiones de Chile constituyen un mercado libre, se esperaría que no haya arbitraje en el largo plazo. Es decir, al disminuir la valoración de los automóviles antiguos en Santiago, sin que ocurra lo mismo en regiones, debiese esperarse que las concesionarias aprovechen este menor valor en la capital y lleven los vehículos a regiones, de modo de obtener un mayor excedente. De esta forma, si los precios de los vehículos de la Región Metropolitana se ven afectados, por ausencia de arbitraje en el largo plazo, debiese verse el mismo efecto en regiones. Sin embargo, esto no ocurrió en el periodo estudiado. En el caso de las publicaciones de venta, si la forma en que emigran los vehículos desde Santiago es a través de las concesionarias de automóviles, debiese verse un aumento en las publicaciones de venta en regiones, lo cual tampoco ocurrió. O bien, podría argumentarse que las plataformas web son utilizadas más en Santiago que en las regiones y que las concesionarias sí se están llevando los automóviles, pero los ofrecen por canales distintos a Internet. No obstante, si ese fuera el caso, como no ha variado el precio de las publicaciones de plataformas web, éstas debiesen aumentar su tiempo en venta, dado que hay competidores que no venden por Internet que ofrecen mejores precios. Por último, podría ser que el mecanismo por el cual emigran los automóviles no es a través de concesionarias sino que a través de individuos que van a Santiago a comprar los automóviles directamente. Si el anterior fuera el caso, como no han cambiado los precios en las regiones, y sus residentes están comprando vehículos en Santiago, debiese aumentar el tiempo en venta de los vehículos en regiones. Como lo

⁴¹Sin embargo, esto no modifica los resultados.

Tabla 8: Efecto de los anuncios en automóvil particular, según calidad

	Automóvil Particular			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Precios Regiones				
Efecto Total	-0.009 (0.010)	0.009 (0.011)	-0.003 (0.009)	0.001 (0.006)
R2	0.96	0.87	0.93	0.96
N	74,586	74,179	74,202	222,967
B. Publicaciones Regiones				
Efecto Total	-0.024 (0.118)	0.020 (0.074)	0.152 (0.111)	0.077 (0.062)
R2	0.56	0.60	0.58	0.62
N	31,006	58,074	59,494	148,574
C. Tiempo en Venta Regiones				
Efecto Total	0.123 (0.081)	-0.105*** (0.039)	0.043 (0.042)	0.007 (0.029)
R2	0.18	0.08	0.08	0.10
N	31,099	57,850	59,123	148,072

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan estimaciones para los logaritmos de los precios, publicaciones y tiempo en venta, equivalentes a las ecuaciones (22), (23) y (24) respectivamente para los automóviles de uso particular. Esta tabla sugiere que, en el plazo estudiado en este trabajo, no hay indicios de que haya ocurrido una migración de automóviles de este segmento, en ninguno de sus grupos.

anterior tampoco ocurre, podemos descartar que la flota de Santiago esté emigrando a regiones en el plazo que comprende este trabajo.

En la Tabla 9 , que corresponde a los vehículos de trabajo, tampoco se ve ningún efecto en las variables de interés. En este caso, sin embargo, es esperable que esto ocurra dado que los vehículos de trabajo finalmente no se vieron afectados por la restricción vehicular. Por lo tanto, esta tabla nos sirve como un ejercicio de falsificación adicional. Estos antecedentes permiten señalar que no ha habido efectos en el mercado automotriz de regiones, lo cual puede deberse a dos motivos que se analizarán a continuación.

En primer lugar, es posible que para la restricción del año 2018 la discontinuidad generada en precios fue menor a los costos de traslado a regiones. Si esto ocurriera para todos los segmentos de calidad, efectivamente no debiesen haber efectos en regiones. Pese a que la probabilidad de que esto ocurra es baja, no puede ser descartada.

Hay dos factores, que diferencian la actual restricción con la de 1993, que podrían explicar este mecanismo, a saber: a) la restricción de 1993 restringió a los vehículos afectados un día a la semana, mientras que en la restricción actual se aplica sobre los vehículos afectados solo un día cada dos semanas. De hecho, siendo la restricción la mitad de intensa, la discontinuidad porcentual en precios que se observa para los vehículos particulares es justo la mitad de lo encontrado por Barahona et

Tabla 9: Efecto de los anuncios en vehículo de trabajo, según calidad

	Vehículo de Trabajo			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Precios Regiones				
Efecto Total	0.005 (0.017)	-0.021 (0.016)	0.001 (0.033)	-0.006 (0.012)
R2	0.74	0.55	0.85	0.90
N	18,852	21,840	9,648	50,340
B. Publicaciones Regiones				
Efecto Total	-0.066 (0.124)	0.175 (0.146)	-0.149 (0.215)	0.024 (0.090)
R2	0.61	0.54	0.36	0.60
N	13,189	14,666	6,451	34,306
C. Tiempo en Venta Regiones				
Efecto Total	-0.068 (0.070)	0.019 (0.090)	0.095 (0.117)	-0.009 (0.050)
R2	0.07	0.09	0.09	0.08
N	13,624	14,967	6,639	35,230

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan estimaciones para los logaritmos de los precios, publicaciones y tiempo en venta, equivalentes a las ecuaciones (22), (23) y (24) respectivamente para los vehículos de trabajo. Como los vehículos de trabajo finalmente fueron eximidos, estos resultados sirven como ejercicio placebo para validar las estimaciones de la Tabla 8.

al. (2018). Así, es más probable que en esta restricción los costos de transporte sean mayores a la discontinuidad generada; y b) por otra parte, en la restricción de 1993 los automóviles no afectos eran los de 1993, es decir solo los automóviles nuevos, cuyo valor es el más alto del mercado. En cambio, en la restricción actual se aplica la medida sobre automóviles que tienen al menos 7 años de antigüedad. Por lo tanto, a diferencia del trabajo de Barahona et al. (2018), en esta restricción los vehículos ya se han depreciado por al menos 7 años, lo que disminuye considerablemente su valor. En estas circunstancias, una discontinuidad porcentual equivalente a Barahona et al. (2018) haría que la discontinuidad en precio, en términos reales, sea mucho menor. Entonces, teniendo en cuenta que estos dos factores ocurren de forma simultanea, es mucho más probable que en esta restricción los costos de transporte sean mayores a la discontinuidad generada. Como se mencionó anteriormente, este mecanismo podría provocar que la flota vehicular en Santiago sea mayor a un escenario sin restricción.

En segundo lugar, puede deberse a que en el corto-mediano plazo las concesionarias se enfrenten a restricciones de capacidad. Esto dado que, pese a saber que hay una gran flota en Santiago que puede agregar mayores excedentes, no tienen suficiente espacio físico en las tiendas de automóviles para poder concretar ese traslado. Por lo tanto, solo una vez que se amplíe la capacidad en regiones, podrán emigrar los vehículos a regiones. De hecho, para mostrar el movimiento de la flota hacia

regiones, en Barahona et al. (2018) solo disponen de datos del año 2006, es decir 14 años después de que comience la restricción. Por lo tanto, sus estimaciones muestran el movimiento en el largo plazo, de modo que quizás el año 1993 tampoco hubo una gran emigración. Como se mencionó anteriormente, en caso de ocurrir la emigración, los vehículos de mayor calidad saldrán más rápido de Santiago, dado que otorgan un mayor excedente. Sin embargo, puede que esta emigración sea menor a lo esperado, dado el riesgo de que, en el largo plazo, se sustituya por vehículos de trabajo anteriores al 2012, como lo son las camionetas de doble cabina que se mencionaron anteriormente.

8. Bienestar

Una restricción vehicular, al imponer una fricción sobre un mercado libre, crea un perjuicio en el bienestar de las personas. Como se explicó anteriormente, este perjuicio se experimentó de forma más intensa en los segmentos de individuos que utilizan automóviles de mayor calidad. Sin embargo, al reducir la contaminación, se lograría también un aumento en el bienestar de las personas, dado que tendrían menos problemas y gastos relacionados a la salud. Pese a que para la restricción actual en el corto plazo pareciera que todavía no ha ocurrido una emigración de vehículos que permita cuantificar la disminución de la contaminación, Barahona et al. (2018) muestran que para la restricción del año 1993 el aumento en el bienestar por reducir la contaminación fue mayor al perjuicio ocasionado en el mercado automotriz. En esta Sección, en cambio, se evalúa si el perjuicio en el mercado automotriz, según sus calidades, tiene relación con qué automóviles contaminan más, o bien los que mejoran más el escenario inicial de contaminación. En caso de que los vehículos que más contaminan sean los que muestran una mayor discontinuidad en precio, la externalidad de la contaminación estará siendo pagada en mayor medida por los individuos cuyos vehículos más contaminan, lo que es económicamente eficiente. En el caso de que los automóviles que más mejoran en términos de contaminación sean los que tienen la mayor discontinuidad en precio, estos serían los primeros en emigrar, lo que mostraría que es una restricción que disminuye la contaminación de forma eficiente, donde los modelos de vehículos que más mejoran se renuevan más rápido.

8.1. Contaminación

Las tres principales partículas contaminantes que dañan la salud y son emitidas por los automóviles son el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO). Estos gases pueden, a su vez, agruparse en dos tipos según cómo afectan la salud de las personas. Por un lado, el monóxido de carbono, que es un gas inoloro e imperceptible para el ojo humano, disminuye la cantidad de oxígeno en la sangre, siendo especialmente perjudicial para personas con problemas cardíacos. Por el otro lado, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, al entrar conjuntamente en contacto con luz, crean ozono⁴². Esta reacción química entre los HC y los NO con la luz, de hecho, constituye la nube gris o «smog» que suele verse en las ciudades contaminadas. El ozono, pese a ser un gas positivo a nivel atmosférico, dado que protege a la vida de los rayos ultravioleta, es muy

⁴²Ver Green (s.f.) para más detalles.

perjudicial si está a nivel de suelo. En relación a la salud de las personas, el ozono puede producir daños y molestias en distintos órganos, afectando principalmente los respiratorios.

Si se quiere disminuir los perjuicios en la salud cardíaca de las personas, entonces, se debe buscar disminuir las emisiones de CO en los vehículos. Por otro lado, en el caso de las enfermedades respiratorias, Green (s.f.) menciona que los HC son producidos naturalmente por los organismos vivos, por lo que en general hay un exceso de éstos en los lugares donde se crea «smog». Entonces, disminuir los HC de las emisiones vehiculares no tendría un gran efecto en la salud de las personas. En cambio, al bajar las cantidades de NO que emiten los vehículos, al ser éste más escaso, se podría disminuir la creación de ozono y mejorar la salud respiratoria de la población. En otras palabras, si se reducen las emisiones de HC, no mejorará sustancialmente la situación dado que hay un exceso de HC, que se produce naturalmente, y que permitiría seguir reaccionando con NO para crear ozono. Mientras que si se reduce el NO, los HC no tendrán partículas de NO con las cuales reaccionar, por lo que disminuiría la cantidad de ozono a nivel de suelo⁴³. Por lo tanto, será especialmente relevante enfocarse en las emisiones de CO y NO de los vehículos para ver qué vehículos están generando mayores perjuicios a la salud.

A través de los datos de todas las revisiones técnicas que se realizaron en Chile el año 2016, se analiza a continuación las emisiones de CO, HC y NO de los segmentos de automóviles que se estudian en este trabajo. La estrategia empírica corresponde a diferenciar los vehículos no afectos a la restricción, con una variable binaria que toma valor 1 si los vehículos son del año 2012 o posterior, y 0 en otro caso. Al hacer dicha estimación para toda la muestra, se llega a que las emisiones de CO, HC y NO disminuyen en promedio un 44,8 %, 33,6 % y 52,2 % respectivamente para un vehículo no afecto en relación a uno afecto⁴⁴.

Para el caso de los automóviles particulares, se puede observar en la Tabla 10 que la mejora es significativa, con una disminución de un 56,8 % para el CO, de un 39,5 % para el HC y de un 56,5 % en el NO (cuando los puntos logarítmicos son muy grandes, dejan de ser una buena aproximación del cambio porcentual, por lo que el efecto hay que estimarlo con la fórmula $\Delta \% = e^\beta - 1$ sobre el coeficiente). En cuanto al efecto heterogéneo sobre la salud de las personas, en primer lugar se puede apreciar el caso de la salud cardíaca, representando por las mejoras en términos de CO. El segmento de alta calidad es el que más mejora con una disminución de 65,2 % de las emisiones de CO, seguido por el de calidad media con una baja de 60,6 %, y siendo el que menos mejora el segmento de baja calidad con una disminución de 51,7 %. En segundo lugar, para el caso de las enfermedades respiratorias, donde la emisión clave es el NO, el segmento alto y medio son

⁴³Esto parecería ser algo cierto y conocido entre los expertos en calidad del aire, dado que al buscar «smog fotoquímico» en Google, en variadas fuentes se menciona esta misma conclusión.

⁴⁴En la Tabla A.9 se puede notar cómo varía el logaritmo natural de las distintas emisiones, en promedio, de un automóvil del 2012 o posterior, en relación a uno anterior a ese año. Se puede ver que el resultado está sobreestimado al utilizar una estrategia MCO sin efectos fijos. Sin embargo, al controlar por efectos fijos, ya sea solo por modelo o adicionalmente por tiempo, se obtiene el mismo resultado. Lo anterior se debe a que la fecha de la revisión técnica constituye una variable aleatoria, dado que depende del último dígito de la patente, que es determinado exclusivamente según orden de llegada a las oficinas de registro. Por lo anterior, se procederá a utilizar sólo efectos fijos por modelo para las estimaciones siguientes (cuando los puntos logarítmicos son muy grandes, dejan de ser una buena aproximación del cambio porcentual, por lo que el efecto hay que estimarlo con la fórmula $\Delta \% = e^\beta - 1$ sobre el coeficiente).

Tabla 10: Efecto en emisiones de automóviles particulares para afectos vs. no afectos, según calidad

	Automóvil Particular			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Monóxido de Carbono (CO)				
No afecto	-1.055*** (0.046)	-0.932*** (0.027)	-0.728*** (0.018)	-0.840*** (0.015)
Constante	-1.996*** (0.017)	-2.053*** (0.007)	-2.397*** (0.007)	-2.193*** (0.005)
R2	0.09	0.09	0.12	0.11
N	20,492	74,925	71,693	167,110
B. Hidrocarburos (HC)				
No afecto	-0.442*** (0.020)	-0.615*** (0.012)	-0.447*** (0.009)	-0.503*** (0.007)
Constante	2.836*** (0.008)	3.151*** (0.004)	2.999*** (0.004)	3.045*** (0.003)
R2	0.13	0.12	0.13	0.13
N	26,800	95,240	98,156	220,196
C. Óxidos de nitrógeno (NO)				
No afecto	-0.961*** (0.041)	-0.967*** (0.023)	-0.707*** (0.019)	-0.833*** (0.014)
Constante	3.192*** (0.016)	3.513*** (0.008)	3.457*** (0.008)	3.450*** (0.005)
R2	0.17	0.13	0.13	0.14
N	21,188	74,403	79,920	175,511

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar robustos a la heterocedasticidad. Se presentan estimaciones para el logaritmo de diferentes emisiones contaminantes en los automóviles de uso particular, para sus diferentes grupos de calidad. La estrategia empírica corresponde a diferenciar los vehículos no afectos a la restricción, con una variable binaria que toma valor 1 si los vehículos son del año 2012 o posterior, y 0 en otro caso, y poner efectos fijos por modelo de automóvil. En la Tabla A.9 se puede ver que estos resultados son robustos a diferentes especificaciones.

estadísticamente equivalentes con una disminución de un 61,7%, seguido por el segmento de baja calidad con una baja de un 50,7% en estas emisiones. Ahora bien, como a mayor calidad mayor es el aporte a mejorar la salud cardíaca, lo que también ocurre parcialmente en la salud respiratoria, entonces, si termina ocurriendo la emigración a regiones, la restricción renovará de manera más rápida los modelos de automóviles que más aportan a mejorar la salud de las personas, dada la coincidencia de que también sean los que presentan una mayor discontinuidad en precios. Es decir, bajo el supuesto de que la gente renueva su vehículo antiguo por un modelo similar, solo que de un año no afecto a la restricción, entonces el orden del recambio que se produce es el que más contribuye a disminuir las emisiones contaminantes. Hay que recordar que, en el mercado automotriz, las personas solo cambian el vehículo si se trata de una mejora en calidad, lo que se vio reflejado en el análisis de los resultados de publicaciones de venta.

En la Tabla 10, no obstante, se puede apreciar a través de la constante de la regresión, la contaminación promedio de los vehículos de modelos anteriores al 2012. Económicamente, lo óptimo sería que los vehículos que más pierden valor sean los que contaminan más, es decir que sean los

Tabla 11: Log emisiones en vehículos de trabajo para afectos vs. no afectos, según calidad

	Vehículo de Trabajo			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Monóxido de Carbono (CO)				
No afecto	-0.680*** (0.116)	-0.797*** (0.054)	-0.910*** (0.058)	-0.827*** (0.038)
Constante	-1.518*** (0.015)	-2.332*** (0.017)	-1.840*** (0.017)	-1.874*** (0.009)
R2	0.08	0.04	0.09	0.11
N	12,369	10,443	11,761	34,573
B. Hidrocarburos (HC)				
No afecto	-0.401*** (0.052)	-0.587*** (0.029)	-0.864*** (0.037)	-0.660*** (0.021)
Constante	3.675*** (0.010)	3.081*** (0.010)	3.399*** (0.012)	3.396*** (0.006)
R2	0.12	0.10	0.12	0.15
N	14,453	12,644	13,876	40,973
C. Óxidos de nitrógeno (NO)				
No afecto	-1.126*** (0.169)	-1.094*** (0.066)	-1.088*** (0.058)	-1.093*** (0.043)
Constante	4.057*** (0.040)	3.934*** (0.024)	4.273*** (0.020)	4.141*** (0.014)
R2	0.16	0.08	0.08	0.10
N	3,265	7,884	14,314	25,463

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar robustos a la heterocedasticidad. Se presentan estimaciones para el logaritmo de diferentes emisiones contaminantes en los vehículos de trabajo, para sus diferentes grupos de calidad. La estrategia empírica corresponde a diferenciar los vehículos no afectos a la restricción, con una variable binaria que toma valor 1 si los vehículos son del año 2012 o posterior, y 0 en otro caso, y poner efectos fijos por modelo de automóvil. En la Tabla A.9 se puede ver que estos resultados son robustos a diferentes especificaciones.

de coeficiente constante más alto. Se puede notar que en el caso de las enfermedades cardíacas, efectivamente se emite más CO a medida que se aumenta la calidad. Sin embargo, en el caso de las enfermedades respiratorias, los que más contribuyen en términos de NO no son los de calidad alta. Por lo tanto, no es claro que los automóviles que más contaminan sean los que estén pagando de forma más intensa los efectos de la restricción sobre el mercado automotriz. De este modo, pese a no ser óptima económicamente hablando, la restricción sí contribuye a renovar la flota de una forma eficiente, donde los automóviles que más mejoran son los primeros en renovarse.

Para el caso de los vehículos de trabajo, se puede apreciar en la Tabla 11 que también hay una mejora importante en términos de contaminación, donde los gases CO, HC y NO disminuyen 56,3 %, 48,3 % y 66,5 %, respectivamente. Con respecto a la salud cardíaca, en el segmento de calidad alta las emisiones de CO experimentan una baja de un 49,3 %, los de calidad media disminuyen un 54,9 % y los de calidad baja un 59,7 %. Es decir, a medida que disminuye la calidad aumenta significativamente la mejora a la salud cardíaca. En la salud respiratoria, en cambio, los vehículos de alta calidad disminuyen un 67,6 %, los de calidad media en un 66,5 %, mientras que los de baja

calidad en un 66,3 %. Sin embargo, pese a que a mayor calidad pareciera haber una mayor mejora, ésta no es estadísticamente significativa, y además es una diferencia muy leve entre los segmentos. Por lo tanto, mientras en el caso de las enfermedades cardíacas hay una mejora significativa que se acentúa al bajar la calidad, en el caso de las enfermedades respiratorias no hay un cambio muy relevante entre segmentos.

Conforme a lo señalado en el párrafo anterior, se podría argumentar que, a menor calidad mayor es el aporte a mejorar la salud general de las personas, lo que coincide, a su vez, con la mayor discontinuidad en los precios que se esperaba al disminuir la calidad para los vehículos de trabajo, en caso de que finalmente sí se vieran afectados por la restricción. Tal como se evidenció en relación con el tiempo de venta, cuando los vehículos de trabajo sí iban a verse afectados por una restricción de dos dígitos, éste aumentaba más a medida que disminuía la calidad. Por lo tanto, en caso de que se hubiesen mantenido los vehículos de trabajos afectos a la restricción, también se esperaría que la restricción produjera de manera más rápida la sustitución por modelos de vehículos que más aportan a mejorar la salud de las personas.

En cuanto al análisis de si el mayor perjuicio en el precio de los vehículos se da en los vehículos que contaminan más, se puede notar en el coeficiente constante de las regresiones de la Tabla 11 que esto no ocurre de manera óptima. En el caso de la salud cardíaca, el segmento de alta calidad es el que más contamina. En cambio, en la salud respiratoria el segmento de alta calidad es el segundo grupo más contaminante, después del segmento de baja calidad. Por lo tanto, pese a que económicamente el perjuicio en precios no es óptimo, la restricción se muestra eficiente en renovar primero a los modelos de vehículos que más mejoran la salud general de las personas, tal como ocurre en el caso de los automóviles de uso particular.

Teniendo en cuenta lo anterior, pese a que no sea económicamente óptimo con respecto a quién sufre el mayor perjuicio, la restricción muestra importantes efectos positivos. En primer lugar, el hecho de que en todos los segmentos se disminuyan tanto las emisiones contaminantes muestra que, en caso de existir emigración y renovación de la flota, la salud cardíaca y respiratoria de la población, que se puede atribuir a la contaminación, mejorará considerablemente⁴⁵. En segundo lugar, el traspaso de los vehículos a regiones será de una forma óptima para la salud de las personas, dado que se renovarán más rápido los automóviles que más mejoran las condiciones del aire.

En Barahona et al. (2018), se estima que con la restricción al mercado automotriz el excedente de conducir, de un hogar promedio, disminuyó un 0,3 % en la restricción de 1993. Por el otro lado, los costos relacionados a la contaminación, disminuyeron un 11,34 %. Sumando ambos efectos recién mencionados, la restricción vehicular aumentó el bienestar promedio en un 5,95 %.

En este contexto, como en este trabajo no se tienen datos ni de cuándo emigró la flota ni de la distancia recorrida por los automóviles luego de la restricción, lo ideal sería ponderar los efectos de Barahona et al. (2018) en relación a los efectos observados en este trabajo. De esta forma, por

⁴⁵ Esto se debe a que, en países desarrollados, se les exige a los vehículos nuevos que sean cada vez menos contaminantes. Tal como muestra el apéndice en línea de Barahona et al. (2018) para las revisiones técnicas del 2016, mientras más reciente es el cohorte menos emite partículas contaminantes. Entonces, pese a que los automóviles más nuevos no tengan un artefacto como lo fue el convertidor catalítico en 1993, estos sí emiten menos partículas contaminantes que sus versiones más antiguas, por lo que un recambio a estos también ayudaría a mejorar la salud de las personas.

el lado del mercado automotriz, como en la restricción actual se afecta proporcionalmente a la mitad de vehículos que en su versión de 1993, junto a que la discontinuidad en precios de los autos particulares corresponde a justo la mitad de lo estimado por Barahona et al. (2018), entonces el efecto sobre el excedente por conducir correspondería a una disminución de un 0,15 %. Por el lado de los costos relacionados a la contaminación, lo óptimo sería ponderar cuanto disminuyeron las distintas emisiones en relación a Barahona et al. (2018) y luego calcular el efecto sobre el bienestar total.

Para representar las emisiones de la restricción de 1993, se utiliza la misma base de datos que Barahona et al. (2018), que corresponde a las revisiones técnicas del año 2008. En cambio, para la restricción de 2018 se utilizan las revisiones técnicas del año 2016. Como los datos de las revisiones técnicas de 2016 no permiten ver más allá de los modelos del año 2016, y en el caso de las revisiones técnicas de 2008 hay muchos modelos anteriores a 1993 que van saliendo de la flota y convirtiéndose en chatarra, se acotan las emisiones a los cuatro cohortes más nuevos afectados y cuatro cohortes más antiguos no afectados, para ambas restricciones. De esta forma, las dos bases de datos son comparables.

Teniendo en cuenta lo anterior, se llega a que en el caso de la restricción vehicular del año 1993, se disminuyen muy intensamente las emisiones de CO y HC⁴⁶. Sin embargo, las plantas de revisión técnica no son capaces de medir los niveles de NO que emiten los vehículos, por lo que no se tiene un coeficiente para dicha estimación. Luego, como las emisiones de NO son más relevantes que los HC para disminuir la contaminación que produce enfermedades respiratorias, no es claro que la salud respiratoria haya mejorado significativamente con la restricción. Por el otro lado, se podría argumentar que lo que sí mejoró notablemente con la restricción del año 1993 fue la salud cardíaca de las personas, dada la disminución de CO observada.

Para el caso de la restricción de 2018, las estimaciones muestran un aporte significativamente menor en términos de disminuciones de CO y HC si se compara con la restricción de 1993. Por lo tanto, el aporte en salud cardíaca corresponde a una fracción marginal de lo logrado por la restricción del año 1993 que reporta Barahona et al. (2018). Sin embargo, pese a que el aporte sobre la disminución de HC también son menores, a diferencia de la restricción del año 1993, donde no sabemos exactamente cuánto disminuyó NO, en el caso de la nueva restricción disminuyen considerablemente las emisiones de este. Por lo tanto, al disminuir tanto los HC como los NO, entonces la salud respiratoria se verá mejorada con la nueva restricción.

En relación a lo anterior, se puede concluir que la mejora en términos de contaminación que se observa en Barahona et al. (2018) se puede atribuir más fácilmente a una mejor salud cardíaca. En cambio, en el caso de la nueva restricción se mejora principalmente la salud respiratoria de la población. De esta forma, sería incorrecto comparar, a través de la ponderación mencionada anteriormente, la mejora en términos de contaminación de Barahona et al. (2018) con la de este trabajo. Por lo tanto, en este trabajo no se podrá establecer con certeza si los costos de la restricción son mayores a los beneficios. Sin embargo, como todas las emisiones contaminantes mejoraron, y

⁴⁶En la Tabla A.10 se puede ver el cambio en las emisiones totales (no logarítmicas) de las distintas emisiones que expulsan los vehículos, donde también se incluyen efectos fijos por modelo.

se estima que la pérdida causada por el mercado automotriz es de sólo un 0,15 %, difícilmente los costos superarán a los beneficios.

El escenario anterior, en el que se supone que los vehículos sí emigran, es una conclusión general que muestra lo que ocurriría cuando toda la flota de año anterior al 2012 resulte afectada por la restricción vehicular. Lamentablemente, en la versión final de la restricción se eximió a los vehículos de trabajo, donde están incluidas las camionetas de doble cabina. Estas camionetas son hoy en día ampliamente utilizadas como vehículos particulares, incluso en los segmentos de alto ingreso de la capital. Por lo tanto, al eximirse dichos vehículos de la restricción, podrá darse que la gente renueve su vehículo afecto por una camioneta de doble cabina de alta calidad cuyo año de fabricación sea anterior al 2012. En general no hay indicios en los datos que eso este ocurriendo, pero es un riesgo que puede hacer que en el largo plazo parte de la renovación no sea hacia vehículos más limpios.

Como se dijo anteriormente, en caso de que no ocurra la emigración debido a los costos de transporte, los vehículos podrían traspasarse a individuos de baja valoración en la ciudad de Santiago, que antes sólo utilizaban el transporte público, mientras que los antiguos dueños se comprarían vehículos nuevos. En este caso, poco probable, al tener una mayor flota vehicular se podría terminar con una ciudad más contaminada que en una situación inicial sin restricción.

9. Conclusión

Se muestra en este trabajo que la restricción vehicular permanente «Santiago Respira» sí tiene un efecto sobre el mercado automotriz. Esta restricción causa una discontinuidad en los precios de los vehículos 2012 con respecto a los del 2011. Además, se observa un recambio hacia automóviles más limpios. Sin embargo, pese a que los individuos cambian sus vehículos por modelos más limpios, no es claro si esta flota sobrante será absorbida por las regiones de Chile o por individuos de baja valoración de la ciudad de Santiago.

En caso de que los vehículos emigren a regiones, lo más probable es que, dadas las mejoras en la salud respiratoria de la población y los bajos perjuicios en el mercado automotriz, el bienestar aumente. Sin embargo, este efecto puede ser menor al esperado en caso de que los vehículos particulares sujetos a restricción sean sustituidos por camionetas de doble cabina de modelos anteriores al año 2012.

A pesar de que el proceso de emigración de los vehículos a regiones es lento, el éxito de la actual restricción supone un mecanismo de evacuación muy eficiente para disminuir la contaminación, que no se ha reportado en la literatura previa. Esto es, que los vehículos que primero emigrarían a regiones, que serían los que muestran una mayor discontinuidad en precio, serán a la vez los que más contribuyen a mejorar los niveles de emisiones contaminantes de la ciudad. De esta forma, el orden de evacuación sería el más eficiente posible si lo que se busca es limpiar el aire de la ciudad de Santiago. Pese a que los vehículos de trabajo no se ven afectados en la versión final de la restricción, los resultados sugieren que, si se hubiesen visto sujetos a dicha medida, para éstos el recambio también hubiese sido igualmente eficiente.

En contraste al caso anterior, si la emigración finalmente no ocurre, mantener la restricción a un dígito arriesgaría disminuir el bienestar, dado que podría aumentar la flota en Santiago, causando incluso una mayor contaminación. Sin embargo, como este problema sería causado porque la discontinuidad generada en precios es menor a los costos de transporte, la solución a esto consistiría en aumentar la intensidad. Esto es, se debiese aumentar la magnitud de la restricción, por ejemplo a un día a la semana, y lograr así que la discontinuidad sea mayor a los costos de transporte. Entonces, pese a que la restricción en su estado actual podría no lograr la emigración, ella podría intensificarse y lograr que sea un mecanismo eficiente para disminuir la contaminación, tal como lo muestra Barahona et al. (2018).

Referencias

- [1] Akerlof, G. (1970), The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism, *The Quarterly Journal of Economics 116*, 488-500
- [2] Barahona, H. (2015), The price of driving one extra day: Evidence from the driving restriction program in Chile. *Final Technical Report*.
- [3] Barahona, H., F. Gallego and J.-P. Montero (2015), Driving restrictions for cleaner vehicles: Lessons on how they work and ways to improve them, *Working Paper*.
- [4] Barahona, H., F. Gallego and J.-P. Montero (2018), Vintage-specific driving restrictions, *Working Paper*
- [5] Calonico, S., M. D. Cattaneo, and R. Titiunik (2014), Robust nonparametric confidence intervals for regression-discontinuity designs. *Econometrica 82 (6)*, 2295-2326.
- [6] Davis, L. W. (2008). The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City. *Journal of Political Economy 116 (1)*, 38–81.
- [7] Da, Z., Engelberg, J. and Gao, P. (2011), In Search of Attention, *Journal of Finance 66 (5)*, 1461-1499
- [8] Eskeland, G. S. and T. Feyzioglu (1997). Rationing can backfire: The “day without a car” in Mexico City. *The World Bank Economic Review 11 (3)*, 383–408.
- [9] Gallego, F., J.-P. Montero, and C. Salas (2013). The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American cities. *Journal of Public Economics 107*, 47–62.
- [10] Green, W. (s.f.). "ESS Topic 6.3: Photochemical Smog". *AMAZING WORLD OF SCIENCE WITH MR. GREEN*. Recuperado el 24-11-2018 de <https://www.mrgscience.com/ess-topic-63-photochemical-smog.html>.
- [11] Molina, L. T., M. J. Molina, et al. (2002). *Air quality in the Mexico megacity: An integrated assessment*. SciELO Chile.
- [12] Wolff, H. (2014). Keep your clunker in the suburb: Low-emission zones and adoption of green vehicles. *The Economic Journal 124* (578).
- [13] Ye, J., Chen, X. (2018), Clearing the Air: Restricting Vehicle Use or Adopting Cleaner Vehicles?, *mimeo*.

Anexos

A.1 Relevancia de los anuncios

Es necesario ver si la población de Santiago efectivamente le puso atención a estos anuncios o épocas relevantes. En caso de ser así, se esperaría que el mercado automotriz reaccione antes de la implementación del proyecto. Es decir, en caso de que existan anuncios por parte de las autoridades y la gente le crea a estos, el mercado debiera ajustarse a partir de ese momento. Luego, para establecer si la población le prestó atención a estos anuncios se usará Google Trends, que es una herramienta que permite analizar las tendencias en búsquedas de las palabras que las personas escriben en el buscador. Como esta herramienta podría presentar sientas falencias, se utilizarán solo para motivar este trabajo. Esto a modo de dar señales de que la gente sí prestó atención a estos anuncios⁴⁷.

El uso de las búsquedas de Google ya ha sido previamente estudiado por la literatura. Los autores Da et al. (2011) muestran dos cosas importantes. En primer lugar, las búsquedas de Google muestran de forma muy oportuna la atención de los inversionistas. Y segundo, estas reflejan la atención del inversionista independiente o de «retail», que corresponde al que invierte e investiga por cuenta propia, sin tener acceso a herramientas más sofisticadas como Bloomberg⁴⁸. Estás dos particularidades de las búsquedas de Google resultan muy útiles. Primero, porque se quiere saber si la reacción de la gente a la restricción fue oportuna. Y segundo, los hogares chilenos, dueños mayoritarios de los automóviles en Santiago, difícilmente tendrán acceso a una mejor herramienta que Google para investigar sobre automóviles. De esta forma, éstos se pueden clasificar bajo el criterio de inversionistas independientes.

Al utilizar el programa Google Trends este no muestra la cantidad de búsquedas reales que hubo en los distintos momentos del tiempo. Lo que hace, en cambio, es mostrar un índice que toma valor 100 para la semana en que las búsquedas fueron más intensivas y 0 cuando no hay búsquedas⁴⁹. Luego, el resto de los valores de búsqueda corresponden a la proporción de búsquedas con respecto al máximo⁵⁰. Como no sabemos cuánto se busca un término, y que sea un número suficientemente alto es importante para mostrar la «atención» de la gente, se procede de la siguiente manera. La venida del Papa Francisco fue un evento sumamente mediático en la ciudad de Santiago a principios del año 2018. De hecho, el Gráfico A.1 muestra que al poner el término «papa francisco» para la Región Metropolitana este se mantiene muy bajo en los últimos 5 años, con excepción de la época en la que vino, donde se observa un salto notable, reflejando un acontecimiento masivo⁵¹. Por lo tanto, como Google Trends permite comparar entre dos términos de búsqueda, el eje Y de los gráficos que se presentan a continuación representará la atención del evento, medida en términos porcentuales,

⁴⁷Se me ha advertido que esta herramienta le da una mayor ponderación a eventos más recientes debido a cambios en el sistema de búsqueda que utiliza Google.

⁴⁸Que son más comunes en instituciones financieras.

⁴⁹Todo esto en relación al periodo de búsqueda que uno pone en el programa.

⁵⁰Un valor de 47 indica que se buscó un 47% de las veces que se buscó el día con más búsquedas de la muestra.

⁵¹En general las búsquedas por «papa francisco» no deben ser pocas. Por lo tanto, un salto tan grande como el que se muestra en el Gráfico A.1 corresponde a que su venida fue un hecho muy masivo que despertó la atención de la gente.

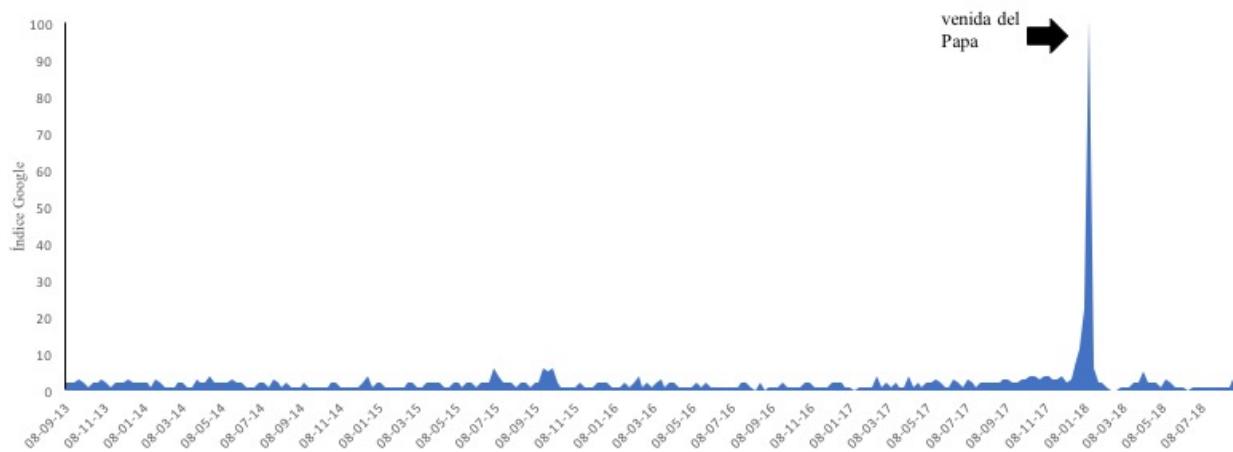


Gráfico A.1: Búsquedas en Google por «papa francisco»

comparado con «la venida del Papa».

En el Gráfico A.2 puede apreciarse que las búsquedas por «restriccion permanente cataliticos» sólo fueron realizadas en las épocas de difusión o bien de anuncios⁵². Este gráfico, no obstante, no es representativo de una atención masiva, dado que al compararlo con la visita del Papa este porcentaje es menor al uno por ciento de dichas búsquedas⁵³. Sin embargo, pese a no reflejar atención masiva, sí muestra que esas fechas fueron importantes. Por ejemplo, es interesante que este término no se haya buscado en Santiago antes de julio de 2015.

El Gráfico A.3 corresponde a las búsquedas en Google por «restricción cataliticos». Se espera que esta búsqueda no haya comenzado en julio de 2015 dado que, como bien se mencionó anteriormente, existía la restricción a catalíticos en días en los que habían episodios críticos de contaminación. Los dos episodios críticos que pueden afectar a un automóvil son las pre-emergencias y las emergencias ambientales. Las pre-emergencias ambientales son episodios que restringen a los vehículos catalíticos, a dos dígitos, a manejar ese día. En cambio, las emergencias ambientales también restringen a los vehículos catalíticos, pero a cuatro dígitos. Por lo tanto, un día en el que hay pre-emergencia debiese haber más atención reflejada en Google, y más aún si se trata de una emergencia ambiental. Lo interesante con respecto a esto es que en el invierno del año 2014 hubieron 13 pre-emergencias y 3 emergencias; en el invierno del año 2015 hubieron 13 pre-emergencias y 2 emergencias; luego, en el invierno del año 2016 hubieron 11 pre-emergencias y 3 emergencias; y por último, en el invierno del año 2017 hubieron sólo 2 pre-emergencias. De esta forma, hay dos elementos clave en el Gráfico A.3 que sugieren que estos anuncios, correspondientes a las fechas de la Figura 2 y destacados con triángulos, sí capturaron la atención de la gente en la Región Metropolitana.

En primer lugar, los inviernos de 2014, 2015 y 2016 no difieren mucho en la cantidad de episodios

⁵²Las búsquedas de Google deben buscarse sin tilde, dado que es improbable que estos se usen.

⁵³Cuando las búsquedas son menores a 1%, Google Trends solo muestra «<1%». Por lo tanto, no se puede saber el porcentaje específico de cada punto.

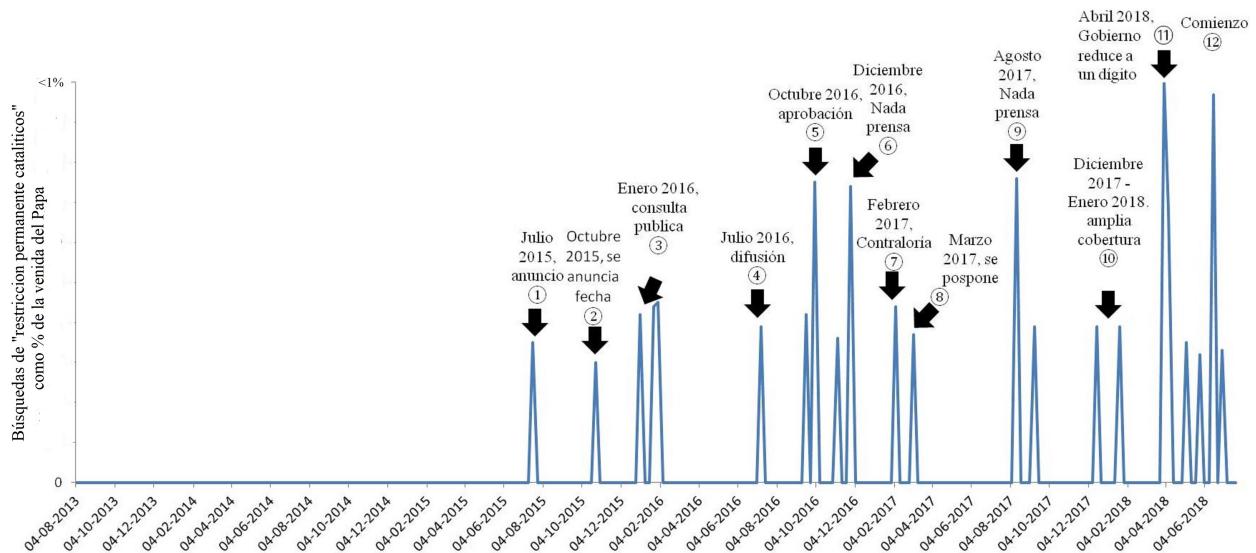


Gráfico A.2: Búsquedas en Google por «restriccion permanente cataliticos» en la Región Metropolitana.

críticos que afectaron a los automóviles catalíticos. Sin embargo, a partir del año 2015, con el primer anuncio se ve un incremento de esta búsqueda pese a que hay la misma cantidad de pre-emergencias, y una emergencia menos que en el invierno de 2014. Luego, en julio de 2016, que corresponde a la época de difusión luego de que el proyecto fuera ratificado, las búsquedas son 10 veces mayores que una situación sin anuncio como julio de 2014. El punto más alto de este periodo, sin embargo, equivalente a un 44 % de la «venida del Papa», corresponde a una semana que hubieron 5 pre-emergencias consecutivas, por lo que es esperable una atención especialmente alta. Sin embargo, tanto la semana anterior a dicho máximo como las tres semanas posteriores, se mantienen muy por sobre lo esperable. Esto no puede explicarse por episodios críticos, dado que en 2016 hubieron 2 pre-emergencias menos, y la misma cantidad de emergencias que en 2014. Así, se podría argumentar que los episodios críticos del año 2016 desencadenaron en que la prensa le dio más cobertura a la nueva restricción vehicular permanente. Luego, volviendo a un invierno sin anuncios sobre restricción vehicular, se puede ver que en julio de 2017 las búsquedas son consistentes con lo visto en 2014, mostrando menores búsquedas que en ese año dado que hubieron muchos menos episodios críticos. Esto sugiere que efectivamente algo ocurrió en los inviernos de 2015 y 2016 que hicieron que hayan más búsquedas de los esperado, lo que es consistente con la historia que se mostró anteriormente.

En segundo lugar, antes de los anuncios sobre la nueva restricción vehicular sólo habían búsquedas por este término en las épocas que habían episodios críticos, es decir en invierno. En cambio, vemos que con los anuncios relevantes, que corresponden a los triángulos del Gráfico A.3, se comenzó a buscar este término en épocas anormales. Se puede notar que, en diciembre de 2015, época en la que se menciona por primera vez el mecanismo de esta restricción, esto ya comienza a despertar el interés de las personas, dado que hay búsquedas que en otro caso no tendrían sentido. Luego, entre mayo y julio de 2016, que corresponde a la época entre la ratificación del proyecto, y la difusión en los medios de comunicación, aumentan considerablemente las búsquedas por este término. Posteriormente, pasado

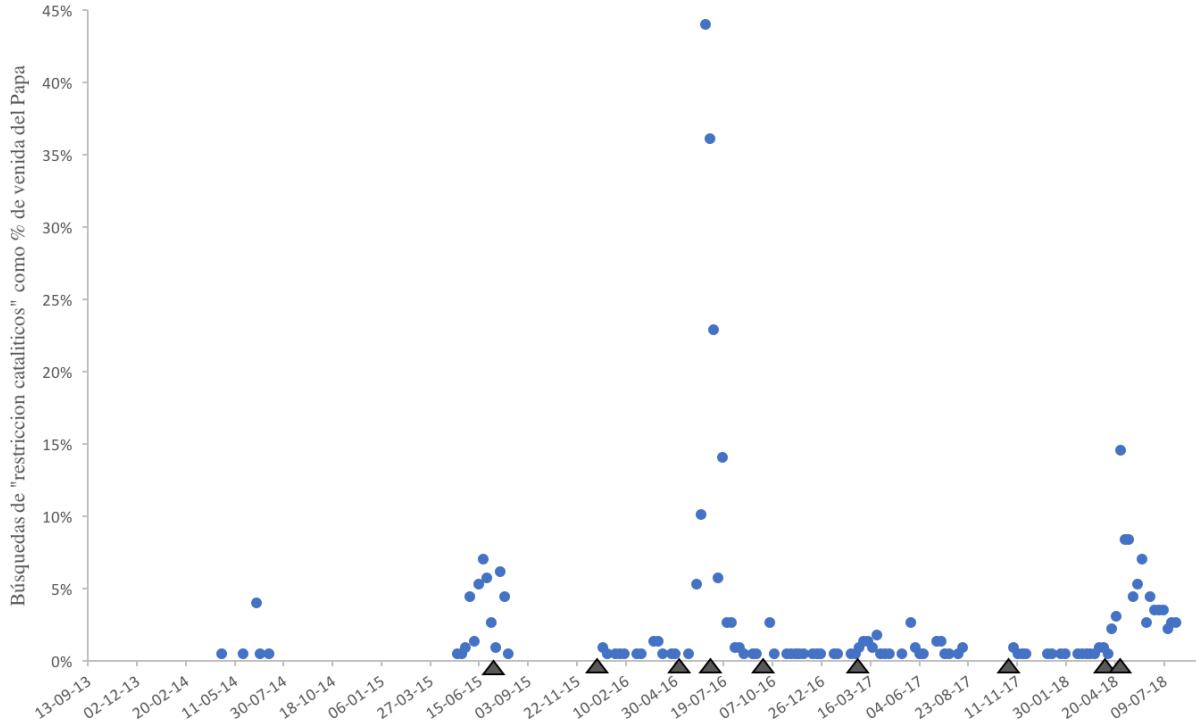


Gráfico A.3: Búsquedas en Google por «restriccion cataliticos» en la Región Metropolitana.

el invierno, las búsquedas no cesaron, encontrando un nuevo «peak» en el momento de la aprobación del proyecto en octubre de 2016 (quinto triángulo). Después de esto, pese a que se mantienen las búsquedas en épocas anormales, hay un nuevo «peak» en el momento de la postergación del proyecto. Para reforzar esta idea, luego de un invierno de 2017 sin avisos, las búsquedas por este término no continúan apareciendo. Lo anterior hasta que la toma de razón de Contraloría hizo que se retomaran las búsquedas por este término en épocas anormales. Posteriormente, se mantuvieron estables hasta que el nuevo gobierno, en abril de 2018, confirmó la restricción y le hizo una serie de cambios, lo que aumentó las búsquedas, y luego volvieron a aumentar en mayo de 2018 con la implementación de ésta. Es importante señalar con respecto a todo este último punto que no solo hay que fijarse en los «peaks» de búsquedas sino que hay que ir entendiendo las búsquedas como un stock acumulado de conocimiento. Esto porque, a modo de ejemplo, una persona que ya investigó en mayo de 2016 por la nueva restricción, quizás no vuelva a hacerlo en julio de 2016, dado que no ha habido un cambio en la política.

Ahora bien, no es suficiente que la gente haya adquirido la información, sino que es necesario ver si esta atención de los anuncios se vio reflejada en la atención que le ponían las personas al mercado automotriz. Para esto veremos en el Gráfico A.4 las búsquedas por automóviles usados versus las búsquedas por automóviles seminuevos⁵⁴⁵⁵. Un automóvil «seminuevo» corresponde a un

⁵⁴Se utilizan dos ejes dado que las búsquedas por seminuevos (equivalente a un 2% de la visita del Papa en su mayor punto) son en realidad mucho menores que las por automóviles usados (que corresponde en su punto máximo a un 29% de la visita del Papa). Pese a esto, el gráfico sigue siendo muy ilustrativo.

⁵⁵No se puede comparar este escenario con regiones dado que no hay suficientes búsquedas por «seminuevos»

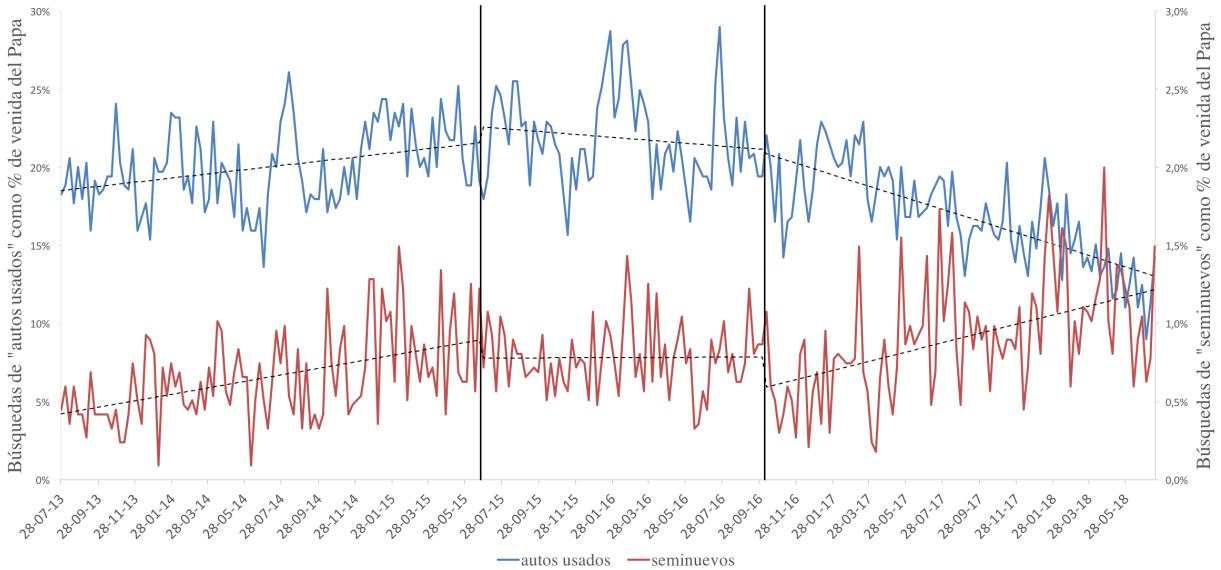


Gráfico A.4: Búsquedas por «automóviles usados» versus «seminuevos» en la Región Metropolitana

Tabla A.1: Diferencia de pendientes seminuevos vs. autos usados

	Diferencia de pendientes
Desconocimiento total	0.000 (0.000)
Desconocimiento diseño	0.000 (0.000)
Conocimiento diseño	0.002*** (0.000)
R2	0.97
N	520

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Corresponde a la ecuación $y_{t,i} = \alpha_1 e_1 + \alpha_2 t e_1 + \alpha_3 e_2 + \alpha_4 t e_2 + \alpha_5 e_3 + \alpha_6 t e_3 + \delta_i (\delta_1 e_1 + \delta_2 t e_1 + \delta_3 e_2 + \delta_4 t e_2 + \delta_5 e_3 + \delta_6 t e_3)$. Donde $y_{t,i}$ corresponde al índice de Google ponderado a los niveles del Gráfico A.4; t corresponde a la fecha; i corresponde al grupo de automóvil que pertenece; e_1 es una variable binaria que toma valor 1 si el periodo corresponde a antes de julio de 2015; e_2 es una variable binaria que toma valor 1 si el periodo corresponde entre julio de 2015 y octubre de 2016; e_3 es una variable binaria que toma valor 1 si el periodo corresponde a después de octubre de 2016; y δ_i es una variable binaria que toma valor 1 si corresponde al grupo de los seminuevos. De esta forma, los coeficientes de interés son δ_2 , δ_4 y $\delta_6 t e_3$, dado que muestran la diferencia de pendiente entre ambos grupos.

término muy común en el mercado automotriz, que se distingue por ser un automóvil usado pero que tiene poco uso, pocos años y pocos dueños anteriores. Esto hace que un automóvil anterior al año 2012, según directivos del mercado automotriz, no corresponda a esa categoría en el tiempo que se investiga en este trabajo.

Se puede notar que hasta julio de 2015 (primera línea) ambos términos de búsqueda iban en aumento de forma paralela. Luego de ese primer anuncio, que no diferenciaba entre automóviles de diferentes años, las búsquedas se estancaron, pero siguieron avanzando de forma paralela. Sin embargo, entre julio de 2016 y octubre de 2016 (segunda línea) las tendencias comenzaron a avanzar en direcciones opuestas, lo que podría estar reflejando un mayor interés por automóviles usados

que no estuvieran afectos a la restricción. Es fácil notar que ésta época coincide con la difusión, la aprobación y es justo posterior al «peak» de búsquedas del Gráfico A.3. En la Tabla A.1 se hace un test formal para esta diferencia de tendencias, donde la única pendiente estadísticamente diferente entre grupos es la posterior a octubre de 2016.

Pese a que el uso de búsquedas de Google pueden tener defectos, pareciera haber evidencia que sugiere que la gente sí interiorizó esta información al momento de los anuncios. Más aun, la realización de protestas en 2016, su amplia cobertura en medios de comunicación y la confirmación de estas fechas por gente directamente relacionada a este proyecto, dan razones suficientes para pensar que los efectos de la restricción pudieron haberse dado antes de su implementación.

A.2. Demostración Proposición 2

Definamos Δp_{tk}^{SR} como el precio del automóvil para el periodo t en una escenario sin restricción, y definamos como Δp_{tk}^{RV} al precio del periodo t en el caso de que sí haya restricción. Si $R < \frac{\theta_k^\alpha}{\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha}$ entonces

$$\Delta p_{1k}^{SR} = \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} - \theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_k^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + \delta \left[\theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] - \delta \left[\theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_k^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] \quad (25)$$

$$\Delta p_{1k}^{RV} = \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} - \theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_k^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} + \delta \left[x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \right] - \delta \left[\theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_k^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] \quad (26)$$

Sabemos por (12) que el valor del automóvil en el segundo periodo p_{2i} es igual al precio de arriendo. Esto ocurre porque los individuos racionales no tienen en cuenta el periodo 1 una vez que este pasa, por lo que el mercado se aclara como si este no hubiese existido. De esta forma, los precios vienen dados por lo que está dentro de los corchetes de las ecuaciones (22) y (23). Entonces

$$\Delta p_{2k}^{SR} = \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} - \theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_k^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \quad (27)$$

$$\Delta p_{2k}^{RV} = x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - \theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_k^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \quad (28)$$

Punto 1. Para probar el primer punto hay que mostrar que $\Delta p_{1k}^{RV} - \Delta p_{1k}^{SR} > 0$, o bien

$$\Delta p_{1k}^{RV} - \Delta p_{1k}^{SR} = \delta \left[x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] > 0 \quad (29)$$

Luego, como

$$\frac{\theta_k^\alpha}{(\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)} > R \quad (30)$$

Luego, entonces

$$\frac{x_{k+1}^\alpha}{(\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)} \leq (1-R) \quad (31)$$

o lo que es equivalente

$$x_{k+1}(\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \leq (1-R)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (32)$$

Por lo tanto, usando (29) podemos reescribir la desigualdad (26) como

$$\begin{aligned} \Delta p_{1k}^{RV} - \Delta p_{1k}^{SR} &= \delta \left[x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] \\ &\geq \delta \left[x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - \theta_k (1-R)^{\frac{1}{\alpha}} \right] \\ &= \delta \left[x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k \left[(1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - (1-R)^{\frac{1}{\alpha}} \right] \right] > 0 \end{aligned} \quad (33)$$

Por lo que queda demostrado que es positivo.

Punto 2. Es fácil notar que

$$\Delta p_{2k}^{RV} - \Delta p_{2k}^{SR} = x_{k+1} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \quad (34)$$

Vemos que es igual a la ecuación (26) solo que sin ponderar por el factor de descuento. Por lo que la demostración es la misma que en el Punto 1. Eso sí, este resultado es muy interesante por cuanto nos dice que al imponer una restricción, la única diferencia en la discontinuidad de precios causada por esta política entre un periodo de anuncio y uno de implementación será la tasa de descuento.

Punto 3. Pongámonos en el caso que $R \geq \frac{\theta_k^\alpha}{\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha}$, entonces obtenemos directamente de (5) y (19) que

$$\Delta p_{1k}^{RV} = (1 + \delta) \left[\theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} - \theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] = \Delta p_{1k}^{SR} \quad (35)$$

$$\Delta p_{2k}^{RV} = \theta_k x_{k+1} (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} - \theta_k x_k (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} = \Delta p_{2k}^{SR} \quad (36)$$

Por lo que en este caso no hay una discontinuidad al poner una restricción.

Punto 4. Lo que hay que mostrar en esta parte es que $\frac{d(\Delta p_k^{RV} - \Delta p_k^{SR})}{dy} > 0$. A diferencia de x , que cuya disminución representa un aumento de calidad, en el caso de y ocurre lo contrario, dado que un mayor y significa mayor calidad promedio de un modelo en específico. Podemos ver, a partir de la ecuación (26) y (31) que

$$\frac{d(\Delta p_{1k}^{RV} - \Delta p_{1k}^{SR})}{dy} = \delta \left[\frac{dx_{k+1}}{dy} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \frac{dx_{k+1}}{dy} \theta_k x_{k+1}^\alpha (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}-1} - \frac{dx_{k+1}}{dy} \theta_k (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] \quad (37)$$

donde si usamos la misma lógica que en (30), usando (27) y (28) vemos que

$$\begin{aligned} \frac{d(\Delta p_{1k}^{RV} - \Delta p_{1k}^{SR})}{dy} &= \delta \left[\frac{dx_{k+1}}{dy} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \frac{dx_{k+1}}{dy} \theta_k x_{k+1}^\alpha (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}-1} - \frac{dx_{k+1}}{dy} \theta_k (\theta_k^\alpha + x_{k+1}^\alpha)^{-\frac{1}{\alpha}} \right] \\ &> \delta \left[\frac{dx_{k+1}}{dy} R^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} + \frac{dx_{k+1}}{dy} \frac{\theta_k}{x_{k+1}} (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} - \frac{dx_{k+1}}{dy} R^{\frac{1}{\alpha}} \right] \\ &= \delta \left[\theta_k (1-R)^{\frac{1+\alpha}{\alpha}} \left[1 + \frac{dx_{k+1}}{dy} \frac{1}{x_{k+1}} \right] - \frac{dx_{k+1}}{dy} R^{\frac{1}{\alpha}} (1-R) \right] > 0 \end{aligned} \quad (38)$$

donde como $\frac{dx_{k+1}}{dy} \frac{1}{x_{k+1}}$ es la disminución porcentual de x_{k+1} frente a un cambio unitario en y , entonces es positivo y menor a 1, por lo que $\frac{d(\Delta p_{1k}^{RV} - \Delta p_{1k}^{SR})}{dy} > 0$.

Para demostrar que $\frac{d(\Delta p_{2k}^{RV} - \Delta p_{2k}^{SR})}{dy} > 0$ se requiere el mismo procedimiento. Recordemos que el único cambio es la ponderación por la tasa de descuento.

A.3. Gráficos de ilustración de modelo teórico

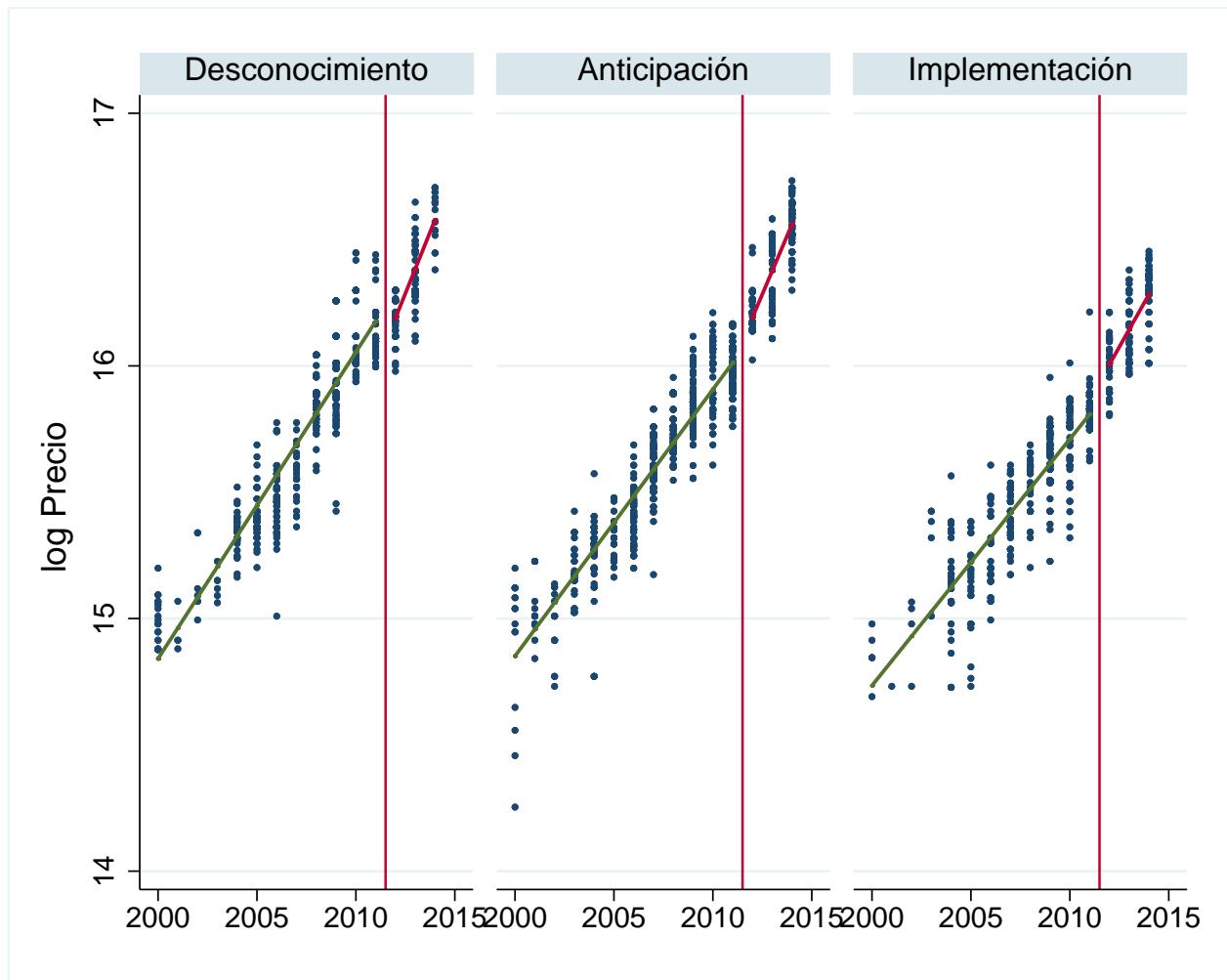


Gráfico A.5: Cambio en log precios (Δp_k) para el Honda Accord.

El Gráfico A.5 muestra cómo ha evolucionado el log precio según el año del automóvil para diferentes etapas del modelo Honda Accord. En principio, antes de diciembre de 2015, cuando no se sabía sobre el mecanismo de esta restricción, vemos que no había una discontinuidad evidente para este modelo. Luego, se muestra el mismo gráfico pero para la época entre octubre de 2016 y marzo de 2017, es decir cuando ya se conocía la restricción y se pensaba que comenzaría el mismo 2017. Por último, se muestra lo mismo pero para la etapa de implementación, es decir después de mayo del 2018. Como en el año 2015 los modelos llegaban sólo hasta 2014, se restringió a todas las etapas mostradas en el gráfico que el modelo de año máximo sea 2015. Vemos que inicialmente la discontinuidad era levemente negativa, y luego del anuncio el mercado muestra una discontinuidad positiva. En la implementación, la discontinuidad sigue presente, tal como predice el modelo. Este gráfico, no obstante, es puramente ilustrativo. Lo anterior dado que para que se vieran de forma gráfica tan claramente se necesitaba un vehículo de calidad alta, que no tenga submodelos y que no haya cambiado mucho a través de los años. Mientras que el Honda Accord tiene dichas características,

lo modelos más populares suelen tener submodelos que dificultan un análisis visual como éste. Sin embargo, se muestra a continuación una opción alternativa que nos permite controlar por dichos aspectos para evaluar la presencia de discontinuidad en etapas previas para modelos más populares.

En los Gráficos A.6, A.7 y A.8, mediante un RDD de residuos (corresponde a utilizar todos los cohortes de la muestra, poner efectos fijos por tiempo y antigüedad, poner una tendencia que varíe con la antigüedad y controlar por kilómetros cuadráticos, obteniendo así los residuos), con una kernel triangular, «running variable» año del auto y un ancho de banda de tres años, se puede ver cómo varía la discontinuidad, y sus intervalos de confianza al 95 %, en los distintos anuncios relevantes para diferentes modelos. Como se menciona en este trabajo, los eventos relevantes son la mención, la ratificación, la difusión, la aprobación, la postergación, la reducción y la implementación. Se muestra el Chevrolet Spark porque es el modelo más popular del país. Además, se muestra el Hyundai Santa Fe dado que es el automóvil todo terreno más popular del país. Tal como predice el modelo, la discontinuidad generada por la restricción, que es el RDD inicial menos el RDD final, aumenta junto con la calidad. Esto porque el modelo de mayor calidad es el Accord, seguido por el Santa Fe y por último el Spark.

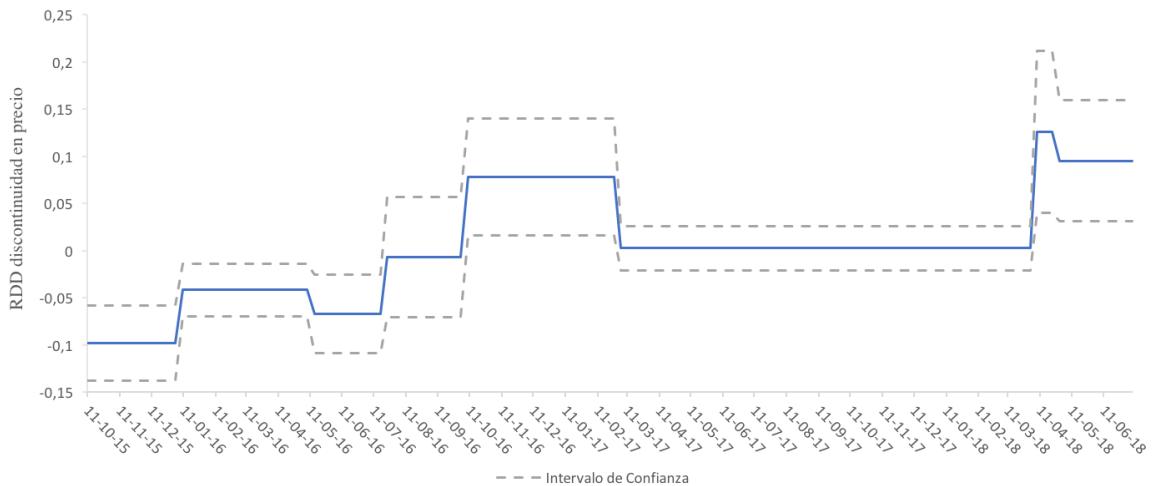


Gráfico A.6: RDD de residuos para Honda Accord.

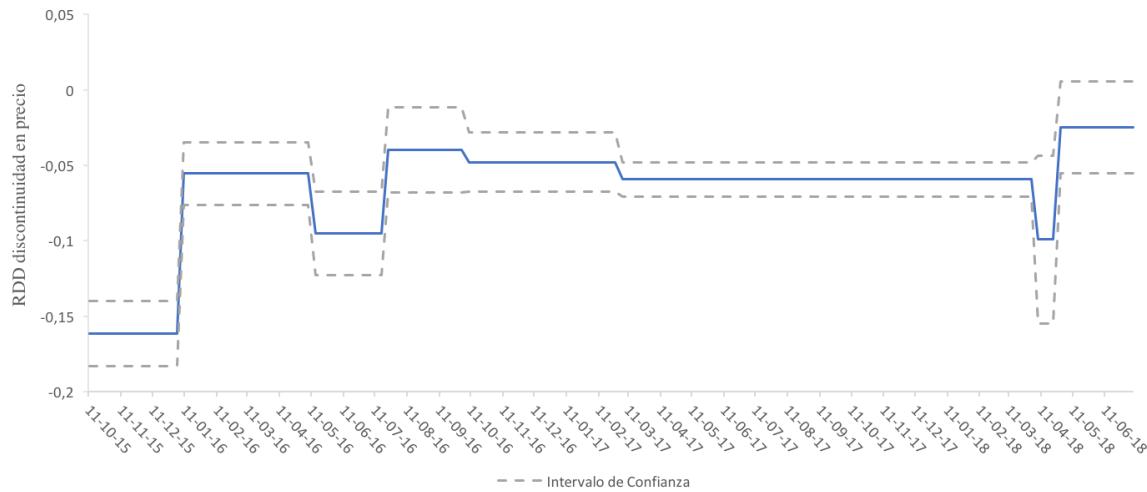


Gráfico A.7: RDD de residuos para Hyundai Santa Fe.

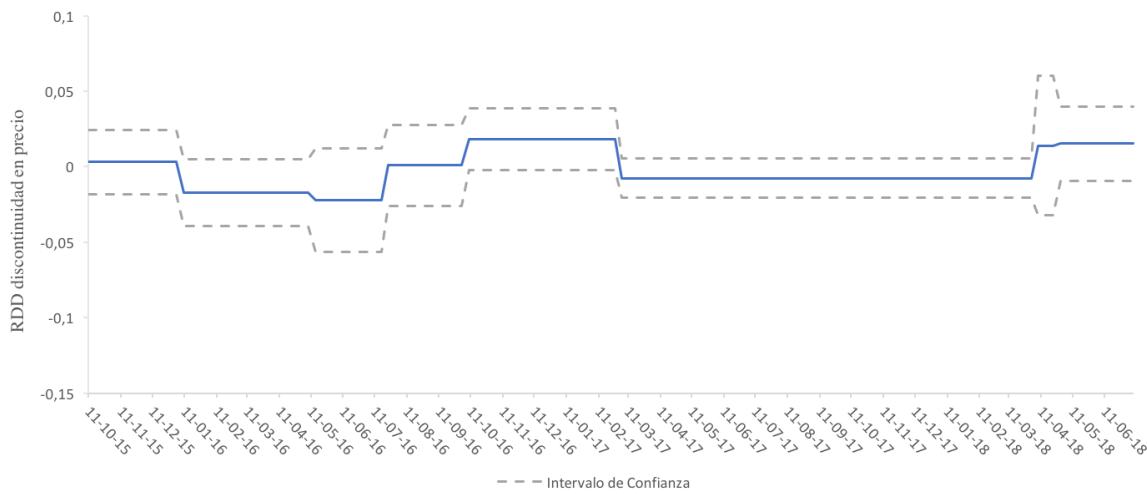


Gráfico A.8: RDD de residuos para Chevrolet Spark Básico.

A.4. Tablas

Tabla A.2: Efecto de los anuncios en el precio de todos los tipos de vehículo

	2011-2012 T. Lineal	2011-2012 T. Cuadrática	2009-2014 RDD Residuos
A. Panel Región Metropolitana			
Mención	0.007 (0.005)	0.003 (0.005)	-
Ratificación	-0.000 (0.003)	0.005** (0.003)	-
Difusión	-0.003 (0.003)	0.001 (0.003)	-
Aprobación	0.007** (0.003)	0.010*** (0.003)	-
Postergación	-0.009*** (0.003)	-0.003 (0.003)	-
Reducción	0.017*** (0.003)	0.021*** (0.003)	-
Implementación	0.008** (0.003)	0.012*** (0.003)	-
R2	0.96	0.96	0.96
N	326,859	326,859	1,365,804
> mayo 2018	-	-	0.043*** (0.07)
Efecto Total	0.027*** (0.006)	0.049*** (0.006)	-

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de los precios para todos los automóviles publicados de la Región Metropolitana que sean modelos 2011 y 2012. La primera columna corresponde a la regresión (22) para los años en las que debiera estar la discontinuidad, mientras que la segunda columna corresponde a la misma regresión sólo que la tendencia cambiante por antigüedad es cuadrática. La tercera columna, en cambio, corresponde a utilizar todos los cohortes de la muestra, poner efectos fijos por tiempo y antigüedad, poner una tendencia que varíe con la antigüedad y controlar por kilómetros cuadráticos, obteniendo así los residuos. Luego, con los residuos posteriores a la fecha de implementación se hace un RDD, utilizando como running variable.^{el} año del automóvil, un polinomio de grado uno, una kernel triangular y un ancho de banda de 3 años para cada lado. En primer lugar, sólo hay un coeficiente «> mayo 2018», que corresponde al efecto total. Esto dado que no se pueden obtener las elasticidades asociadas a cada evento, porque los RDD hay que hacerlos de forma separada para cada evento, lo que no permite obtener una matriz de varianzas y covarianzas que nos permita restar coeficientes y evaluar su validez. A pesar de lo anterior, esta discontinuidad no está presente al evaluar la etapa anterior al primer aviso, lo que daría señales de la posterior discontinuidad corresponde al efecto causal de la restricción vehicular. En segundo lugar, como la running variable es discreta, no puede establecerse un ancho de banda óptimo, como el propuesto con CCT (2014). De esta forma, se eligió 3 años a cada lado dado que cuando comenzaron los anuncios, solo habían publicado modelos anteriores al 2015, por lo que sería incorrecto usar uno más ancho. Para validar lo anterior, en el Apéndice en linea de Barahona et al. (2018) también se utiliza este mismo procedimiento, usando además un ancho de banda de 3 años. Siguiendo el criterio conservador, lo más prudente será utilizar un modelo de diferencias en diferencias con una tendencia lineal como (22).

Tabla A.3: Efecto de la restricción en el precio para diferentes años

	2008-2009	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
A. Panel Región Metropolitana					
Efecto Total	0.008 (0.007)	0.002 (0.006)	0.027*** (0.006)	0.005 (0.005)	0.008* (0.005)
R2	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
N	164,288	271,464	326,859	347,114	338,016

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de los precios para todos los automóviles publicados de la Región Metropolitana en diferentes años consecutivos, correspondientes a la ecuación (22). Se puede notar que la discontinuidad sólo está presente de forma significativa en el año que establece la política, lo que permite darle credibilidad al uso de la ecuación (22).

Tabla A.4: Efecto de los anuncios en publicaciones de todos los tipos de vehículo

	2011-2012 T. Cuadrática	2011-2012 T. Lineal	2011-2012 Sin tendencia	2011-2012 E. F. Tiempo
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	0.031 (0.040)	0.036 (0.038)	0.033 (0.039)	0.035 (0.038)
Ratificación	0.013 (0.028)	0.006 (0.026)	0.007 (0.027)	0.005 (0.026)
Difusión	0.016 (0.032)	0.016 (0.031)	0.020 (0.032)	0.018 (0.033)
Aprobación	0.095** (0.026)	0.099*** (0.028)	0.095*** (0.027)	0.094*** (0.026)
Postergación	-0.086*** (0.029)	-0.089*** (0.030)	-0.075** (0.031)	-0.090*** (0.028)
Reducción	-0.008 (0.031)	-0.013 (0.031)	-0.021 (0.033)	0.007 (0.030)
Implementación	0.045 (0.038)	0.048 (0.040)	0.054 (0.041)	0.012 (0.033)
R2	0.63	0.61	0.59	0.75
N	218,306	218,306	218,306	218,306
Efecto Total	0.106** (0.047)	0.103** (0.048)	0.113** (0.051)	0.080* (0.046)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de las publicaciones para todos los automóviles publicados de la Región Metropolitana que sean modelos 2011 y 2012. Las estimaciones corresponden a la regresión (23), solo que en el caso de la primera columna esta incluye una tendencia cuadrática, la segunda columna contiene una tendencia lineal, la tercera no cuenta con tendencia, mientras que la cuarta tiene efectos fijos por tiempo. Teniendo en cuenta que existen tendencias paralelas, y siguiendo el criterio conservador, se utiliza en las siguientes regresiones una estrategia de diferencias en diferencias con tendencia lineal, tal como muestra la ecuación (23).

Tabla A.5: Efecto de la restricción en publicaciones para diferentes años

	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
A. Panel Región Metropolitana					
Efecto Total	0.028 (0.052)	0.069 (0.058)	0.016 (0.057)	-0.037 (0.056)	0.103** (0.048)
R2	0.62	0.60	0.60	0.61	0.61
N	106,494	110,194	124,117	182,253	218,306

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo de las publicaciones para todos los automóviles publicados de la Región Metropolitana en diferentes años consecutivos, correspondientes a la ecuación (23). Se puede notar que la discontinuidad sólo está presente de forma significativa en el año que establece la política, lo que permite darle credibilidad al uso de la ecuación (23). A diferencia de los precios, en este caso no es recomendable comparar los resultados con los años posteriores a 2011 y 2012. Esto porque los automóviles en general comienzan a ser publicados más intensamente a partir de los 3 años de uso, por lo que en las primeras etapas de anuncio, en 2015 o 2016, no se observan tendencias paralelas para estos cohortes. De todos modos, al hacer dicho ejercicio el coeficiente asociado da cercano a -25

Tabla A.6: Promedio de vehículos de uso particular por hogar, según ingreso per cápita

	Casen 2015: RM			
	Alto	Medio	Bajo	Todos
A. Solo si automóviles en hogar > 0				
Media	1.332	1.127	1.086	1.181
Desv. Estándar	0.680	0.468	0.527	0.576
N	2419	2419	2420	7258
B. Todos los hogares				
Media	0.713	0.325	0.196	0.411
Desv. Estándar	0.776	0.563	0.483	0.657
N	6925	6947	7004	20876

Tabla A.7: Efecto de los anuncios en el tiempo en venta de todos los tipos de vehículo

	2011-2012 T. Cuadrática	2011-2012 T. Lineal	2011-2012 Sin tendencia	2011-2012 E.F. tiempo
A. Panel Región Metropolitana				
Mención	-0.023 (0.026)	-0.024 (0.026)	-0.023 (0.026)	-0.021 (0.026)
Ratificación	0.007 (0.020)	0.008 (0.020)	0.008 (0.020)	0.009 (0.020)
Difusión	0.012 (0.026)	0.012 (0.026)	0.012 (0.026)	0.010 (0.027)
Aprobación	0.085*** (0.024)	0.084*** (0.024)	0.084*** (0.024)	0.075*** (0.023)
Postergación	-0.047** (0.021)	-0.046** (0.021)	-0.046** (0.021)	-0.046** (0.021)
Reducción	-0.010 (0.027)	-0.010 (0.027)	-0.010 (0.027)	0.004 (0.027)
Implementación	-0.009 (0.027)	-0.009 (0.027)	-0.009 (0.027)	-0.004 (0.026)
R2	0.11	0.11	0.11	0.21
N	208,618	208,618	208,618	208,618
Efecto Total Pre-Postergación	0.081** (0.033)	0.081** (0.033)	0.081** (0.033)	0.073** (0.032)
Efecto Total	0.015 (0.031)	0.015 (0.031)	0.015 (0.031)	0.027 (0.029)

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo del tiempo en venta para todos los automóviles publicados de la Región Metropolitana que sean modelos 2011 y 2012. Las estimaciones corresponden a la regresión (24), solo que en el caso de la primera columna esta incluye una tendencia cuadrática, la segunda columna contiene una tendencia lineal, la tercera no cuenta con tendencia, mientras que la cuarta tiene efectos fijos por tiempo. Siguiendo el mismo criterio de la Tabla A.4, se procede a utilizar una tendencia lineal.

Tabla A.8: Efecto de la restricción en el tiempo en venta para diferentes años

	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
A. Panel Región Metropolitana				
Efecto Total Pre-Postergación	-0.066 (0.041)	-0.004 (0.041)	0.037 (0.035)	0.081** (0.033)
Efecto Total	-0.066* (0.037)	0.045 (0.036)	0.040 (0.034)	0.015 (0.031)
R2	0.13	0.15	0.13	0.11
N	105,661	119,105	173,929	208,618

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo.

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar clustered por submodelo. Se presentan las estimaciones del logaritmo del tiempo en venta para todos los automóviles publicados de la Región Metropolitana en diferentes años consecutivos, correspondientes a la ecuación (23). Se puede notar que la discontinuidad sólo está presente de forma significativa en el año que establece la política, lo que permite darle credibilidad al uso de la ecuación (24). Se utilizan solo años anteriores al 2012 por las mismas razones enunciadas en la Tabla A.5.

Tabla A.9: Emisiones contaminantes de CO, HC y NO para afectos vs. no afectos

	OLS	E.F. Modelo	E.F. Modelo y Tiempo
A. Monóxido de Carbono (CO)			
No afecto	-1.340*** (0.004)	-0.594*** (0.006)	-0.597*** (0.006)
R2	0.05	0.30	0.30
N	1,404,746	1,404,746	1,404,746
B. Hidrocarburos (HC)			
No afecto	-1.014*** (0.003)	-0.410*** (0.004)	-0.411*** (0.004)
R2	0.07	0.32	0.32
N	1,717,132	1,717,132	1,717,132
C. Óxidos de nitrógeno (NO)			
No afecto	-1.458*** (0.005)	-0.739*** (0.007)	-0.719*** (0.007)
R2	0.06	0.27	0.27
N	1,190,567	1,190,567	1,190,567

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar robustos a la heterocedasticidad. Se presentan estimaciones para el logaritmo de diferentes emisiones contaminantes de todos los vehículos a nivel nacional. Las estrategias empíricas presentadas corresponden a diferenciar los vehículos no afectos a la restricción, con una variable binaria que toma valor 1 si los vehículos son del año 2012 o posterior, y 0 en otro caso, y poner diferentes efectos fijos. Se puede ver en la primera columna que sin efectos fijos se sobreestiman los resultados. En cambio, entre poner efectos fijos sólo por modelo o además agregarle por tiempo se obtienen los mismos resultados, dado el carácter aleatorio que tiene el mes en que se hace la revisión técnica. Por lo tanto, se opta por utilizar solo efectos fijos por modelo para analizar los diferentes segmentos.

Tabla A.10: Emisiones totales, Restricción de 1993 vs. Restriccion de 2018

	RT 2008 pre1992-post1993	RT 2016 pre2011-post2012
A. Monóxido de Carbono (CO)		
No afecto	-0.745*** (0.006)	-0.041*** (0.009)
R2	0.15	0.01
N	682,948	871,098
B. Hidrocarburos (HC)		
No afecto	-55.576*** (0.679)	-4.113*** (0.732)
R2	0.09	0.03
N	682,752	872,955
C. Óxidos de nitrogeno (NO)		
No afecto	-	-24.169*** (0.459)
R2	-	0.14
N	-	883,908

* $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$. Errores estándar robustos a la heterocedasticidad. Se presentan estimaciones para diferentes emisiones contaminantes (no logarítmicas) de todos los vehículos a nivel nacional. La estrategia empírica corresponde a diferenciar los vehículos no afectos a la restricción, con una variable binaria que toma valor 1 si los vehículos son del año 2012 o posterior, y 0 en otro caso, y poner efectos fijos por modelo de automóvil. Estos resultados muestran que en realidad no hay suficientes datos para hacer una comparación adecuada entre los beneficios a la salud que otorga la renovación de los vehículos en cada caso.