



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA**

**TESIS DE GRADO
MAGISTER EN ECONOMIA**

Barahona, Kunze, Hernán Felipe

Diciembre, 2013



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA**

**La difusión de una tecnología más limpia:
Los efectos de la restricción vehicular en la renovación del parque
automotor**

Hernán Felipe Barahona Kunze

Comisión

Gert Wagner
Juan-Pablo Montero
Eugenio Bobenrieth
Rodrigo Harrison

Santiago, diciembre de 2013

Índice

1. Introducción	1
2. Contexto y marco legal	4
3. Modelo teórico	5
3.1. Solución numérica	9
3.1.1. Solución del problema en ausencia de política	9
3.1.2. Política aplicada en una economía cerrada	10
3.1.3. Política aplicada a parte de una economía que está totalmente inte- grada a otra parte del mismo tamaño y en donde no se aplicó la política	11
4. Datos para la evaluación empírica	14
5. Efectos de largo plazo de la política	15
5.1. Parque automotor en Chile	15
5.2. Porcentaje de autos no catalíticos a nivel de comuna	18
5.3. Porcentaje de autos del año 92 vs. el año 93 a nivel de comunas	20
5.4. Ejercicio de falsificación	22
5.5. Regresión para cada cohorte de autos	26
5.6. El rol del ingreso en la respuesta de la política	29
5.7. Dinámica evolutiva del parque	31
5.8. Explotando la discontinuidad en la distribución	33
6. Integración de mercados	38
7. Decisiones de chatarraje	42
8. Conclusiones	44
Referencias	46
Apéndice A	47
Apéndice B	53
Apéndice C	57
Apéndice D: Regresiones GLM	67

On the diffusion of a cleaner technology: The effect of driving restrictions on fleet turnover

Hernán Barahona

Pontificia Universidad Católica de Chile

December 23, 2013

Abstract

Since the late 80's many different latinamerican cities have implemented policies in order to diminish environmental pollution. A very common policy consists in forbidding circulation of a portion of cars every day. Empirical evidence so far, based principally on the program Hoy-No-Circula (HNC) implemented in Mexico-City in 1989, shows the adverse effects that driving restrictions have in the long term, encouraging people to buy a second and older car in order to bypass the restriction. In Santiago de Chile, however, the driving restriction implementation was conducted in a very different way. Prohibition to circulate wasn't established to every kind of car, leaving free from restriction all those cars equipped with a catalytic converter.

The main objective of this research is to evaluate whether the differences in the policy implementation that we find in Santiago's driving restriction avoided the adverse long term effect that we find in HNC and encouraged a faster fleet turnover through a faster diffusion of a new and cleaner technology. Results show evidence that the driving restriction policy helped in cleaning Santiago's car fleet improving local air quality, encouraging older and dirtier cars to move to other parts of the country. These effects are big and significant. We find that in cars from similar vintages, those that lack a catalytic converter are 55% less probable to be found in Santiago. However, the policy did not affect all kind of old cars in the same way. We identify two forces that can be operating. On one hand, people could have sold their old cars to buyers from other parts of the country who where not affected by the policy, and so buy a newer and cleaner car. On the other hand, some people could have bought a second and even older and dirtier car, which is now cheaper, in order to bypass the driving restriction.

La difusión de una tecnología más limpia: Los efectos de la restricción vehicular en la renovación del parque automotor

Hernán Barahona

Pontificia Universidad Católica de Chile

23 de Diciembre de 2013

Resumen

Desde finales de los años 80 muchas ciudades latinoamericanas han implementado planes de restricción vehicular para combatir los crecientes problemas de contaminación ambiental que han tenido. Dichos planes, en sus distintos formatos, consisten en prohibir la circulación de un porcentaje de los vehículos en determinados días. La evidencia empírica muestra que en algunas ocasiones, como, por ejemplo, en el plan Hoy-No-Circula (HNC) implementado en ciudad de México en 1989, la restricción no ha tenido los efectos esperados. A diferencia de dicha implementación, en donde, todos los autos estaban sometidos a la política, hay restricciones en que la circulación sólo se prohibió a autos más antiguos, permitiendo a los autos más nuevos y limpios poder circular sin restricción. Este segundo tipo de política no está estudiado en la literatura existente. Basado en el plan de restricción vehicular implementado en Santiago de Chile a partir de 1992, esta tesis busca estudiar los posibles efectos que puede haber tenido esta segunda medida. Los resultados muestran que la posibilidad de eludir la restricción mediante el uso una tecnología nueva y más limpia logró acelerar el proceso de renovación del parque vehicular en Santiago, haciendo que los autos más sucios se fueran a otras regiones del país, que tenían menos problemas de contaminación. Este efecto es grande y significativo, aunque no transversal entre todos los autos sin convertidor catalítico. Observamos que para autos fabricados en años cercanos a la implementación de la política el efecto de emigración es preponderante, encontrando hoy cerca de un 55 % menos de autos no catalíticos en las comunas de Santiago que en las del resto del país. Para vehículos más antiguos, en cambio, este efecto se neutraliza, posiblemente debido a la alternativa que existía de comprar un segundo auto, más viejo y barato, para evadir la restricción vehicular.

1. Introducción

El problema de la contaminación ambiental ha sido un tema muy presente en la política pública latinoamericana desde mediados de los años 80. Ante los crecientes problemas de contaminación ambiental que experimentaban las principales metrópolis latinoamericanas, sumado a problemas de congestión y otros efectos negativos asociados al transporte urbano, se implementaron políticas restrictivas al uso del automóvil particular, que consistían en prohibir la circulación de un porcentaje de ellos en ciertos días según el último número de su placa patente (Cantillo y Ortúzar, 2012). Algunas ciudades en donde se implementó la restricción vehicular, en sus distintos formatos, son Santiago (1986), Ciudad de México (1989), São Paulo (1996), Bogotá (1998), Medellín (2005), San José (2005), Beijing (2008), Tianjin (2008) y Quito (2010). El principal objetivo de dicha política consiste en que, mediante la restricción, disminuya el flujo de autos circulando por las calles y de esa manera reducir tanto la congestión como la contaminación ambiental. Muchos autores sostienen hoy que la política, a pesar de mostrar buenos resultados en el corto plazo, en el largo plazo termina siendo no efectiva. Entre algunas de las razones que esbozan para su ineficacia es que, en el largo plazo, la política lleva a un aumento del parque automotor que permite a los usuarios esquivar las políticas restrictivas.

Distintos autores han estudiado el caso de la restricción vehicular en Ciudad de México (Hoy-No-Circula) en su formato implementado por primera vez en 1989. Dicha restricción afectaba a todos los usuarios de vehículos de manera permanente, impidiéndoles manejar una vez a la semana. Algunos creen que el programa Hoy-No-Circula tuvo un buen comienzo (Onursal y Gautman, 1997); sin embargo, la mayoría está de acuerdo en que en el largo plazo la política llevó a un aumento en la cantidad de autos en las calles (Eskeland y Feyzioglu, 1997; Onursal y Gautam, 1997; Molina y Molina, 2002; Davis, 2008; Gallego et. al., 2013).

En Santiago de Chile la situación fue un poco diferente y los objetivos de la política fueron distintos. A partir del año 1986 se implementó por primera vez un sistema de restricción vehicular que buscaba disminuir los problemas de contaminación ambiental que se acrecentaban en aquella época en Santiago. La naturaleza de esa política era la mencionada anteriormente, muy similar al programa Hoy-No-Circula. Sin embargo, en 1991, dado que el parque vehicular estaba creciendo a una alta tasa y que su renovación era en cambio muy baja, se estableció que aquellos vehículos dotados de convertidor catalítico estarían exentos de prohibiciones de circular en caso de restricción vehicular por razones de contaminación atmosférica¹. En ese entonces la restricción a los vehículos se extendía a casi todos los días de invierno y prohibía la circulación de aquellos vehículos cuya patente terminara en alguno

¹Decreto 211 de 1991, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

de los dos dígitos que se establecían. Dicha restricción continuó durante todo el período y se formalizó el año 1998, haciendo de carácter permanente la restricción de vehículos no catalíticos hasta el día de hoy. Así, la restricción vehicular permanente no sólo buscaba disminuir la cantidad de autos en circulación, sino que también tenía un objetivo de largo plazo que buscaba limpiar el parque automotor, persuadiendo entonces la compra y utilización de vehículos con convertidor catalítico. Además, a partir de 1998 se implementó una política de escenarios críticos de contaminación ambiental en donde de forma parcial y no anticipada se agregan dígitos extras al stock de autos que tiene prohibición de circular.

Se han realizado distintos trabajos que evalúan la restricción vehicular en Santiago (de Grange y Troncoso, 2010; Atal, 2009); sin embargo, estos trabajos se centran en la efectividad de la restricción vehicular extra que se aplica en los episodios críticos a partir de 1998 y no analizan los efectos de largo plazo que puede haber tenido en el parque la exención de restricción para los autos con convertidor catalítico. Estos autores encuentran que la contaminación se logra disminuir en dichos episodios, pero que muchas veces el desplazamiento de los automóviles es trasladado a otros horarios.

El objetivo de esta tesis es comprender el impacto de largo plazo que tuvo la política de restricción permanente sólo a vehículos no catalíticos implementada en el año 1991. En particular se buscarán entender los cambios que se produjeron en el parque automotor de la Región Metropolitana y el resto del país debido a dicha regulación y se evaluará si la política cumplió o no con su objetivo de introducir autos con convertidor catalítico y, por ende, más limpios, que reemplazaran a los antiguos.

Los convertidores catalíticos fueron masivamente introducidos en la producción de automóviles en Estados Unidos el año 1975 debido a la regulación EPA que buscaba reducir las emisiones tóxicas. El convertidor catalítico reduce cerca del 98 % de los gases dañinos producidos en el motor de un auto por gases menos peligrosos. Específicamente hablando, un convertidor catalítico convierte las emisiones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburo (HC) y óxido de nitrógeno (NO_x) en dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y nitrógeno (N_2).

Los óxidos de nitrógeno son componentes que al ser liberados a la atmósfera se convierten en *smog*, siendo altamente dañinos y produciendo problemas respiratorios. El NO_x , en combinación con el dióxido de azufre, es el principal responsable de la lluvia ácida. Finalmente, el óxido de nitrógeno también puede juntarse con el ozono, incentivando mutaciones biológicas y reduciendo la transmisión de la luz. El monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC) son gases tóxicos que pueden traer problemas respiratorios que afectan el sistema nervioso central y generan problemas cardiovasculares. Además pueden ser mortales para los niños.

Una de las críticas que se hace a los convertidores catalíticos es que, a pesar de reducir las emisiones de estos tres gases, aumenta la emisión de dióxido de carbono, principal gas responsable del efecto invernadero y tal vez del calentamiento global. Sin embargo, el problema que se presentaba en aquella época en Santiago era un problema local y, por lo tanto, era de particular interés de los reguladores fomentar el uso de esta nueva tecnología.

Para entender el impacto que tuvo la restricción en la difusión de esta nueva tecnología se hizo un análisis teórico y empírico de la situación en Chile. Los resultados indican que la política implementada en Santiago efectivamente permitió una renovación mayor en el parque automotor de la capital, permitiendo así un mejor desempeño medioambiental. Sin embargo, esos efectos positivos logrados a nivel local no necesariamente se tradujeron en una renovación del parque a nivel nacional, ya que no se observa evidencia que nos permita pensar que con la política más autos antiguos hayan terminado como chatarra. La evidencia, apoyada con un modelo teórico simple, indica que la restricción vehicular hizo que efectivamente más gente en Santiago comprara autos con convertidor catalítico, mientras que los autos sin dicho convertidor y que en Santiago ya no se podían usar todos los días terminaron emigrando a regiones en donde las personas los valoraban más. A pesar de que la política no permitió una sustitución de autos en el país, sí permitió generar una redistribución de las fuentes de emisión, lo que solucionó de manera importante el problema de contaminación local que había en Santiago y permitió evitar parte de los efectos adversos que se observaron en el programa HNC implementado en Ciudad de México.

Otra consecuencia interesante que se encuentra es que la política tiene efectos benévolos mayores sobre aquellos autos fabricados cercanos al año 1992, año en el que la política fue implementada y los autos en su mayoría empezaron a ser catalíticos. Este efecto heterogéneo de la política se puede explicar debido a dos fuerzas que operan. Por un lado la gente puede evadir la restricción vehicular deshaciéndose de su auto no catalítico y reemplazándolo por uno nuevo que sí tenga convertidor. Por otro lado la gente puede buscar evadir dicha política comprando un segundo auto más antiguo que les permita manejar aquellos días en que su primer auto tiene restricción. Los resultados muestran que para los autos fabricados en años cercanos a la implementación de la política es la primera fuerza la que domina significativamente, mientras que para vehículos más antiguos ambos efectos se contraponen.

El resto del informe queda compuesto de la siguiente forma. En la sección 2 se contextualiza el escenario chileno y se presenta un marco legal que será de suma importancia para entender los aspectos regulatorios que hay tras la política y, por ende, de los movimientos estructurales del parque automotor chileno. En la sección 3 se presenta un modelo teórico sencillo que busca manifestar los principales efectos que puede tener una política como ésta y la manera en que el parque automotor responde ante distintos escenarios. En ella veremos

cómo bajo distintas características la política puede traer consigo diferentes resultados y tendremos una idea del *outcome* esperado para variables relacionadas con el parque automotor y los precios de los autos usados. La sección 4 presenta una descripción de los datos que se utilizaron en el artículo. La sección 5 presenta los efectos de largo plazo que se observan en Santiago y se argumenta en qué medida ese cambio en la estructura del parque puede ser atribuido a la política. La sección 6 hace un análisis de los precios de los autos no catalíticos y en qué medida el arbitraje de precios e integración de mercados permitieron que dichos autos fueran llevados desde Santiago a las otras regiones del país en donde no había restricción vehicular. En la sección 9 se tratan de identificar los posibles efectos que puede haber tenido la restricción vehicular en las decisiones de chatarraje de los dueños de los autos y así entender mejor si la política tuvo efectos positivos sobre el parque total o sólo observamos una redistribución de los autos sin convertidor que ya existían. Finalmente, la sección 12 presenta las principales conclusiones de la investigación.

2. Contexto y marco legal

A partir de mediados de los años 80 se han ido promulgando en Chile distintas normas importantes de tener en mente a la hora de realizar esta investigación. Muchas de éstas son determinantes para entender los mecanismos e incentivos que hay tras la política y serán tomadas en cuenta tanto en la parte empírica como en la teórica.

En primer lugar cabe destacar que en 1985 se establece un nuevo régimen legal para la industria automotriz que prohíbe la importación de vehículos usados. Esto es relevante, ya que nos permite estar seguros de que no hay autos antiguos (no catalíticos, por ejemplo) que entren a Chile en la fechas estudiadas.

También es importante destacar que la Ley de Tránsito, promulgada en 1984, da atribuciones al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones para prohibir, por causa justificada, la circulación de todo vehículo o de tipos específicos de éstos. Esta facultad se usa para efectos medioambientales por primera vez el 23 de julio de 1986, cuando se prohíbe para ese día la circulación de vehículos con placa patente terminada en ciertos dígitos. Este tipo de resoluciones se siguió repitiendo cada vez con mayor frecuencia y a partir de 1990 ya se aplicaba prácticamente para todos los días comprendidos entre abril y diciembre.

En 1991 se promulga otro Decreto muy importante para efectos de la investigación. El Decreto 211 de 1991 establece condiciones que deben cumplir los vehículos en circulación. Todo vehículo liviano cuya inscripción en el registro civil se solicitara a contar del 1 de septiembre de 1992 y que cumpliera con ciertas condiciones medioambientales recibía un sello verde; aquellos que no, recibían un sello rojo (también podían postular al sello verde

aquellos vehículos que cumplieran con las normas y hubiesen sido inscritos entre 1988 y 1992). Aquellos vehículos con sello rojo no pueden circular en la Región Metropolitana, V Región y VI Región hasta el día de hoy. De esa manera en esas regiones solo existen hoy vehículos no catalíticos con fecha de inscripción anterior al 1 de septiembre de 1992 y que no poseen ni sello verde ni rojo. En el mismo Decreto además se estableció que todo vehículo que porte autoadhesivo de color verde estará exento de prohibiciones de circular en caso de restricción vehicular por razones de contaminación atmosférica, por lo que la restricción vehicular en Santiago quedó sujeta únicamente a vehículos no catalíticos inscritos antes de la fecha mencionada anteriormente. Luego, en el año 1993 y 1994 se establecieron normas similares para buses, vehículos medianos y vehículos pesados.

Más tarde, en 1998, se establece un nuevo plan de descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana, además de los criterios con los que se determinan los niveles de estado ambiental (alerta, preemergencia y emergencia ambiental). En el plan de descontaminación, que incluye distintas medidas no sólo vinculadas al transporte, se formaliza el concepto de restricción vehicular, haciéndose permanente todos los días de la semana entre el 1 de abril y el 31 de agosto para los automóviles, Station Wagons o similares sin convertidor catalítico. Esta restricción consistía en la prohibición de circular por todo el perímetro del Gran Santiago entre las 6.30 y 20.30 para aquellos autos cuya placa patente terminara en dos determinados dígitos. Además, los días de alerta, preemergencia y emergencia la cantidad de dígitos aumentaría a 4, 6 y 8 respectivamente.

En el año 2001 se hace una modificación al Decreto de 1998, estableciendo que los autos que porten un autoadhesivo de color verde sí estarán afectos a la restricción vehicular por causa de contaminación atmosférica exclusivamente en los episodios de preemergencia y emergencia.

Luego, en los años 2003 y 2007 se reformula el plan de descontaminación atmosférica, estableciendo normas más exigentes a los autos nuevos e incorporando más dígitos para los distintos episodios.

Una vez entendido bien el marco legal en el que se basó la política, se realizó un modelo teórico que nos permite entender mejor la respuesta de parte de los mercados a una política como ésta y ayuda a interpretar mejor los resultados que encontremos más adelante en la parte empírica.

3. Modelo teórico

El Decreto 211 de 1992 implementado en Chile hizo que se agregara un costo extra al uso de vehículos no catalíticos, cambiando así los precios relativos entre autos antiguos y nuevos.

Para entender los efectos que dicho cambio de valoración puede haber tenido en distintos escenarios, se desarrolló un modelo de dos períodos con agentes heterogéneos en su ingreso. El período 1 representará los autos antiguos y por lo tanto sin convertidor catalítico. El período 2 corresponde en cambio a aquel período posterior al año 1992, en que todos los autos fabricados llegan con convertidor y exentos de restricciones. Por simplicidad asumiremos además que no hay mercados financieros, por lo que cada agente debe gastar todo su ingreso en cada período. Además permitiremos la compra y venta de autos que funcionan como bienes durables, y por lo tanto, los agentes pueden comprar este bien nuevo a un precio internacional dado en el período 1 y comprar o vender el mismo bien usado en el período 2 a un precio que se determina endógenamente en el mercado. También supondremos que cada persona puede tener máximo un auto, y por lo tanto, no estamos permitiendo la evasión de la política mediante la compra de un segundo auto. Finalmente asumiremos también que los autos no desaparecen, y por lo tanto, los autos nuevos se suman al stock de autos en cada período.

El modelo consiste en agentes que tienen acceso al mercado de autos usados y un salario w que pueden usar para consumir un bien perecible o comprar un auto (que puede ser nuevo o usado). Los autos usados se deprecian en el segundo período entregando así un menor valor, y su precio de compra y venta en dichos período se determina endógenamente en el mercado. Los autos nuevos, en cambio, vienen del extranjero y por lo tanto sus precios están dados. La restricción vehicular actúa sobre la valoración de los autos usados, disminuyendo su valor en la función de utilidad o, en otras palabras, aumentando su tasa de depreciación.

A continuación, se describen las principales variables del modelo:

■ Variables endógenas:

- C_t : Consumo del individuo en el periodo t .
- Z_t^T : Variable que vale 1 si individuo tiene un auto del año T en el periodo t .
- p : Precio al que se revende un automóvil usado.

■ Variables exógenas

- β : Tasa de descuento subjetiva.
- w : Salario de cada individuo. Distribuye según una función $F(w)$ con soporte $[0, \infty)$, es conocido por los individuos y es exactamente el mismo para cada período.
- δ : Tasa a la que se deprecia el automóvil en términos de utilidad.
- $\log(\alpha)$: Parámetro de valoración del automóvil. ($\alpha > 1$)

- r : Precio de los autos nuevos dado por precios internacionales.

Supongamos que tenemos un continuo de individuos heterogéneos en sus salarios w y con la siguiente función de utilidad:

$$V(C_1, C_2, Z_1^1, Z_2^1, Z_2^2) = \log(C_1) + \log(\alpha)Z_1^1 + \beta [\log(C_2) + (1 - \delta)\log(\alpha)Z_2^1 + \log(\alpha)Z_2^2]$$

Los individuos entonces resuelven el siguiente problema de optimización:

$$\begin{aligned} \max_{C_1, C_2, Z_1^1, Z_2^1, Z_2^2} \quad & V(C_1, C_2, Z_1^1, Z_2^1, Z_2^2) \\ \text{s.a.} \quad & \\ C_1 + rZ_1^1 \leq & w \\ C_2 + rZ_2^2 + pZ_2^1(1 - Z_1^1) \leq & w + pZ_1^1(1 - Z_2^1) \\ Z_2^1 + Z_2^2 \leq & 1 \\ C_t \in \mathbb{R} \quad \forall t \in \{1, 2\} \\ Z_t^T \in \{0, 1\} \quad \forall t \in \{1, 2\} \end{aligned}$$

donde los individuos gastarán todo su ingreso en cada período (debido a la ausencia de mercados financieros), pero pueden perfectamente usar el bien durable como mecanismo de ahorro en el caso de que crean que su precio de venta p va a ser lo suficientemente atractivo en el período siguiente.

Supongamos por simplicidad que $\beta = 0^2$. Es importante destacar que levantar este supuesto no alterará los resultados del modelo, ya que la política es inesperada y, por lo tanto, las decisiones tomadas en $t = 1$ están dadas al momento de aplicarse la política en $t = 2$.

En el periodo $t = 1$ tenemos que el individuo va a elegir $Z_1^1 = 1$ (comprarse un auto) si y sólo si:

$$\begin{aligned} \log(\alpha) + \log(w - r) + \beta[\log(w) + (1 - \delta)\log(\alpha)] &\geq \log(w) + \beta[\log(w - p^e) + (1 - \delta)\log(\alpha)] \\ w &\geq \bar{w} = \frac{r}{1 - \frac{1}{\alpha}} \end{aligned}$$

Al lado izquierdo de la desigualdad tenemos la utilidad de un individuo que en $t = 1$

²Si $\beta = 1$, vamos a tener que: $\bar{w} = \frac{\alpha r - p^e}{\alpha - 1}$, en donde p^e va a ser la expectativa de precios que tiene el individuo y que se debe despejar resolviendo el problema de forma recursiva. Luego, al implementar una política inesperada en $t = 2$ vamos a tener que p^e no cambia en $t = 1$, y por lo tanto $\bar{w}$ va a estar siempre dado en el problema, manteniendo así los resultados principales del modelo. Con $0 < \beta < 1$ tenemos resultados similares, pero una solución más compleja, por lo que trabajaremos con $\beta = 0$ para obtener soluciones analíticas más intuitivas.

se compra un auto y luego en $t = 2$ decide mantenerlo. Podría haber un caso en donde el individuo que compre un auto en $t = 1$ decida venderlo después, pero veremos más adelante que dichos individuos tendrán, al menos en ausencia de la política, un ingreso mayor a $\bar{w}$. Al lado derecho de la ecuación encontramos la utilidad de un individuo que en $t = 1$ decide no comprarse un auto, pero que en $t = 2$ sí lo hará (se comprará un auto usado).

Resolviendo la inecuación, tenemos que todos los individuos con un ingreso mayor a $\bar{w}$ comprarán un automóvil en el periodo $t = 1$.

Para el periodo $t = 2$, dicho vehículo se habrá depreciado y los individuos que habían comprado un vehículo en $t = 1$ podrán optar entre venderlo y comprarse uno nuevo o quedárselo y seguir usándolo. Entonces:

si $w \geq \bar{w}$, el individuo va a elegir $Z_2^2 = 1 \wedge Z_2^1 = 0$ (vender su auto y comprarse uno nuevo) si y sólo si:

$$\begin{aligned} \log(\alpha) + \log(w - (r - p)) &\geq (1 - \delta) \log(\alpha) + \log(w) \\ w &\geq \tilde{w} = \max \left\{ \bar{w}, \frac{r - p}{1 - \frac{1}{\alpha^\delta}} \right\} \end{aligned}$$

Como podemos ver, mientras mayor sea el precio de reventa del vehículo antiguo, más individuos estarán dispuestos a vender su auto para comprarse uno nuevo. De esta relación obtendremos más adelante la curva de oferta de vehículos usados.

Por otro lado, los individuos que en el periodo $t = 1$ no habían comprado un auto nuevo, ahora tampoco lo harán. Sin embargo, tienen la opción esta vez de ir al mercado y comprarse un auto usado.

si $w < \bar{w}$, el individuo va a elegir $Z_2^1 = 1$ (comprarse un auto usado) si y sólo si:

$$\begin{aligned} (1 - \delta) \log(\alpha) + \log(w - p) &\geq \log(w) \\ w &\geq \hat{w} = \min \left\{ \bar{w}, \frac{p}{1 - \frac{1}{\alpha^{1-\delta}}} \right\} \end{aligned}$$

En este caso tenemos que a mayor precio de los autos usados menos individuos van a querer comprar uno. De esta relación obtendremos la curva de demanda de vehículos usados.

Utilizando las funciones obtenidas anteriormente, podemos definir ahora una curva de oferta y de demanda para autos usados. Las curvas de oferta y demanda van a estar dadas

por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} S(p) &= 1 - F(\tilde{w}(p, \delta)) \\ D(p) &= F(\bar{w}) - F(\hat{w}(p, \delta)) \end{aligned}$$

Igualando las curvas de oferta y demanda podemos despejar entonces el precio al que se transarán los autos usados.

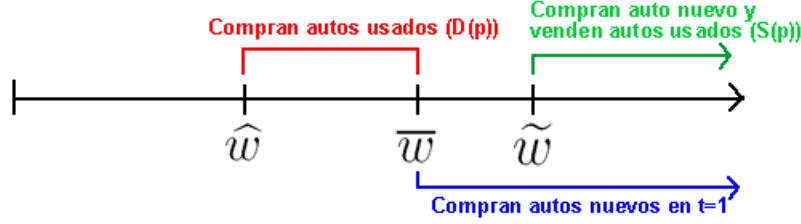


Figura 1: Decisiones de los agentes según su ingreso

En la Figura 1 se ilustran las decisiones que tomarán los distintos individuos. Es así como en el periodo $t = 1$ todos los individuos con salarios mayores a $\bar{w}$ van a comprarse un auto nuevo. En $t = 2$, en cambio, tendremos que aquellos individuos con ingresos entre $\bar{w}$ y $\tilde{w}$ van a quedarse con el auto que habían comprado en $t = 1$, mientras que aquellos que ganan más de $\tilde{w}$ van a querer vender su auto para así comprarse uno nuevo. Por otro lado, aquellos individuos que tienen ingresos entre $\hat{w}$ y $\bar{w}$ van a querer comprar esos autos usados que se están vendiendo. En equilibrio, la cantidad de individuos que venden autos usados y aquellos que los compran tiene que ser la misma.

3.1. Solución numérica

Para poder resolver el modelo de forma más clara y entender qué tipos de resultados muestra vamos a suponer que los salarios siguen una distribución uniforme $U[0,1]$ y que $\delta_1 = 0,3$, $\alpha = 10$ y $r = 0,5$. Además, para efectos de lo que sigue del ejercicio supondremos que la política de restricción opera de tal manera que hace disminuir la valoración que tienen los agentes por los autos no catalíticos de modo que cambia su valor de depreciación a $\delta_2 = 0,5$.

3.1.1. Solución del problema en ausencia de política

Evalutando el modelo en los valores propuestos, podemos calcular las curvas de oferta y demanda. En la Figura 2 podemos ver la forma que tienen dichas curvas y el equilibrio que

se obtiene.

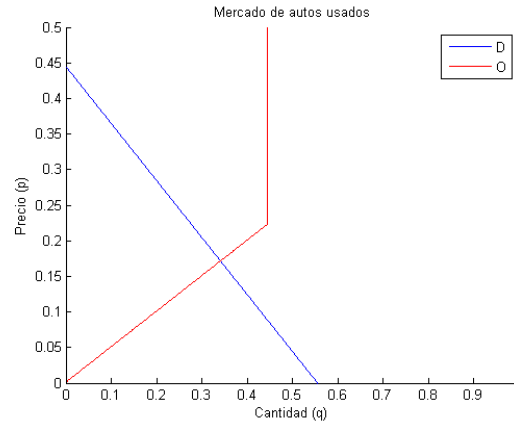


Figura 2: Oferta y demanda de autos

Despejando el precio de ambas curvas y resolviendo los valores de $\bar{w}$, $\hat{w}$ y $\tilde{w}$, tenemos que en equilibrio:

$$p = 0,1715$$

$$\bar{w} = 0,5556$$

$$\hat{w} = 0,2142$$

$$\tilde{w} = 0,6586$$

3.1.2. Política aplicada en una economía cerrada

Supongamos ahora que de manera inesperada las autoridades implementan una política de restricción que, como dijimos antes, hace que la depreciación del auto usado aumente de $\delta_1 = 0,3$ a $\delta_2 = 0,5$.

Este cambio en δ hará variar la valoración de los individuos por los autos no catalíticos y, por lo tanto, desplazará tanto las curvas de oferta como las de demanda. En la Figura 3 podemos ver el desplazamiento de curvas y el nuevo equilibrio que se alcanza.

Como se ve en la Figura 3, el precio de los autos usados disminuye y la cantidad transada aumenta, incentivando así a más individuos a comprarse un auto nuevo.

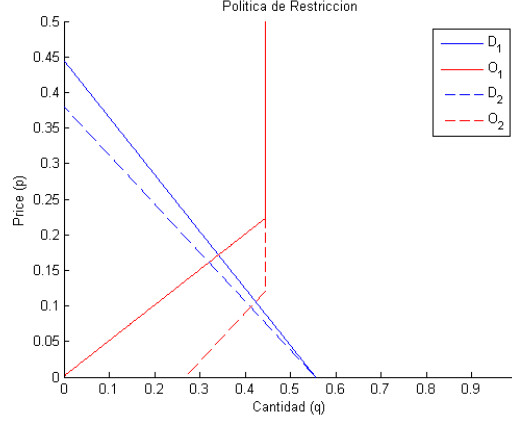


Figura 3: Oferta y demanda de autos sin y con política

Los valores de equilibrio del problema son ahora los siguientes:

$$p = 0,0981$$

$$\bar{w} = 0,5556$$

$$\hat{w} = 0,1434$$

$$\tilde{w} = 0,5878$$

3.1.3. Política aplicada a parte de una economía que está totalmente integrada a otra parte del mismo tamaño y en donde no se aplicó la política

Supongamos ahora que la economía está dividida en dos ciudades distintas de igual tamaño, una limpia c_1 (regiones) y otra sucia c_2 (Santiago), en donde sólo a la ciudad sucia se le aplica una restricción en el período $t = 2$.

Suponiendo que ambas ciudades son del mismo tamaño y representan la mitad del país cada una ($\phi = 0,5$), tenemos que la oferta y la demanda por autos usados van a estar dadas por:

$$S(p) = 1 - (1 - \phi)F(\tilde{w}_1(p, \delta_1)) - \phi F(\tilde{w}_2(p, \delta_2))$$

$$D(p) = F(\bar{w}) - (1 - \phi)F(\hat{w}_1(p, \delta_1)) - \phi F(\hat{w}_2(p, \delta_2))$$

Las ofertas de cada una de las ciudades van a ser distintas en este caso, ya que ambas tienen una valoración distinta por los autos usados. Sin embargo, ex-ante ambas ciudades eran exactamente iguales, por lo que $\bar{w}$ será el mismo para las dos.

Las curvas de oferta y demanda agregada se muestran en la Figura 4.

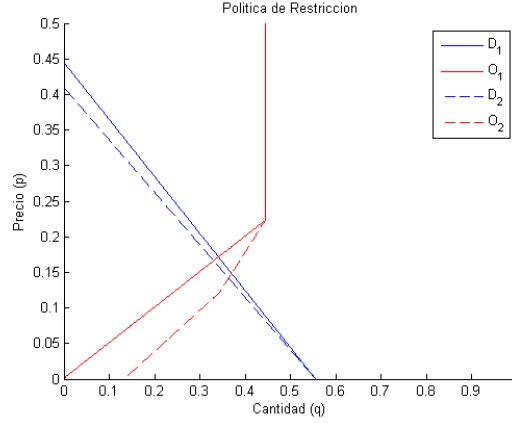


Figura 4: Oferta y demanda de autos con dos economías integradas

Como ambas ciudades tienen un mercado de autos perfectamente integrado, el precio de equilibrio que se despejará será único e igual para ambas economías. Sin embargo, las diferencias en valoración de autos usados hará que la ciudad limpia compre una mayor cantidad de vehículos usados, lo que llevará a que los autos emigren de una ciudad a otra.

Ciudad limpia
(no se aplicó la política):

$$\begin{aligned} p &= 0,1419 \\ \bar{w} &= 0,5556 \\ \hat{w} &= 0,1772 \\ \tilde{w} &= 0,7180 \end{aligned}$$

Ciudad sucia
(sí se aplicó la política):

$$\begin{aligned} p &= 0,1419 \\ \bar{w} &= 0,5556 \\ \hat{w} &= 0,2075 \\ \tilde{w} &= 0,5556 \end{aligned}$$

En el Cuadro 1 finalmente se muestran las diferencias en resultados cuando la política se aplica a países con economías cerradas (como podría ser el caso de un país compuesto por islas) o cuando se aplica en países con ciudades que tienen mercados bien integrados.

Como podemos ver, la presencia de una economía integrada que da una vía de escape a los automóviles viejos tiene consecuencias positivas en los resultados de la política. No sólo terminamos con una ciudad que antes era sucia (como Santiago) mucho más limpia, sino que el país en total terminó mejor de lo que hubiese estado si dicha ciudad de fuga no hubiese existido.

El modelo además nos entrega otros *insights* importantes, como los problemas que puede

	Autos viejos	Autos nuevos	Total autos
Economía cerrada (Stgo)	0.4444	0.4122	0.8566
Economía cerrada (Reg)	0.4444	0.3414	0.7858
Economía cerrada (País)	0.4444	0.3768	0.8212
Economía abierta (Stgo)	0.3481	0.4444	0.7925
Economía abierta (Reg)	0.5408	0.2820	0.8228
Economía abierta (País)	0.4444	0.3632	0.8076

Cuadro 1: Resumen de la distribución de los parques

tener una política como ésta si se aplica a todo el país de una vez. Países como Chile, por ejemplo, no tienen un mercado de autos integrado con otros países, por lo que la implementación de la política podría terminar haciendo que los autos usados pasen a la gente de menos recursos y el parque automotor total termine simplemente aumentando.

Otros ejercicios interesantes que se pueden hacer con el modelo, como evaluar la importancia del tamaño relativo que tienen ambas ciudades, analizar cómo cambia la respuesta cuando la implementación de la política es más o menos agresiva y ver qué rol juegan los costos de transporte que puede haber entre ambas ciudades se analizan en detalle en el **Apéndice A** al final del documento.

De dichos ejercicios se pueden obtener varios resultados importantes que después se van a testear en la parte empírica. En primer lugar, es importante observar que en presencia de dos economías abiertas y perfectamente integradas vamos a ver precios arbitrados en ambas ciudades. Si este fuese el caso de Chile, entonces esperamos encontrar en los datos que, tal como el modelo predice, los vehículos no catalíticos que había en Santiago tuvieron una pérdida de valoración en la capital, lo que hizo que emigraran a otras ciudades sin restricciones que se encuentran en otras regiones del país. El supuesto de mercados perfectamente integrados es, ciertamente, un poco fuerte ya que existen distintos costos de transporte asociados a la compra y venta de autos usados entre una ciudad y la otra; sin embargo, dichos costos no deberían ser tan altos como para encontrarnos en una situación como la de una economía cerrada. Además, como veremos más adelante, el parque automotor de la Región Metropolitana corresponde a casi la mitad del parque automotor total, lo que nos pone en una situación similar a la modelada recién.

Los principales eventos a testear en la parte empírica serán identificar si la política hizo que hoy encontremos menos autos no catalíticos en Santiago que en regiones. Para eso utilizaremos los registros de permisos de circulación entregados en cada comuna como *proxy* del parque automotor. Luego, para entender si dichos autos se fueron de la capital mediante un proceso de arbitraje de precios, se buscarán identificar diferencias de precios en los distintos

mercados de autos usados. La procedencia de esos y otros datos se explicarán en la siguiente sección.

4. Datos para la evaluación empírica

Para efectos de la investigación se usaron diferentes bases de datos. La principal base de datos que se utilizó corresponde a datos facilitados por el INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Chile), la cual contiene información sobre el parque automotor a nivel de comunas para los años 2006 a 2012. Para conseguir indicadores de variables demográficas de dichas comunas se utilizó la encuesta CASEN de los años 2006, 2009 y 2011. También se usó una base de datos con información de precios de autos usados en las principales compra y ventas online del país. Finalmente en este informe se utiliza también una base de datos que contiene información sobre las revisiones técnicas realizadas en Chile, las cuales fueron facilitadas por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. A continuación se explicará el detalle de cada una de las bases de manera de que el lector esté consciente del material que se dispone.

La primera base de datos corresponde entonces a información que recolecta el INE, en que se solicita al Departamento de Tránsito de cada municipalidad información que proviene de los permisos de circulación del año en curso a través de la Encuesta Anual de Vehículos en Circulación. Dicha información permite conocer el parque automotor a nivel comunal, por tipo de vehículo y su año de fabricación. El mismo INE además realiza una distinción entre autos catalíticos y no catalíticos según el año de fabricación del vehículo. Para efectos de la investigación utilizaremos únicamente autos particulares livianos y station wagons, los cuales debido al Decreto 211 de 1991 pueden considerarse no catalíticos si tienen fecha de fabricación previa a 1992 (incluido) y catalíticos si fueron fabricados después. Cabe destacar que un supuesto importante que hay tras la validez de esta base consiste en consirerar que los individuos, en general, pagan los permisos de circulación en comunas en donde suelen utilizar el automóvil. Este supuesto parece ser razonable cuando analizamos autos usados; sin embargo, cuando se trata de autos muy nuevos, muchas veces son las automotoras las que pagan los permisos y los hacen en comunas que pueden no corresponder al lugar de residencia de los usuarios del automóvil.

Como mencionamos antes, los estadísticos demográficos de cada comuna se obtuvieron de la encuesta CASEN. Utilizando los factores de expansión a nivel comunal que trae la encuesta se calcularon valores de población total, ingreso per cápita medio, coeficiente de variación del ingreso dentro de cada comuna y un índice de urbanización, medido como el porcentaje de habitantes de la comuna que vive en un zona urbana. Como la encuesta CASEN no se realiza

todos los años, se utilizaron los datos entregados con la encuesta CASEN de 2006, 2009 y 2011 y luego mediante una interpolación y extrapolación lineal se obtuvo la información de los años 2007, 2008, 2010 y 2012, años para los cuales tenemos información del parque. Entendiendo que la encuesta CASEN no tiene como objetivo representar el ingreso a nivel comunal, todos estos datos se usan durante el trabajo como meros controles, por lo que los resultados no deberían variar en gran medida.

Además contamos con una base de datos de precios de automóviles obtenida de ofertas publicadas en internet. Dicha base se generó durante las semanas 35, 36, 37 y 38 del año 2013 mediante un software que ingresa a los principales portales de compra y ventas de automóviles del país y recolecta toda la información disponible en cada oferta.

Finalmente, contamos con una base de datos entregada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que registra las revisiones técnicas realizadas a lo largo del país desde el año 2006 al 2012. Dicha información se utilizará más adelante para rechazar hipótesis alternativas. Esa base contiene específicamente el dato de cada revisión técnica realizada, la planta en donde se realizó junto con su fecha e información sobre la comuna del propietario del vehículo, placa patente del vehículo, modelo, marca y año de fabricación.

5. Efectos de largo plazo de la política

El objetivo de esta sección es identificar los posibles efectos que puede haber tenido la política en la distribución del parque automotor en las comunas que se vieron afectadas por la misma. Para eso comenzaremos revisando los datos que se disponen entendiendo las posibles diferencias que existen entre el parque de vehículos de las comunas de la Región Metropolitana y aquellas comunas del resto de las regiones del país.

5.1. Parque automotor en Chile

En la Figura 5 podemos observar la composición y evolución del parque automotor en Chile para cada año entre 2006 y 2012. Dichos gráficos nos muestran la cantidad de autos fabricados en diferentes años que se encuentran en circulación en un año determinado. Cada una de las barras representa la cantidad de autos circulando que fueron fabricados en su respectivo año. Además, la barra de autos fabricados en 1980 agrupa todos los autos fabricados en esa fecha y anteriores. Las barras oscuras representan aquellos vehículos que fueron fabricados antes del año 1993 y que, por lo tanto, para efectos de la investigación consideraremos como vehículos no catalíticos. En gris claro, por otro lado, encontramos los vehículos fabricados posteriormente, los cuales se considerarán como vehículos catalíticos.

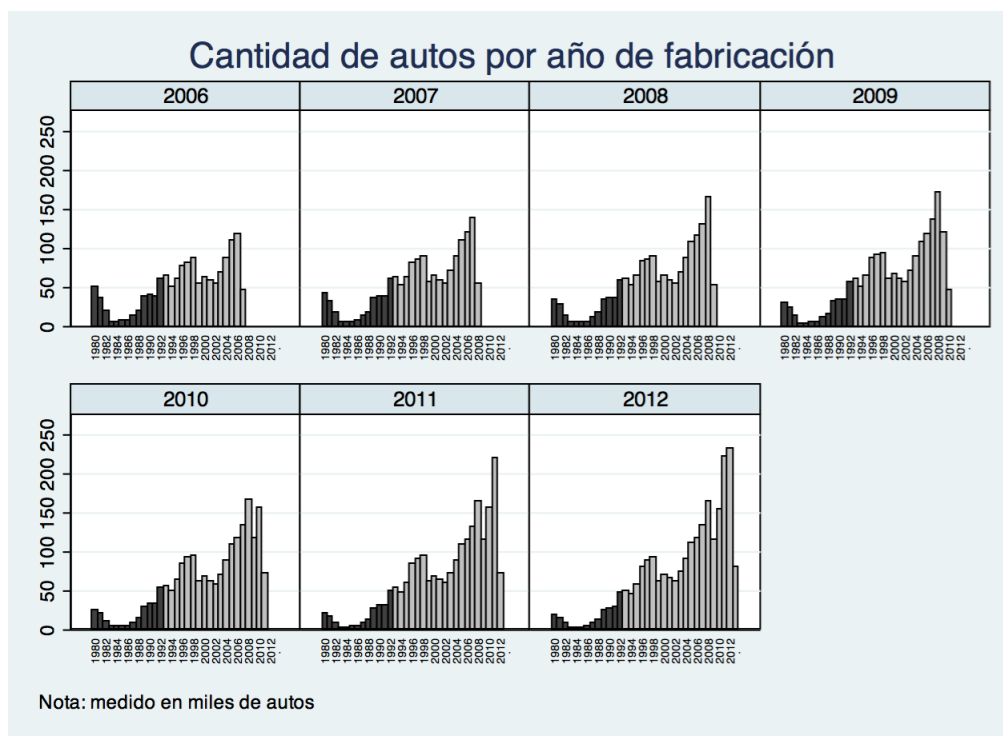


Figura 5: Parque automotor por año

Al observar los gráficos son varias las cosas que podemos rescatar. En primer lugar cabe destacar que la cantidad de vehículos no catalíticos que forman el parque no es un porcentaje irrelevante. Esto es importante ya que existía la posibilidad de que pasados 20 años desde la implementación de la política los autos no catalíticos hubiesen ya desaparecido del parque automotor, caso en el que no hubiésemos podido identificar sus efectos. Otro aspecto importante que cabe destacar es el importante incremento en el parque automotor. Desde el año 2006 hasta 2012 encontramos un aumento importante en la compra de vehículos nuevos. La cantidad de vehículos usados además parece no disminuir de manera importante de un año a otro, factor importante si consideramos que la importación de autos usados está prohibida en Chile desde 1985, por lo que debiésemos esperar una reducción permanente en la cantidad de autos usados. Los gráficos parecen indicar que dicha reducción en Chile se realiza lentamente. Un último detalle que vale la pena comentar también y que no trataremos en esta tesis pero que sin duda podría ser un tema interesante a considerar son los efectos que tienen las crisis en la compra de autos nuevos. Si vemos con atención los gráficos, encontraremos valles en la distribución para los autos fabricados entre los años 1983-1986, 1999-2002 y 2009, periodos cercanos a importantes crisis que se vivieron en el país³.

³Correspondientes a la crisis de la deuda latinoamericana de 1982, la crisis asiática de 1998 y la crisis supprime del año 2008.

Sabemos que la política de restricción vehicular fue aplicada únicamente en Santiago, por lo que un buen punto de partida es entender las diferencias que tiene el parque automotor de la Región Metropolitana v/s el parque de otras regiones. En la Figura 6 buscamos juntamente manifestar aquellas diferencias de manera gráfica. Una primera mirada nos lleva a identificar claras diferencias en la cantidad de autos no catalíticos que hay entre ambas zonas del país. En la Región Metropolitana se observa una menor cantidad de autos no catalíticos, que además se ve acompañada por un salto bastante discreto entre los autos no catalíticos de 1992 y aquellos autos catalíticos de 1993 que hay en dicha región.

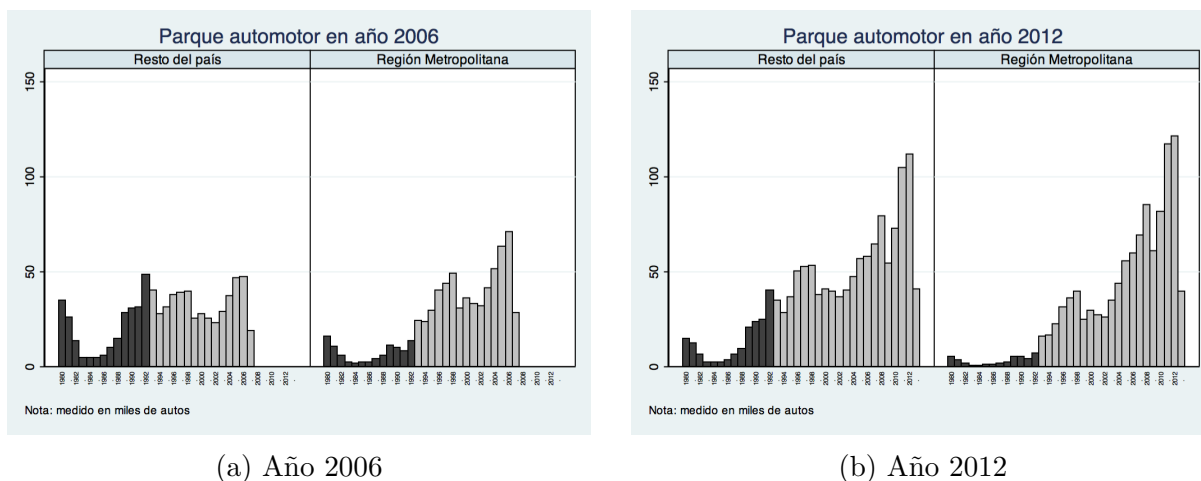


Figura 6: Parque automotor separado para la Región Metropolitana y el resto del país

El resto de los años se pueden encontrar en el **Apéndice C, Anexo 1**.

Otro punto interesante de ilustrar es la manera en que el parque se divide entre las distintas regiones del país. En la Figura 7 podemos observar la participación que tienen distintas zonas del país sobre el parque automotor. Como podemos ver, entre los años 2006 y 2012, a pesar de que hemos tenido un consistente aumento del parque, la manera en que se reparte entre las distintas regiones se mantiene más o menos igual. La composición de ese parque; sin embargo, como vimos en la Figura 6, es muy distinta para la Región Metropolitana que para otras regiones.

Finalmente y para terminar con esta subsección, mostraremos en la Figura 8 el porcentaje de parque total que es abarcado por vehículos catalíticos y no catalíticos en los años 2006 y 2012. Como se puede apreciar en la misma figura, al año 2006 aún había un porcentaje importante de autos no catalíticos circulando por el país. Como es de esperar, con el pasar de los años dicha fracción ha ido disminuyendo. Por un lado tenemos que una parte de los autos no catalíticos antiguos han ido desapareciendo con el pasar de los años, mientras que, por otro lado, el consistente aumento del parque automotor y el ingreso de nuevos autos al país hacen que esa fracción evidentemente disminuya.

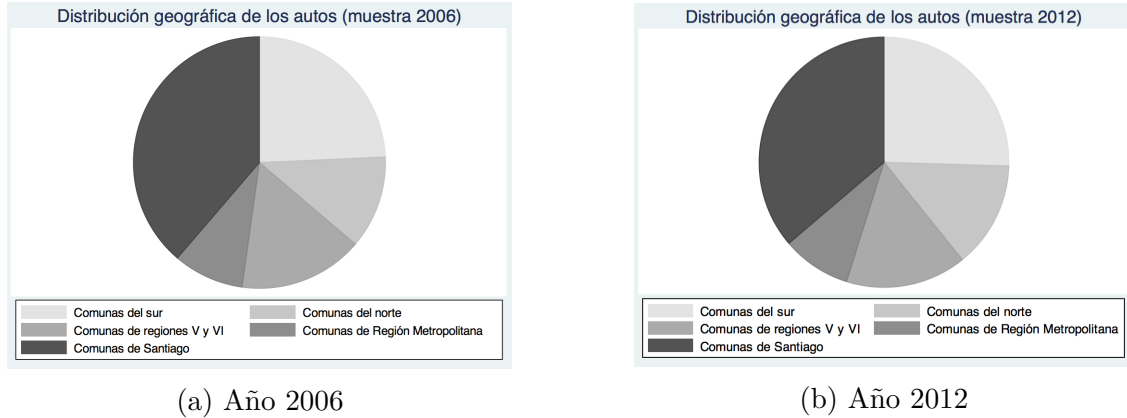


Figura 7: Distribución geográfica del parque automotor

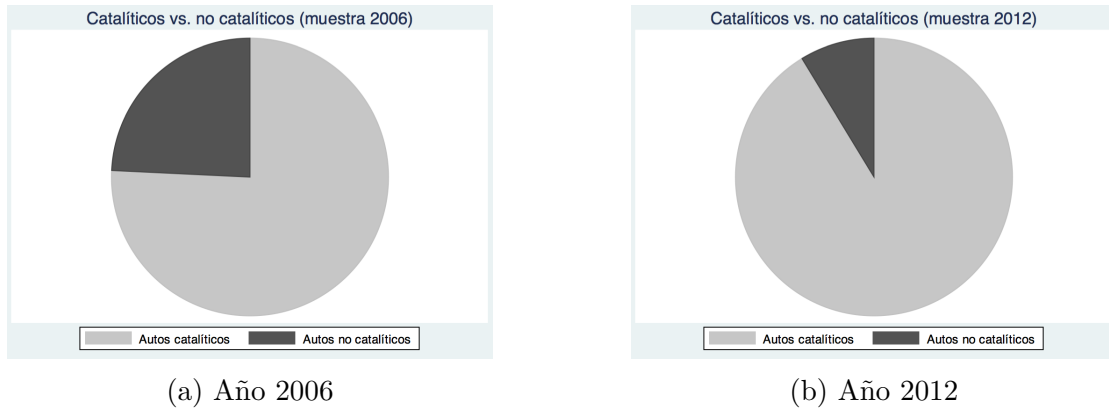


Figura 8: Participación de los autos catalíticos y no catalíticos en el parque nacional

En la subsección siguiente buscaré desagregar esta información a nivel de comunas, intentando así dilucidar si la menor cantidad de autos no catalíticos que se aprecia en la Figura 6 se da en todas las comunas de la Región Metropolitana o sólo en aquellas con ciertas características (por ejemplo aquellas de ingreso per cápita alto).

5.2. Porcentaje de autos no catalíticos a nivel de comuna

Una vez caracterizada la distribución del parque podemos empezar a entender los mecanismos que hay detrás de la composición de cada una de las comunas, particularmente con respecto al porcentaje de vehículos no catalíticos que éstas pueden tener. Para eso se presenta en la Figura 9 un gráfico en donde se muestra la fracción de vehículos no catalíticos que tiene cada comuna. En el eje de las ordenadas tenemos dicha fracción, calculada como:

$$\text{Fracción no catalíticos} \equiv \frac{(\text{Cantidad de autos no catalíticos})}{(\text{Total de autos})}$$

En el eje de las ordenadas, en tanto, encontramos el ingreso per cápita de cada comuna. Además se utilizan diferentes tonos de grises para diferenciar distintas comunas ubicadas en distintas zonas del país.

A simple vista es fácil identificar una mayor acumulación de comunas pertenecientes a la provincia de Santiago en la parte inferior del gráfico. Esto refleja, tal como lo habíamos mencionado, que efectivamente pareciera haber una preferencia por vehículos catalíticos en dichas comunas. Los resultados muestran además que esta limpieza se generó no sólo en comunas de altos ingresos de Santiago, sino que fue un efecto que se propagó a todas las comunas, incluyendo las de ingresos bajos.

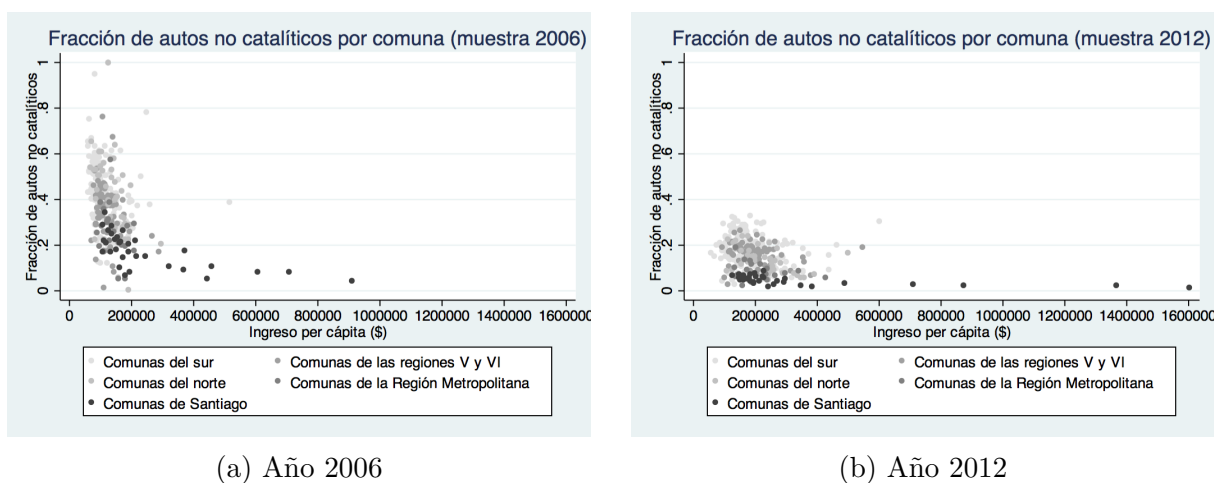


Figura 9: Porcentaje de autos no catalíticos por comuna según su ingreso per cápita

Si intentamos entender por qué este fenómeno de renovación del parque se está dando más fuerte en Santiago (o en la Región Metropolitana en general) vamos a encontrar que existen distintos factores que podrían estar generando este efecto o sensación de limpieza. Las dos explicaciones más obvias son presentadas a continuación:

- Por un lado, puede ser que efectivamente la restricción permanente haya logrado limpiar el parque y la política haya hecho que los individuos tengan una mayor valoración por los autos catalíticos.
- Por otro lado, tenemos que el hecho de que las comunas más ricas de Chile estén en la Región Metropolitana podría estar haciendo que el parque se renueve efectivamente más rápido. En el fondo, podríamos tener que en la Región Metropolitana los autos viejos desaparecen a mayor velocidad, independientemente de si son catalíticos o no.

Para efectos de esta investigación, el fenómeno que buscamos explicar se encuentra en el primer punto. En la siguiente subsección vamos a intentar aislar el primer efecto del

segundo. Para eso dejaremos de utilizar la muestra completa del parque e intentaremos buscar diferencias en valoración de autos catalíticos y no catalíticos que hayan sido fabricados en años similares.

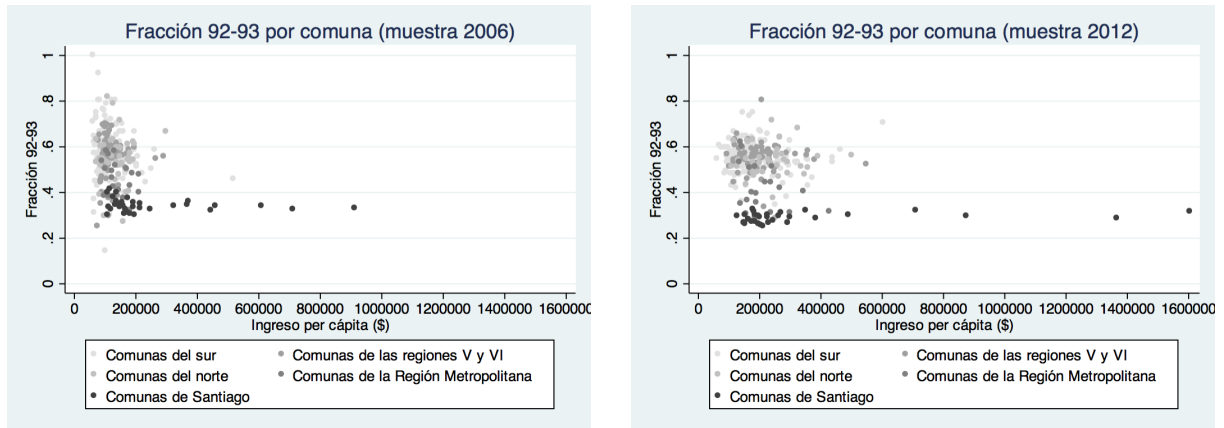
5.3. Porcentaje de autos del año 92 vs. el año 93 a nivel de comunas

Una de las ventajas que tienen los datos del parque automotor chileno para efectos de esta investigación es que nos permiten diferenciar de forma bastante limpia entre vehículos catalíticos y no catalíticos. El decreto 2011 de 1991 establece, tal como mencionamos antes, que todo vehículo que haya sido inscrito en el Registro Civil con fecha posterior a septiembre de 1992 y no cuente con convertidor catalítico no podrá circular por la V, VI y XIII Región (Región Metropolitana). Esto hace que, en términos globales, los autos fabricados con fecha posterior a 1992 y que entraron a Chile sean en gran parte vehículos catalíticos, mientras que antes de esa fecha teníamos en general vehículos no catalíticos que eran importados.

Lo que vamos a hacer en esta sección y explotar de acá en adelante es esta diferencia que existe entre autos de 1992 y 1993. Para eso creamos un indicador que nos muestra qué porcentaje de autos fabricados en los años 1992 y 1993 son no catalíticos:

$$\text{Fracción 92-93} \equiv \frac{(\text{Cantidad de autos de 1992})}{(\text{Cantidad de autos de 1992}) + (\text{Cantidad de autos de 1993})}$$

Este indicador nos permite identificar la cantidad de autos no catalíticos que tiene una comuna aislando el efecto “edad de los autos”. De esta manera, se puede entender si una comuna tiene preferencia sobre un auto catalítico cuando comparamos autos fabricados en años similares.



(a) Parque el 2006

(b) Parque el 2012

Figura 10: Fracción 92-93 por comuna según su ingreso per cápita

En la Figura 10 se realizó el mismo ejercicio anterior, pero para este nuevo indicador. Los resultados son aun más concluyentes. Existe una evidente tendencia de las comunas de Santiago a tener menos autos del año 1992 que de 1993. También se puede identificar un efecto de “contagio”; las otras comunas de la Región Metropolitana, pero que no pertenecen a la provincia de Santiago (es decir que no se ven afectadas por la política de restricción), también muestran cierta preferencia, aunque menor, por los vehículos catalíticos. El resto de las comunas parecen tener un comportamiento similar, independiente de si son del sector norte, centro o sur del país.

Resultados con datos de los otros años pueden encontrarse en el **Apéndice C, Anexo 2**.

En el siguiente ejercicio buscamos ver si los resultados se mantienen cuando controlamos por otras características de las comunas. Para eso realizamos la siguientes regresiones OLS:

$$\text{Fracción 92-93}_i = \beta RM_i + \gamma X_i + \epsilon_i \quad (1)$$

$$\text{Fracción 92-93}_i = \beta \text{Santiago}_i + \gamma X_i + \epsilon_i \quad (2)$$

La ecuación (1) busca determinar si para las comunas pertenecientes a la Región Metropolitana la fracción de autos no catalíticos fabricados en 1992 y 1993 es menor que en otras comunas. La ecuación (2) busca lo mismo, pero esta vez controlando por si la comuna pertenece a la provincia de Santiago. Ambas especificaciones tienen una serie de controles capturados por γX_i .

En el Cuadro 2 se pueden ver los resultados de las regresiones. En las columnas (1) y (2) encontramos los resultados para la ecuación (1) aplicada para los datos de los años 2006 y 2012, respectivamente. Las columnas (3) y (4) buscan lo mismo para la ecuación número (2). Las variables Región Metropolitana y Santiago son *dummies* que tienen el valor de 1 si la comuna pertenece a la Región Metropolitana o la provincia de Santiago respectivamente y 0 si no. La variable Población está determinada por la población de la comuna para dicho año, mientras que la variable Ingreso per cápita se compone por el ingreso per cápita de cada una de las comunas. Agregamos una interacción entre el ingreso per cápita y la dummy también para ver si existe un comportamiento diferente del tratamiento a distintos niveles de ingreso. También agregamos una variable que mide el coeficiente de variación ($\frac{\sigma}{\mu}$) del ingreso per cápita en cada comuna, buscando medir el impacto de desigualdad en la preferencia de autos. Luego hay un control por la distancia a Santiago, medida en kilómetros, de cada una de las comunas y su valor cuadrático. Finalmente, controlamos por una dummy que indica si la comuna se encuentra en alguna región norte del país (XV, I, II, III y IV Región) y un ratio

de urbanización que indica qué porcentaje de la población vive en zonas urbanas dentro de la comuna.

Los resultados nos muestran un efecto negativo sobre el ratio 92/93 de la dummy de interés, principalmente cuando utilizamos la variable $Santiago_i$. La mayoría de las variables de control no son significativas, mostrando así que variables como el ingreso per cápita a nivel comunal parecen no ser importantes a la hora de tener un auto catalítico o no catalítico (dado que son de la misma antigüedad). Encontramos, eso sí, un grado importante de significancia para la variable de control $Distancia\ a\ Santiago_i$. El elemento cuadrático nos muestra que existe una relación no lineal entre la distancia a Santiago y la cantidad de autos no catalíticos que tienen las comunas. Creemos que esta relación será de vital importancia para esta investigación. Los resultados muestran que a mayor distancia hay un mayor porcentaje de autos no catalíticos; sin embargo, el efecto cuadrático nos muestra que cuando la distancia se hace demasiado grande, este efecto desaparece. Lo que se tiene entonces es que cuando la comuna está ya sea muy cerca o muy lejos de Santiago, entonces parece tener menor porcentaje de autos no catalíticos que cuando se encuentra a una distancia media. Esto puede interpretarse de la siguiente manera: Cuando una comuna está muy cerca de Santiago, la política le afecta indirectamente. Muchas personas que viven cerca de Santiago viajan mucho a la capital y eso hace que, a pesar de no estar sometidos a la política de restricción, su valoración por autos catalíticos sea mayor. Si creemos en la hipótesis planteada de que los autos no catalíticos se fueron de Santiago a otras regiones, entonces es importante entender que la distancia a Santiago puede ser un factor importante a la hora del arbitraje. Chile es un país muy largo y muchas comunas, especialmente al sur, tienen un difícil acceso por tierra. Eso puede explicar que aquellos autos no catalíticos que se fueron de Santiago hayan terminado en comunas que no estaban ni muy cerca de Santiago (ya que ahí estaban subvalorados también) ni muy lejos de Santiago (debido a altos costos de transacción).

Uno de los elementos claves de nuestros resultados es que éstos permiten establecer una diferencia cualitativa entre los autos de los años 1992 y 1993, ya que justo en esos años es donde tenemos el quiebre entre autos catalíticos y no catalíticos. Una pregunta que surge inmediatamente es si estos resultados encontrados son únicos para esos años o podemos encontrar los mismos resultados en otra pareja de años. Para que los resultados tengan sentido con la teoría necesitamos que los resultados sean exclusivos de este par de años.

5.4. Ejercicio de falsificación

En esta subsección vamos a replicar los gráficos y el ejercicio econométrico realizado en la subsección anterior para otras parejas de años. En la Figura 11 se observa gráficamente

Cuadro 2: Determinantes de la fracción 92-93

	(1) (2006)	(2) (2012)	(3) (2006)	(4) (2012)
Región Metropolitana	-0.0747 (0.041)	-0.146*** (0.026)		
Santiago			-0.125** (0.040)	-0.151*** (0.024)
Población	-0.00677 (0.008)	-0.00461 (0.005)	-0.00475 (0.008)	-0.00486 (0.005)
Ingreso per cápita	0.000156 (0.014)	0.00935 (0.006)	-0.00639 (0.014)	0.00430 (0.006)
Ingreso * RM	-0.0147 (0.017)	-0.0131* (0.007)		
Ingreso * Santiago			0.00330 (0.017)	-0.00262 (0.007)
Coef Var Ingreso	0.0136 (0.008)	0.00291 (0.006)	0.00951 (0.008)	0.00270 (0.006)
Distancia a Santiago	0.0626** (0.022)	0.0303* (0.015)	0.0821*** (0.015)	0.0846*** (0.010)
(Distancia a Santiago) ²	-0.0133** (0.004)	-0.00894** (0.003)	-0.0161*** (0.003)	-0.0180*** (0.002)
Norte	0.000889 (0.018)	0.0101 (0.012)	0.000138 (0.017)	0.0126 (0.012)
Urbanización	-0.0272 (0.023)	-0.0651*** (0.013)	-0.0109 (0.022)	-0.0414** (0.013)
Constante	0.508*** (0.036)	0.555*** (0.023)	0.483*** (0.028)	0.480*** (0.017)
Observaciones	333	324	333	324
R^2	0.351	0.628	0.371	0.638

Standard errors in parentheses

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Ingreso en cientos de miles y Población en millones

La variable distancia es una proxy regional (sesgo de atenuación)

cómo el fenómeno se encuentra presente solo en los años 92 y 93, que es justo donde unos representan a autos no catalíticos mientras que otros a autos catalíticos.

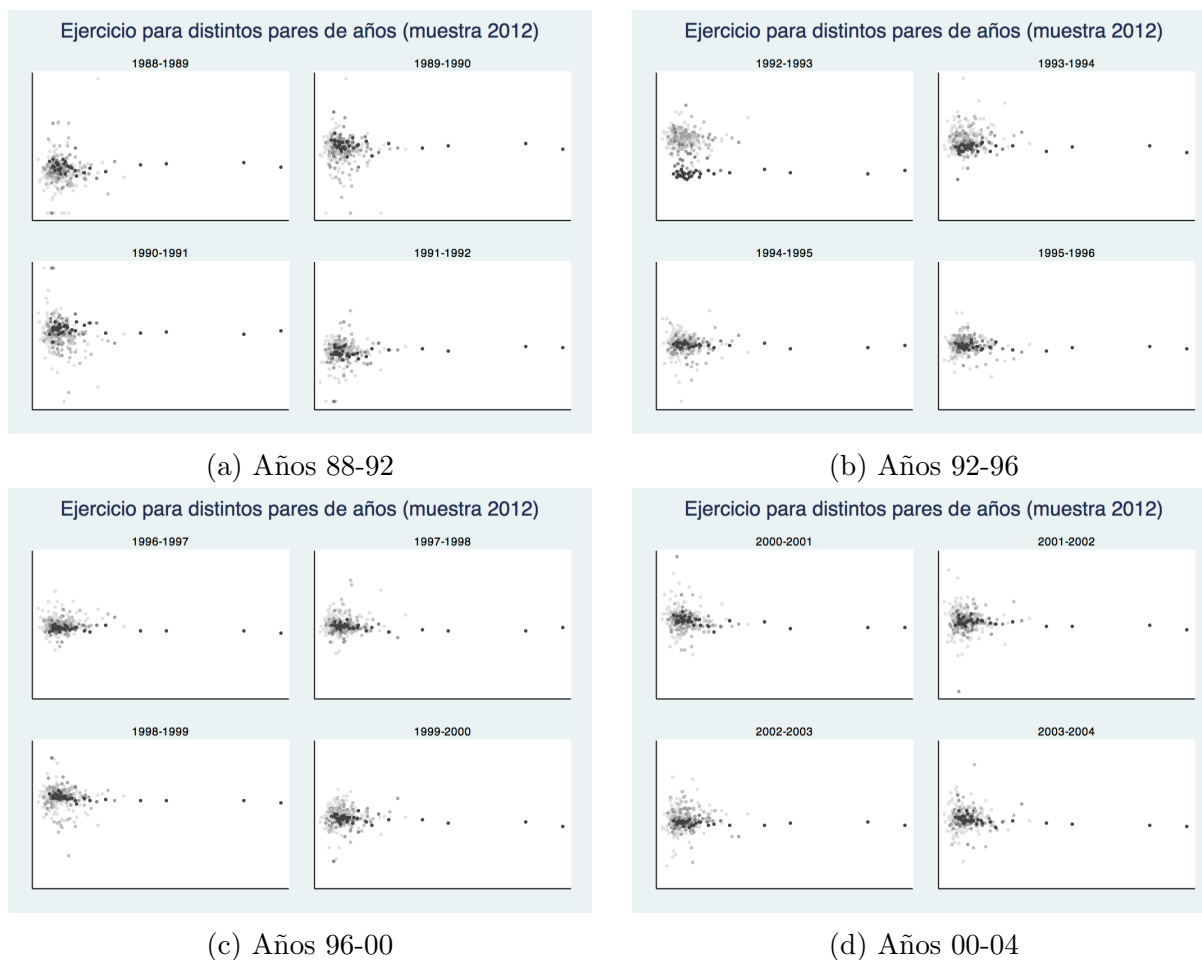


Figura 11: Ejercicio de falsificación para distintos pares de años

En el Cuadro 3 además encontramos los resultados econométricos de las regresiones.

Estos resultados nos muestran que el único par de años para los cuales el efecto de estar en Santiago es significativo es para la combinación 92-93. La explicación, como mencionamos antes, es que para ese par de años existe una diferencia importante entre ambos tipos de autos, ya que unos corresponden a vehículos catalíticos mientras que los otros no.

Interpretando un poco más los resultados podemos darnos cuenta de que dichos resultados nos muestran la existencia de una discontinuidad en la distribución del parque automotor para las comunas de Santiago. Es decir, existe un salto en dicha distribución que indica que en las comunas de Santiago hay más autos fabricados en años posteriores a 1992 que autos fabricados anteriormente a dicha fecha. Ahora bien, esta discontinuidad no basta para establecer que la restricción logró que los autos no catalíticos se fueran de Santiago. Hay

Cuadro 3: Ejercicio de falsificación

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97
Santiago	-0.0141 (0.036)	0.0309 (0.032)	-0.0304 (0.037)	0.00328 (0.029)	-0.151*** (0.024)	-0.00833 (0.026)	-0.00965 (0.025)	-0.0363 (0.020)	-0.000246 (0.018)
Población	-0.00490 (0.007)	-0.00182 (0.006)	0.00282 (0.007)	-0.00289 (0.006)	-0.00486 (0.005)	-0.00588 (0.005)	0.00251 (0.005)	-0.00456 (0.004)	-0.00334 (0.003)
Ingreso per Cápita	-0.00495 (0.009)	-0.00128 (0.007)	-0.0209* (0.009)	0.00430 (0.007)	0.00430 (0.006)	0.000520 (0.006)	-0.00643 (0.006)	-0.00606 (0.005)	0.00311 (0.004)
Ingreso * Santiago	0.00544 (0.010)	-0.000289 (0.009)	0.0187 (0.010)	-0.00164 (0.008)	-0.00262 (0.007)	-0.00183 (0.007)	0.00515 (0.007)	0.00486 (0.006)	-0.00545 (0.005)
Coef Var Ingreso	0.00654 (0.009)	0.000672 (0.008)	-0.000144 (0.009)	0.000593 (0.007)	0.00270 (0.006)	0.00545 (0.006)	0.00677 (0.006)	-0.00775 (0.005)	0.00727 (0.004)
Distancia a Santiago	-0.0524*** (0.016)	0.0476*** (0.014)	-0.00609 (0.016)	0.0155 (0.013)	0.0846*** (0.010)	0.00171 (0.011)	0.0151 (0.011)	-0.00882 (0.009)	-0.000421 (0.008)
(Distancia a Santiago) ²	0.0123*** (0.003)	-0.0162*** (0.003)	-0.00347 (0.003)	-0.00543* (0.003)	-0.0180*** (0.002)	0.00497* (0.002)	-0.00384 (0.002)	0.00205 (0.002)	0.00204 (0.002)
Norte	0.0334 (0.019)	-0.0224 (0.016)	-0.0226 (0.019)	0.0451** (0.015)	0.0126 (0.012)	-0.0251 (0.013)	0.00586 (0.013)	-0.0293** (0.010)	-0.0224* (0.009)
Urbanización	0.0189 (0.021)	0.0178 (0.018)	-0.0226 (0.021)	0.0206 (0.016)	-0.0414** (0.013)	-0.00741 (0.015)	0.00884 (0.014)	0.0248* (0.011)	-0.000150 (0.010)
Constante	0.337*** (0.025)	0.463*** (0.022)	0.599*** (0.026)	0.343*** (0.020)	0.480*** (0.017)	0.512*** (0.018)	0.420*** (0.017)	0.443*** (0.014)	0.472*** (0.012)
Observaciones	322	324	324	324	324	324	324	324	324
R ²	0.082	0.232	0.136	0.047	0.638	0.175	0.023	0.066	0.096

Standard errors in parentheses

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

básicamente dos factores que podrían estar explicando esta diferencia porcentual entre autos catalíticos y no catalíticos en Santiago.

- La restricción hizo que los autos no catalíticos se fueran de Santiago y por lo tanto en dicha provincia encontramos un menor porcentaje de autos no catalíticos relativo a otras provincias.
- La restricción hizo que más autos catalíticos entraran a Santiago y por lo tanto en dicha provincia encontramos un mayor porcentaje de autos catalíticos relativo a otras provincias.

A continuación intentaré identificar cuál de estas causas es la que está dominando.

5.5. Regresion para cada cohorte de autos

En esta subsección vamos a ver en qué medida las dos posibles explicaciones expuestas más arriba están afectando en esta discontinuidad de la distribución que se observa en Santiago. En el fondo lo que buscamos explicar es cómo afecta el hecho de que una comuna esté en la provincia de Santiago a la cantidad de autos que vemos en esa comuna para cada una de las cohortes de autos. Para eso utilizaremos datos de panel mediante la siguiente especificación econométrica:

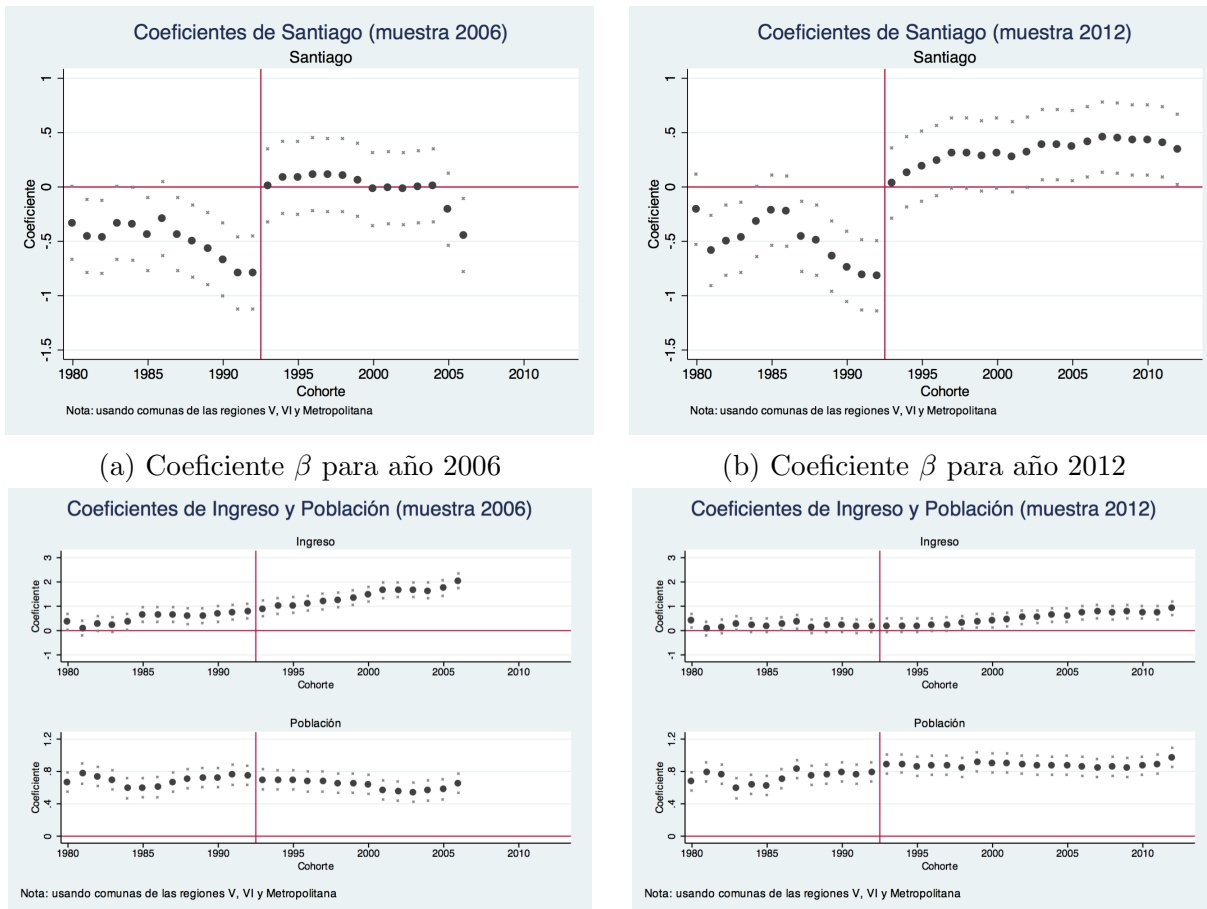
$$\log(c_{i\tau}) = \sum_{\tau=1980}^T \beta_{\tau}(d_{\tau} * Santiago_i) + \sum_{\tau=1980}^T \alpha_{\tau}^1(d_{\tau} * \log(Pob_i)) + \sum_{\tau=1980}^T \alpha_{\tau}^2(d_{\tau} * \log(Ingreso_i)) + \sum_{\tau=1980}^T \delta_{\tau} d_{\tau} + \psi X_i + \epsilon_{i\tau} \quad (3)$$

donde $c_{i\tau}$ es la cantidad de autos que tiene la comuna i en la cohorte τ en un año en particular. Pob_i es la población que tiene la comuna i en ese año, $Ingreso_i$ es el ingreso per cápita que hay en la comuna i en dicho año y $Santiago_i$ es una *dummy* que indica si la comuna i pertenece o no a la provincia de Santiago. La variable d_{τ} es una *dummy* que toma el valor de uno cuando la observación correspondiente a la cohorte τ . El vector X_i corresponde al vector de controles de Coeficiente de variación del ingreso y Urbanización. Luego, al hacer regresiones para cada uno de los años en los que tenemos datos, podemos graficar los coeficientes β_{τ} para entender cómo influye estar en Santiago para la cantidad de autos de cada cohorte que tienen las comunas.

El Decreto 211 de 1991 establece que todo auto en el Registro Civil después de septiembre de 1992 y que no sea catalítico no podrá circular por la V, VI ni Región Metropolitana. Eso

quiere decir que podemos afirmar con certeza que los autos fabricados en 1993 que circulan por esas regiones son catalíticos; sin embargo, no podemos decir lo mismo del resto de las comunas. Para obtener resultados más claros y limpiar el ruido que pueden generar autos no catalíticos que fueron fabricados después de 1992 vamos a trabajar estas regresiones usando solo comunas de las regiones V, VI y Región Metropolitana.

Una vez realizadas las regresiones podemos encontrar cómo afecta el hecho de estar en Santiago a la cantidad de autos de cada una de las cohortes que hay en cada comuna en términos porcentuales. En la Figura 12 podemos visualizar dichos coeficientes de cada cohorte para los años 2006 y 2012.



(c) Coeficientes α^1 y α^2 para año 2006

(d) Coeficientes α^1 y α^2 para año 2012

Figura 12: Coeficientes de la regresión por cohorte usando V, VI y XIII Región

De dicha figura podemos darnos cuenta de que el coeficiente β es negativo para aquellos autos no catalíticos cercanos a la cohorte 1992, mientras que es levemente positivo y no significativo para los autos con convertidor catalítico. Para la cohorte 1992, por ejemplo, el coeficiente alcanza un valor cercano a -0.8, correspondiente a un 55% menos de autos

de esa cohorte en las comunas de Santiago. Esta especificación no nos permite limpiar por otros componentes que son propios de la ciudad de Santiago (como la calidad del transporte público) que podrían afectar el valor de los coeficientes. Sin embargo, la discontinuidad que se produce entre las cohortes 1992 y 1993 son un claro indicio de las implicancias de la política. Esto debido a que es difícil justificar que características de otros factores como el transporte público tengan un efecto diferente en autos del año 1992 que en aquellos de 1993. La política de restricción, en cambio, juega claramente con ese factor.

En la misma Figura 12 podemos observar también otros coeficientes que podrían ser de interés, como los coeficientes que acompañan a las variables de Ingreso y Población. Es de particular interés lo que sucede con los coeficientes de ingreso, los cuales son casi cero para autos antiguos y luego se van haciendo positivos para los autos más nuevos. Esto indica que comunas más ricas tienen una especial valoración por los autos más nuevos, lo que hace que dichas comunas tengan relativamente más autos nuevos que las comunas más pobres. Además es interesante resaltar que, a diferencia del coeficiente β que acompaña a *Santiago*, estos coeficientes son continuos en la discontinuidad y que el coeficiente de Ingreso pareciera desplazarse a la derecha con el pasar de los años. Es decir, el ingreso se empieza a hacer significativo según la edad de los autos y no a partir de un año de fabricación en particular. En el **Apéndice C, Anexo 3.a** podemos ver dichos coeficientes para cada año. En el **Apéndice C, Anexo 3.b** además podemos ver que los resultados no cambian en gran medida si en vez de usar las regiones V, VI y XIII usamos todas las comunas del país.

Otro elemento muy interesante de notar que el efecto que tiene “pertenecer a Santiago” en la cantidad de autos que hay en la comuna (β) es mucho más negativo para las cohortes cercanas a 1992. La interpretación no es obvia y existen dos fuerzas que podrían estar explicándolo. Por un lado tenemos que, si una persona tiene un auto no catalítico de 1985, por ejemplo, sus costos de cambiarse a un auto catalítico son mucho mayores, ya que tiene que pagar la diferencia de precios que existe entre ambos autos por los 7 años de diferencia que tienen. Para una persona que tiene un auto no catalítico de 1992, en cambio, los costos de cambiarse a uno de 1993 son mucho menores, especialmente si los precios entre regiones y la Región Metropolitana están arbitrados. Además tenemos que existe un segundo fenómeno que podría estar interactuando. Otra alternativa a la evasión de la restricción distinta a comprarse un auto con convertidor catalítico consiste en comprarse un segundo auto, más antiguo y por lo tanto más barato. Este segundo efecto podría estar moviendo los coeficientes en la dirección opuesta y por lo tanto acercándolos a cero para las cohortes anteriores a 1992. En otras palabras, podemos estar observando un efecto parecido al observado en el programa HNC de Ciudad de México. A pesar de observar un menor cantidad de autos fabricados entre los años 1987 y 1992 en Santiago, podríamos estar en una situación en donde comunas más

pobres optaron por, en vez de sustituir su auto por uno más limpio, comprarse un segundo auto más antiguo, barato y sucio. Este fenómeno podría estar causando la pendiente negativa que observamos en los coeficientes.

También es interesante notar que para el año 2012 también se encuentra en Santiago un mayor porcentaje de autos nuevos en comparación con otras comunas. Dicho efecto en cambio no se observa en los datos de 2006. Este efecto también muestra un fenómeno muy interesante que está pasando en Santiago y que está generando un aumento en la cantidad de autos nuevos de esas comunas. Sin embargo, este fenómeno no es atribuible a la política ya que no hay nada en la política que haga valorar más los autos nuevos en Santiago. Otro fenómeno que la puede estar causando es el Transantiago, una reforma de transporte público que se implementó en Santiago el año 2007 y que habría generado un aumento en el parque automotor de Santiago entre un 5 % y un 8 % (Gallego et. al., 2013).

5.6. El rol del ingreso en la respuesta de la política

Sin lugar a duda el ingreso puede jugar un rol muy importante en la respuesta a este tipo de políticas. En el caso de la restricción implementada en México (Hoy-No-Circula), por ejemplo, fueron los hogares de cierto nivel de ingreso los que terminaron por comprar un segundo auto usado para esquivar la política (Gallego et. al., 2013). En el caso de Santiago existen dos fuerzas interactuando que pueden surgir como respuesta a la política:

- Debido a la posibilidad de tener un auto con convertidor catalítico que no estaba sujeto a la restricción vehicular, los individuos pueden haber optado por cambiar su auto viejo por uno más nuevo y limpio.
- Debido a una posible baja en los precios de los autos usados, los individuos pueden haber optado por comprar un auto aun más viejo para tener una alternativa en los días con restricción (un efecto similar al visto en Hoy-No-Circula).

Los resultados anteriores muestran una dominancia de la primera fuerza; sin embargo, dicha fuerza podría solo estar dominando en las comunas con mayores ingresos. Para eso realizamos una regresión que nos permitiera identificar el efecto de la restricción en comunas de mayores y menores ingresos de Santiago.

Para eso volvimos a seleccionar una muestra con las comunas de las regiones V, VI y XIII. Luego separamos la muestra entre el 10 % de comunas más ricas de dichas regiones (aquellas con más de \$216.500 de ingreso per cápita el año 2006 y más de \$343.000 el 2012) y el 40 % de las comunas más pobres de dichas regiones (aquellas con menos de \$118.000 de ingreso per cápita el año 2006 y menos de \$182.500 el 2012). Esto nos da un total de 13

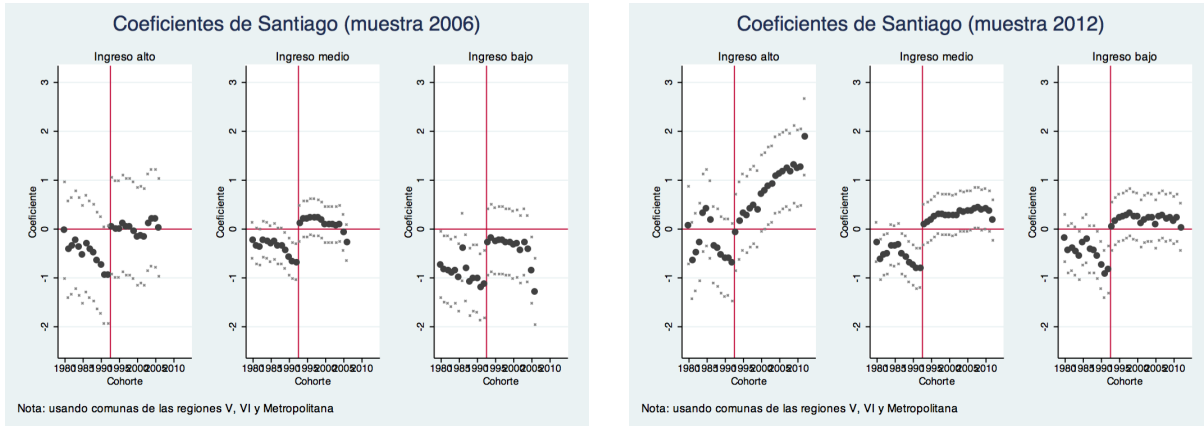
comunas de altos ingresos, de las cuales 10 pertenecen a la provincia de Santiago (tanto para 2006 como para 2012) y 49 comunas pobres de las cuales 4 pertenecen a Santiago en 2006 y 7 en 2012.

La estimación econométrica a realizar está dada por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \log(c_{i\tau}) = & \sum_{\tau=1980}^T \beta_{\tau}^1(d_{\tau} * Santiago_i * Alto_i) + \sum_{\tau=1980}^T \beta_{\tau}^2(d_{\tau} * Santiago_i * Medio_i) + \\ & \sum_{\tau=1980}^T \beta_{\tau}^3(d_{\tau} * Santiago_i * Bajo_i) + \sum_{\tau=1980}^T \alpha_{\tau}^1(d_{\tau} * \log(Pob_{it})) + \sum_{\tau=1980}^T \alpha_{\tau}^2(d_{\tau} * \log(Ingreso_{it})) + \\ & \sum_{\tau=1980}^T \kappa_{\tau}^1(d_{\tau} * Alto_i) + \sum_{\tau=1980}^T \kappa_{\tau}^2(d_{\tau} * Bajo_i) + \sum_{\tau=1980}^T \delta_{\tau}d_{\tau} + \psi X_i + \epsilon_{i\tau} \quad (4) \end{aligned}$$

donde $Alto_i$ es una dummy que vale 1 si la comuna i pertenece al 10 % más rico de la muestra, $Bajo_i$ vale 1 si la comuna i pertenece al 40 % más pobre de la muestra y $Medio_i$ vale 1 en otro caso.

En la Figura 13 podemos ver los resultados encontrados para los coeficientes β^1 , β^2 y β^3 para los años 2006 y 2012.



(a) Año 2006

(b) Año 2012

Figura 13: Coeficientes de $Santiago_i$ para comunas de ingresos altos, medios y bajos

Como se puede ver, el efecto de la política no es demasiado diferente en cada uno de los tipos de comunas. Las comunas ricas de Santiago muestran una mayor cantidad de autos catalíticos que el resto de las comunas ricas el año 2012; sin embargo, se nos hace imposible identificar si esas diferencias en los autos más nuevos están siendo producidas por la restricción vehicular o si existen otros factores propios de Santiago que estén fomentando la compra de autos nuevos (Transantiago, etc.). Lo único que podemos atribuir únicamente

a la restricción es la discontinuidad que observamos entre las cohortes 1992 y 1993, la cual igualmente es grande para estas comunas.

Las comunas de ingresos medios de Santiago son las que muestran un fuerte impacto en términos de la política. Vemos que para las cohortes que se ubican a la izquierda de la discontinuidad el coeficiente es significativamente negativo, lo que nos lleva a pensar que estas comunas se deshicieron de los autos no catalíticos con gran fuerza.

Para las comunas más pobres los efectos son menos significativos, probablemente influenciado por la poca capacidad de compra que tienen los agentes de dichas comunas de un auto más limpio. Además los coeficientes de los autos catalíticos son menores para el año 2006, probablemente influenciados por una alternativa de transporte público que les permite deshacerse de sus autos no catalíticos sin tener que reemplazarlos por otro automóvil.

Todo este análisis se ha realizado usando cada año de la muestra como un corte transversal que nos permite obtener una foto de la distribución que observamos hoy; sin embargo, existe un problema dinámico importante que resolver y que nos permitirá identificar si la política sigue operando o si nos encontramos frente a resultados de largo plazo en un estado estacionario.

5.7. Dinámica evolutiva del parque

Otro elemento de interés y que nos interesa interpretar es la evolución que puede estar teniendo el parque a causa de la política. A pesar de que la política se implementó en el año 1992 y efectivamente estamos midiendo efectos de largo plazo, no es claro que sus efectos ya se hayan producido en su totalidad. El objetivo de esta subsección es intentar identificar si la política aún opera y la evolución del parque en las comunas de Santiago sigue siendo distinta a la de otras comunas en regiones o si nos encontramos en el “estado estacionario” en donde la política ya produjo sus resultados.

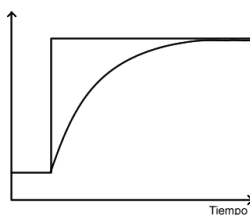


Figura 14: Respuesta al escalón

En la Figura 14 observamos una típica respuesta de un proceso dinámico con una respuesta suave a una señal de entrada tipo escalón. Es ese caso tenemos que la traza cuadrada

corresponde a una señal de entrada discreta que representa la implementación de la política. La curva, en cambio, es la respuesta del sistema a dicha entrada. En otras palabras, cuando se aplica la restricción el parque responde lentamente a este nuevo estímulo, ajustándose de forma transitoria hasta llegar al régimen permanente. A continuación, vamos a intentar identificar en qué parte de la curva nos encontramos. Si estamos en la parte izquierda de la curva en donde las variables aún se están ajustando a la restricción tendremos que la política tardó mucho en actuar (más de 20 años). Si estamos, en cambio, en la parte derecha de la curva donde ésta ya es plana, tendremos que la política ya hizo su trabajo y no seguiremos observando cambios en el parque producto de la restricción vehicular implementada.

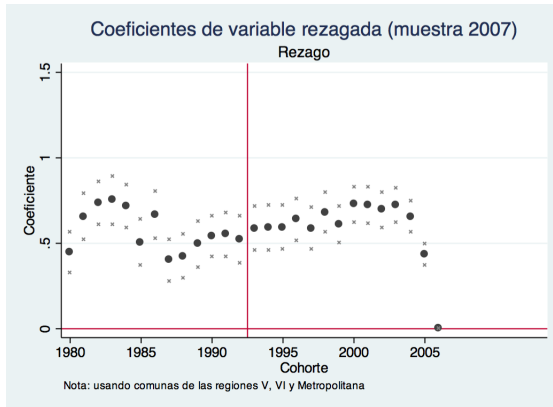
Para identificar si la política sigue operando o si ya alcanzamos el régimen permanente, haremos una regresión similar a la anterior, pero esta vez controlando por los rezagos. Esta especificación nos va a permitir identificar si la distribución del parque que vemos hoy en las distintas comunas está explicada solamente por la distribución del año anterior o existen otros elementos que la están haciendo cambiar. La siguiente ecuación presenta la especificación econométrica utilizada.

$$\log(c_{i\tau}) = \sum_{\tau=1980}^T \gamma_{\tau}(d_{\tau} * \log(c_{i\tau}^{(t-1)})) + \sum_{\tau=1980}^T \beta_{\tau}(d_{\tau} * \text{Santiago}_i) + \sum_{\tau=1980}^T \alpha_{\tau}^1(d_{\tau} * \log(\text{Pob}_i)) + \sum_{\tau=1980}^T \alpha_{\tau}^2(d_{\tau} * \log(\text{Ingreso}_i)) + \sum_{\tau=1980}^T \delta_{\tau}d_{\tau} + \psi X_i + \epsilon_{i\tau} \quad (5)$$

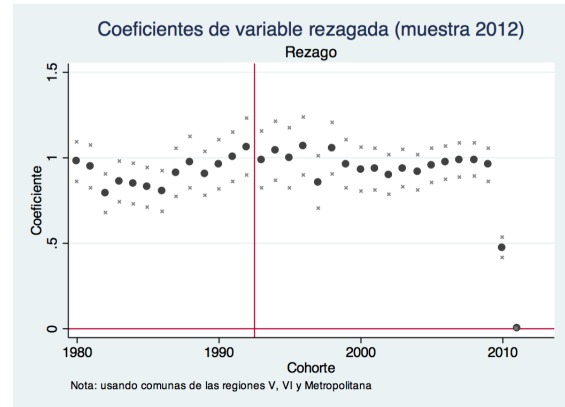
donde $c_{i\tau}^{(t-1)}$ es una variable de rezago que indica la cantidad de autos de la cohorte τ que había el año anterior en la comuna i .

Al hacer esta regresión vamos a encontrar que en caso de que la política ya no siga operando y el parque no cambie absolutamente nada los estimadores van a tener un valor de $\gamma = 1$ y $\beta = \alpha^1 = \alpha^2 = 0$. En caso, en cambio, de que la política siga teniendo efectos sobre el parque vamos a encontrar que $\gamma < 1$ y $\beta \neq 0$.

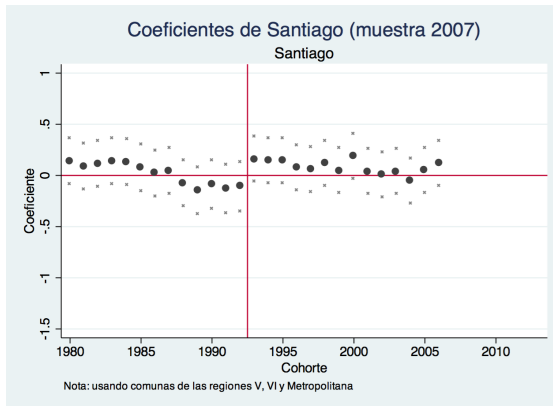
En la Figura 15 vemos que para el año 2007 la estimación de γ es menor que 1, mientras que para el año 2012 su valor no es significativamente distinto de 1. Además la dicontinuidad que encontrabamos antes en los coeficientes β desaparece, lo que significa que para los años con los que contamos la política ya no sigue teniendo un efecto significativo sobre el parque y que lo que hemos estado observando durante el informe son fotos de los efectos de largo plazo de la restricción. En el **Apéndice C, Anexo 4** podemos encontrar información más detallada sobre este ejercicio econométrico. En dicho Anexo podemos ver los coeficientes γ , β y α de todos los años de la muestra. En dichas figuras se observa que en los primeros años



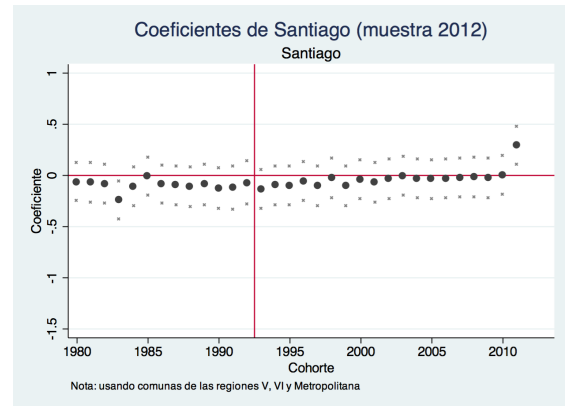
(a) Coeficiente γ para año 2008



(b) Coeficiente γ para año 2012



(c) Coeficiente β para año 2008



(d) Coeficiente β para año 2012

Figura 15: Coeficientes de la regresión por cohorte controlando por rezagos

el efecto de la política (evaluado por la discontinuidad) es pequeño y no significativo y que a medida que pasan los años se termina haciendo totalmente nulo.

5.8. Explotando la discontinuidad en la distribución

Un último ejercicio que se hará para entender mejor los efectos de la política es explotar la distribución del parque en la Región Metropolitana y la discontinuidad que observamos entre las cohortes 1992 y 1993. El ejercicio ideal sería identificar alguna discontinuidad en las distribuciones del parque de la Región Metropolitana de la Figura 6; sin embargo, se hace difícil explotar dicha discontinuidad debido a los shocks específicos de cada una de las cohortes que afectan a todo el país. En el fondo tenemos que el tamaño total de una cohorte del parque automotor a nivel país se ve muy afectado por eventos macroeconómicos, como crisis económicas y otros factores exógenos. Por supuesto que esto puede traer problemas, ya que nos podría llevar a identificar varias discontinuidades en distintas partes de la distribución del parque que no fueron provocadas por la política. Así, como parece haber una discontinui-

dad entre las cohortes 1992 y 1993, yo también podría encontrar una discontinuidad entre las cohortes 1998 y 1999 que probablemente se deba al impacto de la crisis asiática.

Es por eso que el desafío de esta subsección será aislar las discontinuidades que afectan a todo el país de aquellas discontinuidades que son propias de la Región Metropolitana y que, por lo tanto, se deben atribuir a eventos propios de dicha región como la restricción vehicular.

Para eso utilizaremos dos estrategias distintas. En primer lugar visualizaremos una normalización de la distribución que iguala la cantidad de autos que hay en el país de todas las cohortes a 1, obviando así diferencias entre cohortes a nivel país. En segundo lugar, usaremos una estrategia empírica para estimar la cantidad de autos de cada cohorte que debiese haber en cada región y así calcular los residuos de dicha estimación que nos muestran la proporción de autos que ciertas características observables no nos permiten explicar.

En la Figura 16 podemos ver el parque automotor normalizado para la Región Metropolitana. Lo que nos muestra cada una de esas barras corresponde al porcentaje de los autos fabricados un año en particular que se encuentran en la Región Metropolitana. Esta figura es análoga a la Figura 6 que mostramos antes, pero nos muestra el parque como porcentaje de la cohorte que hay en cada zona más que como cantidad total de automóviles.

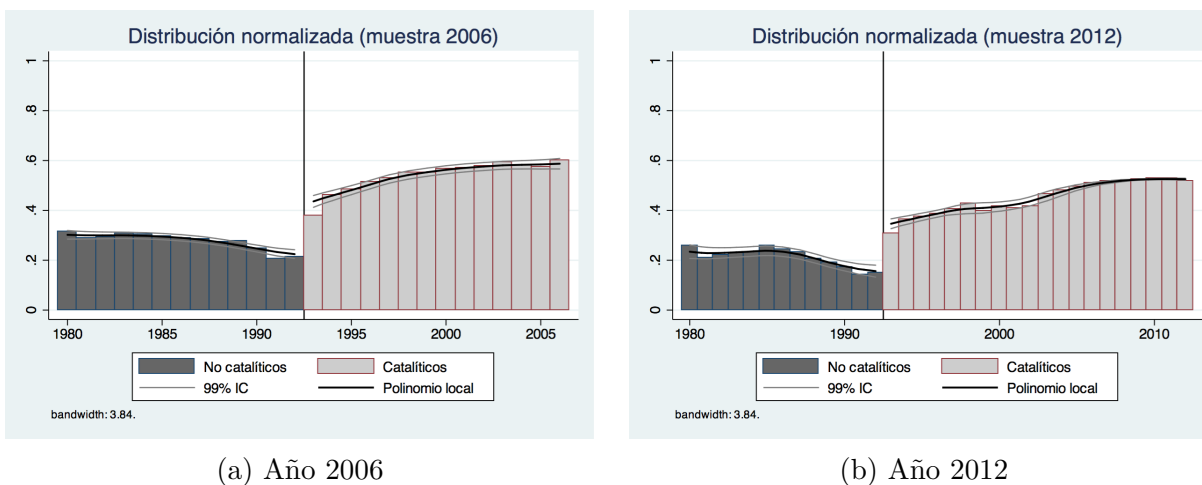


Figura 16: Parque automotor normalizado separado para la Región Metropolitana y el resto del país

Llama la atención la evidente discontinuidad que se genera entre las cohortes 1992 y 1993. La interpretación de este gráfico es que del total de autos fabricados el año 1992, una fracción pequeña se encuentra en la Región Metropolitana, mientras que del total de autos fabricados en el año 1993, una fracción mucho mayor se encuentra en la Región Metropolitana.

Algo que llama bastante la atención es la pendiente negativa que se vuelve a observar en las cohortes de autos no catalíticos. A medida que nos acercamos a la discontinuidad, el

porcentaje perteneciente a la Región Metropolitana se hace menor. Dicho efecto es sin duda muy interesante y nos lleva a pensar nuevamente que son los dueños de autos muy cercanos a la discontinuidad los que tienen mayores incentivos a cambiarse a un auto más limpio, ya que sus costos de cambiarse son también menores.

Uno también podría interpretar que acá está operando una fuerza similar a la de Hoy-No-Circula, en donde algunas personas esquivan la política comprándose un segundo auto más viejo y por lo tanto mucho más barato. Sin embargo, ese efecto no es evidente, ya que debemos recordar que acá estamos observando un parque normalizado y el parque verdadero que se observa en la Figura 5 nos muestra claramente que la cantidad total de autos que hay en el país fabricados entre los años 82 y 86 es muy pequeña y, por lo tanto, es normal encontrar que los porcentajes que se encuentran en Santiago sean mayores, a pesar de que el stock en dicha ciudad es aun menor para esos cohortes.

Una forma más formal de resolver el problema de los shocks que afectan a todo el país es estimando la cantidad de autos de cada cohorte que debería haber en cada región controlando por observables de las regiones como su ingreso y población, usando efectos fijos para cada una de las cohortes para absorber shocks a nivel país y omitiendo controles que manifiesten el uso de la política. Luego, estimando los residuos de dicha regresión vamos a encontrar la porción del parque que no es explicada por factores observables y que será atribuible principalmente a la política u otros acontecimientos propios de cada región. Para eso realizamos la siguiente especificación econométrica en logaritmos:

$$\log(c_{it\tau}) = \alpha_1 \log(Pob_{it}) + \alpha_2 \log(Ingresa_{it}) + \delta_\tau + \epsilon_{it\tau} \quad (6)$$

donde $c_{it\tau}$ es el total de autos de la cohorte τ que hay en la región i el año t . Pob_i e $Ingresa_i$ indican la población e ingreso de la región i en el año t y δ_τ es un efecto fijo que captura todo lo no observable que afectó a cada cohorte en todo el país.

A continuación calculé los residuos $\hat{\epsilon}_{it\tau}$, y debido a que la regresión fue hecha en logaritmos graficaremos su exponencial ($e^{\hat{\epsilon}_{it\tau}}$) de manera de obtener una distribución más clara.

En la Figura 17 podemos observar la distribución de los residuos para la Región Metropolitana. Dichos gráficos nos muestran una vez más una fuerte discontinuidad entre las cohortes 1992 y 1993. Además, en el **Apéndice C, Anexos 5.a y 5.b** podemos encontrar la distribución de los residuos para las otras regiones del país. Una cosa que llama fuertemente la atención es la distribución que encontramos en las regiones I, XI y XII, las que poseen gran cantidad de vehículos antiguos que no están siendo explicadas por los factores por los que controlamos. Este fenómeno se debe a que en esas regiones está permitido el uso de autos comprados en la zona franca, un sector ubicado tanto en Iquique como en Punta Arenas en donde sí se permite la importación de autos usados desde el extranjero, pero su uso se

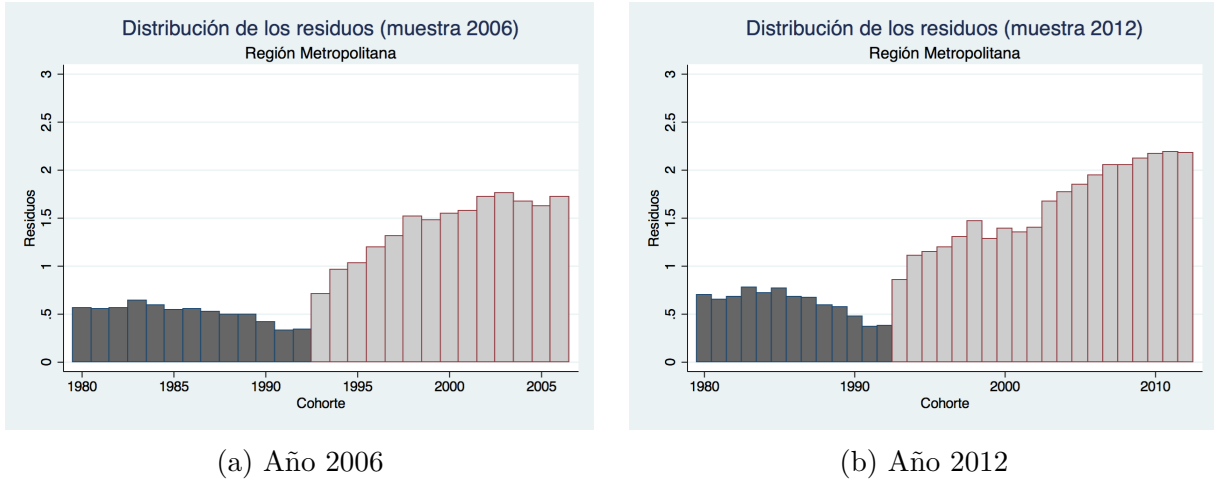


Figura 17: Distribución de los residuos de la regresión para la Región Metropolitana.

debe limitar a esas regiones. El resto de las regiones, en cambio, muestran una distribución bastante continua con excepción de la Región Metropolitana, que es justamente la región afectada por la restricción.

Formalizando el procedimiento para detectar la discontinuidad, seguimos la metodología propuesta por McCrary (2008). Los resultados se muestran en la Figura 18.

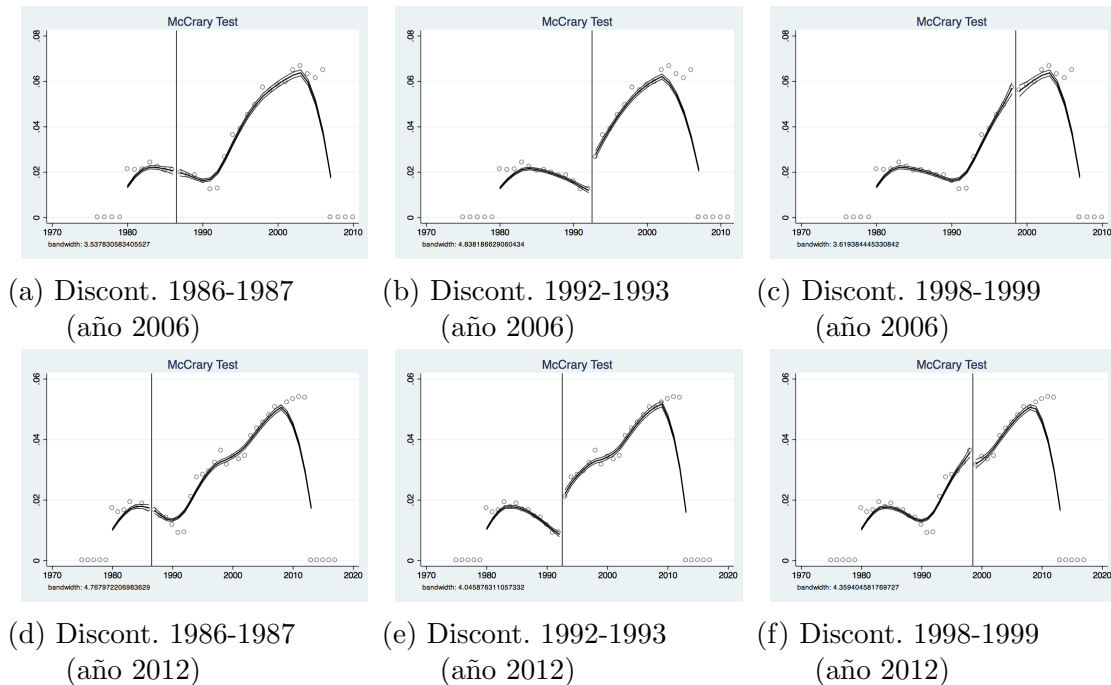


Figura 18: Discontinuidad usando test propuesto en McCrary (2008).

Nuevamente nos encontramos con una discontinuidad importante en la distribución que nos permite concluir que existe un salto discreto en la decisión de tener autos fabricados en

	1986-1987	1992-1993	1998-1999		1986-1987	1992-1993	1998-1999
$\hat{\theta}$ ($\hat{\sigma}_{\theta}$)	-0.0123 (0.0694)	0.8024 (0.0693)	-0.0912 (0.0418)	$\hat{\theta}$ ($\hat{\sigma}_{\theta}$)	0.0101 (0.0537)	0.9277 (0.0710)	-0.1639 (0.0398)

(a) Resultados del test año 2006

(b) Resultados del test año 2012

Cuadro 4: Resultados del test propuesto en McCrary (2008)

el año 1992 con respecto a tener uno de 1993.

Para cerrar el trabajo realizado en esta sección cabe destacar que los resultados encontrados con los diversos ejercicios nos muestran una fuerte caída en la cantidad de autos no catalíticos que encontramos en las comunas de la Región Metropolitana. Sin embargo, aún quedan interesantes preguntas por contestar. A pesar de que esta evidencia respalda fuertemente la hipótesis de que en Santiago se observa menor cantidad de autos no catalíticos que en regiones, aún no hemos podido identificar las causas de estos resultados.

- Por un lado, tenemos que la integración de los mercados podría haber reducido los precios de los autos usados a los que podía acceder la gente de regiones. Esto llevaría entonces a que los autos no catalíticos que originalmente estaban en Santiago se hayan terminado por transportar a regiones, ampliando así estas diferencias que observamos entre Santiago y regiones para autos no catalíticos. Resultado consistente al encontrado en el modelo teórico.
- Por otro lado, podríamos tener que la diferencia que observamos entre regiones y Santiago se debe a que la política hizo que la gente de Santiago se deshiciera de sus autos no afectando en nada el parque de regiones. Este mecanismo no está incorporado en el modelo teórico por la forma en el que se construyó y, sin embargo, podría estar operando igual.

En las secciones que siguen intentaremos ir respondiendo a estas preguntas mediante el estudio de los precios de los automóviles y las decisiones de chatarra que los afectan. De esa manera podremos entender mejor de qué manera la política logró disminuir la cantidad relativa de autos no catalíticos que hay en Santiago y qué implicancias tiene a nivel global. Además podremos corroborar los resultados del modelo y entender mejor si los supuestos realizados son realistas.

6. Integración de mercados

En la sección anterior mostramos evidencia de que la política resultó en una limpieza del parque automotor en la provincia de Santiago. Este resultado, sin embargo, no es para nada obvio. Es intuitivo entender que la aplicación de la política hizo bajar la valoración de los individuos por los autos no catalíticos, ya que ésta aumenta el costo de utilizarlos. Si pensamos en Santiago como una economía cerrada al mercado de los autos usados, podríamos haber esperado que dicha disminución en valoración viniera acompañada de una disminución en los precios de los automóviles no catalíticos. Luego, en equilibrio no se tendría por qué haber limpiado el parque, ya que la disminución de su valor, acompañada por una caída en precios, los podría haber hecho accesibles a una población de gente con menores recursos y que antes no tenía acceso a ningún tipo de auto. Este resultado es consistente con lo encontrado en la sección 3.1.2, donde nuestro modelo teórico sugería que para una economía cerrada la política lleva a un aumento del parque más que a su limpieza. Sin embargo, lo que se observa en los datos es que los vehículos no catalíticos no se quedaron en Santiago y posiblemente emigraron a otras provincias debido a la diferencia de valoración que se produjo. Para entender qué tan fuerte puede haber sido este efecto de emigración, necesitamos saber qué tan integrados están los mercados de autos usados entre Santiago y el resto del país.

Como vimos en el modelo teórico de la sección 3, en caso de tener ciudades con mercados de autos usados no integrados esperaríamos ver una diferencia grande en los precios de dichos autos. Esta diferencia estaría producida por una disminución de los precios en Santiago y la imposibilidad del resto de las regiones de arbitrar dichos precios. Cuando modelamos el escenario con mercados integrados, en cambio, el modelo nos muestra que los precios tienden a igualarse (no completamente en caso de costos de transacción como los modelados en el **Anexo A**) y eso permite una emigración de los autos no catalíticos desde Santiago a regiones.

El objetivo de esta sección es poder determinar si existió un proceso de arbitraje en los precios de los autos no catalíticos de Santiago y el resto de Chile. De esta manera podremos entender qué tan integrados están los mercados de autos usados y así comprender un elemento que fue vital en el éxito de la política.

Para eso utilizamos una base de datos con las publicaciones de ofertas de autos usados en las semanas 35, 36, 37 y 38 del año 2013 de los portales *chileautos*, *emol*, *autolocal*, *tacometro*, *autoalaventa*, *elrastros*, *mercadolibre*, *demotores*, *crediautos*, *confoto* y *yapo*. En total suman 53.915 observaciones, con 230 modelos distintos fabricados entre los años 1990 y 1995. La base contiene información de la región donde el auto está a la venta, el año de fabricación, el modelo, la marca y el precio del automóvil.

Sin embargo, muchos de estos modelos no tienen suficientes muestras o no fueron fabricados en todos los años que tenemos en la base. Obviamente, no podemos comparar un auto fabricado el año 93 de una marca en particular con otro auto fabricado el año 92 de otra marca distinta. Para no tener este problema se hizo una limpieza de la base y nos quedamos solamente con aquellas marcas que se repiten más de 500 veces en la base. Luego, de las marcas que cumplían con dichas características elegimos aquellas que podíamos encontrar tanto en la Región Metropolitana como en la V o VI región. El detalle se muestra en el **Apéndice C, Anexo 6**. En dicho anexo se presenta un cuadro con las marcas que más se repetían en las observaciones. De ellas sólo nos quedamos con las que nos permitían tener un panel balanceado y descartamos además aquellos modelos que no correspondían a autos de pasajeros livianos y que por ende no estaban sometidos al Decreto 211 de 1991.

Para entender lo que subyace los datos realizamos los siguiente modelos econométricos:

$$\log(P_{im\tau}) = \alpha_0 + \alpha_1 RM_{im\tau} + \alpha_2 NoCatalitico_{\tau} + \alpha_3 RM_{im\tau} * NoCatalitico_{\tau} + \delta_m + \epsilon_{im\tau} \quad (7)$$

$$\log(P_{im\tau}) = \alpha_0 + \alpha_1 RM_{im\tau} + \alpha_3 RM_{im\tau} * NoCatalitico_{\tau} + \delta_m + d_{\tau} + \epsilon_{im\tau} \quad (8)$$

donde $P_{im\tau}$ es el precio del auto i del modelo m fabricado el año τ , $RM_{im\tau}$ es una *dummy* que vale 1 si el auto i del modelo m fabricado en el año τ está a la venta en la Región Metropolitana, $NoCatalitico_{im\tau}$ es una *dummy* que vale 1 si el auto fue fabricado en el año $\tau = 1992$ o antes, δ_m es un efecto fijo modelo y d_{τ} es un efecto fijo para el año de fabricación.

Cuadro 5: Diferencias de precios en Santiago y regiones.

	(1)	(2)	(3)	(4)
RM	0.0283*** (0.007)	-0.0284*** (0.006)	0.00392 (0.008)	0.00299 (0.008)
NoCatalitico		-0.261*** (0.006)	-0.216*** (0.010)	
RM * NoCatalitico			-0.0718*** (0.012)	-0.0659*** (0.012)
Efectos fijos	δ_m	δ_m	δ_m	δ_m, d_{τ}
Observations	5964	5964	5964	5964
R^2	0.620	0.708	0.709	0.741

Standard errors in parentheses

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

En el Cuadro 5 encontramos los resultados de las ecuaciones (7) y (8). En la columna (1)

sólo usamos efecto fijo modelo y la *dummy* $RM_{im\tau}$. El coeficiente es levemente positivo y no significativo. Sin duda alguna, dicho coeficiente está sesgado ya que estamos omitiendo una serie de variables importantes y, por ejemplo, que en Santiago encontremos mayor cantidad de autos catalíticos que en el resto de las regiones va a sobreestimar el coeficiente.

En la columna (2) agregamos un control para los autos no catalíticos y en la (3) agregamos además la interacción de ambas variables. Los resultados nos muestran que los autos en Santiago son más baratos que en regiones cuando no controlamos por el elemento cruzado y por el hecho que los autos no catalíticos son más baratos que los catalíticos. Una vez más el coeficiente de $RM_{im\tau}$ va a estar sesgado, pero ahora en otra dirección, debido a la omisión de la interacción. Cuando controlamos por la interacción en la columna (3) encontramos que el coeficiente de $RM_{im\tau}$ no es significativo, que los autos no catalíticos son más baratos y que un auto no catalítico es aun más barato por el hecho de estar vendiéndose en Santiago. Dicha columna sugiere que los vehículos no catalíticos son cerca de 20 % más baratos, pero cabe destacar que dicho fenómeno se debe tanto a su condición de no catalíticos como al hecho de que dichos autos son más viejos.

Para corregir ese problema de edad usamos la ecuación (8) en donde se incorporan efectos fijos por cohorte. Los resultados, que se muestran en la columna (4) nos siguen mostrando que en Santiago los autos no son significativamente más baratos y los no catalíticos son cerca de 7 % más baratos cuando se venden en Santiago.

Una potencial fuente de sesgo en esta regresión consiste en que no tenemos un panel que tenga la misma cantidad de autos para cada marca, año de fabricación y región. Para solucionar esto volveremos a hacer las mismas regresiones pero esta vez trabajando con los precios promedio de dichos automóviles. En el **Apéndice C, Anexo 7** se pueden apreciar los precios promedio de cada marca, para cada año y en cada región donde se venden los autos. Dicha tabla será el panel que se usará en las regresiones siguientes, que corresponde a un panel con 120 observaciones.

Además planteamos una última especificación econométrica que, a pesar de ser un poco más compleja, nos entrega mayor información sobre las diferencias de precios entre autos no catalíticos y catalíticos cuando se venden en la Región Metropolitana o regiones.

$$\log P_{im\tau} = \alpha_0 + \sum_{\tau=1991}^{1995} \beta_{\tau} d_{\tau} + \sum_{\tau=1990}^{1995} \gamma_{\tau} (d_{\tau} * RM_{im\tau}) + \delta_m + \epsilon_{im\tau} \quad (9)$$

donde $P_{im\tau}$ es el precio del auto i del modelo m fabricado el año τ , $RM_{im\tau}$ es una *dummy* que vale 1 si el auto i del modelo m fabricado en el año τ está a la venta en la Región Metropolitana, d_{τ} es una *dummy* que vale 1 si el auto fue fabricado en el año τ y δ_m es un efecto fijo modelo.

La ventaja de esta especificación es que nos permite identificar cómo afecta en el precio “estar siendo vendido en Santiago” a cada una de las cohortes. El coeficiente β va a mostrar el efecto fijo cohorte, es decir, cómo cambian los precios con la antigüedad de los autos, mientras que γ indica cómo cambian los precios de los autos en Santiago para cada una de las cohortes.

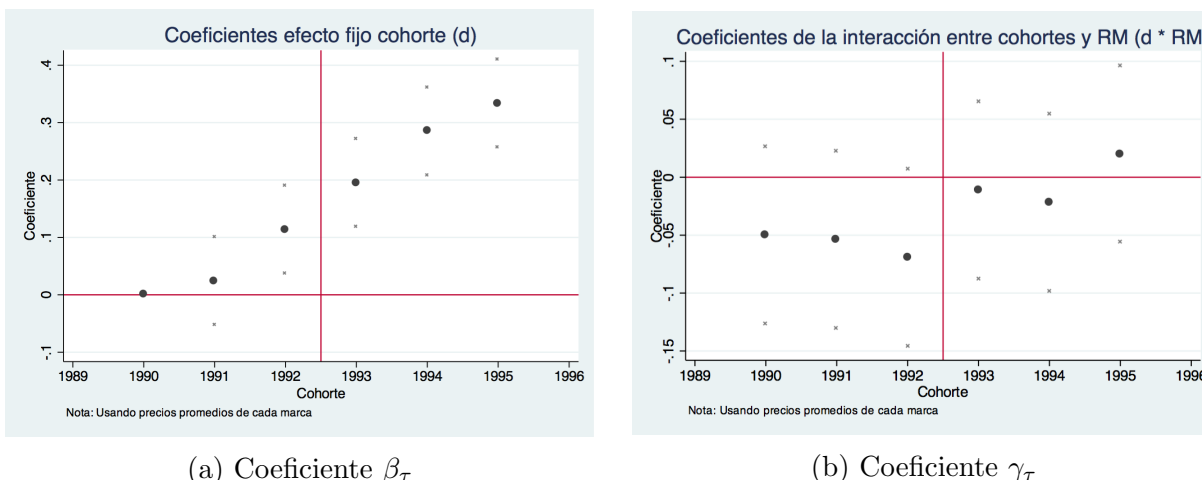


Figura 19: Coeficientes de la regresión de la ecuación (9)

En la Figura 19 encontramos los valores para dichas cohortes. En primer lugar, notamos que efectivamente los autos suben de precio a medida que son más nuevos. Sin embargo, no se aprecia un salto discontinuo en los precios en los años 92 y 93. Por otro lado sí tenemos que los autos fabricados antes del año 93 son más baratos en Santiago, mientras que los autos fabricados posteriormente valen lo mismo en Santiago que en regiones. La pérdida de observaciones y la gran cantidad de efectos fijos que usamos nos hacen perder grados de libertad, aumentando la varianza de los estimadores y perdiendo significancia en la estimación de los coeficientes. Sin embargo, en términos de media los resultados muestran cerca de un 5 % menos en el precio de los autos no catalíticos en la Región Metropolitana. Si pensamos que estos autos tienen un precio promedio de \$1.100.000 estamos hablando de una diferencia de precio cercana a los \$55.000, consistente con los costos de transporte y otros costos que existen al ir desde las regiones V o VI hacia Santiago para comprar un auto y mucho menor a las diferencias de precios que uno esperaría encontrar en una economía cerrada luego de la implementación de una política que impide usar el vehículo un 40 % de los días laborales. En el **Apéndice C, Anexo 8** se encuentran los valores de los coeficientes de esta especificación econométrica usando los paneles presentados en los dos ejercicios realizados.

Los resultados muestran que, a pesar de no haber integración perfecta, los mercados están bastante arbitrados y nos llevan a pensar que es totalmente posible pensar que los autos no

catalíticos que había en Santiago migraron hacia otras ciudades que no estaban sometidas a la restricción vehicular.

Cabe destacar además que la diferencia de precios puede estar siendo sobreestimada. Es fácil pensar que si en Santiago tengo una restricción que me impide usar el auto, los incentivos a comprarme un auto muy equipado son menores que en regiones. Eso puede estar haciendo que los autos de una marca dada y fabricados en un año dado estén mejor equipados en regiones y sea eso lo que hace que sus precios parezcan mayores, lo que hace más fuerte aun el argumento a favor de un buen arbitraje de los mercados.

7. Decisiones de chatarraje

Una vez comprendido el comportamiento de los mercados en donde se muestra un alto grado de arbitraje se levanta una nueva pregunta. Entendiendo que la política probablamente incentivó a que los vehículos sin convertidor catalítico emigraran de Santiago hacia otras regiones, podríamos concluir entonces que la política implementada como lo fue sólo tuvo efectos positivos locales, ya que a nivel global (en todo el país) lo que se produjo fue simplemente una redistribución del parque automotor y, por lo tanto, una redistribución de las fuentes de emisión.

Sin embargo, existe la posibilidad de que la restricción vehicular haya aplazado o adelantado las decisiones de chatarraje en los autos no catalíticos. En Jacobsen and van Benthem (2013), los autores estiman la sensibilidad de las decisiones de chatarraje frente a políticas que buscan desincentivar el uso de la gasolina. Hacen mención a un concepto que se conoce como *Gruenspecht effect* y que consiste en que cuando los precios de los vehículos nuevos aumentan debido a regulaciones de gasolina, el precio de los vehículos usados también aumenta, aplazando así la decisión de los dueños de deshacerse de sus vehículos.

Un efecto similar podríamos estar viendo en nuestro caso. Acá hay dos efectos, por un lado la política les quita valor a los autos antiguos y eso llevaría a un adelantamiento de la decisión de enviarlos a la chatarra. Por otro lado, en cambio, el hecho de que un vehículo usado me sirva para esquivar la restricción puede hacer que yo lo quiera seguir guardando a pesar de que casi no lo use, ya que me puede servir en esos días en que no puedo usar mi otro automóvil. Esta fuerza no está incorporada en el modelo teórico de la sección 3 y podría cambiar un poco los resultados, por lo que es importante testear empíricamente esta segunda hipótesis.

Lamentablemente no contamos con datos de las ventas anuales de autos en Chile, pero usando nuestra base de datos del parque automotor desde el año 2006 al 2012 podemos estimar si existen diferencias en las decisiones de chatarraje entre los autos fabricados en 1992

con aquellos hechos en 1993. El hecho de que no se puedan importar autos usados a Chile nos permite obtener una buena idea de la velocidad con que dichos autos están desapareciendo del parque mediante la simple comparación de sus niveles. Para eso eliminamos de la muestra las regiones I, XV, XI y XII y comparamos el porcentaje de autos de cada cohorte que encontramos el año 2012, comparado con los que había el 2006.

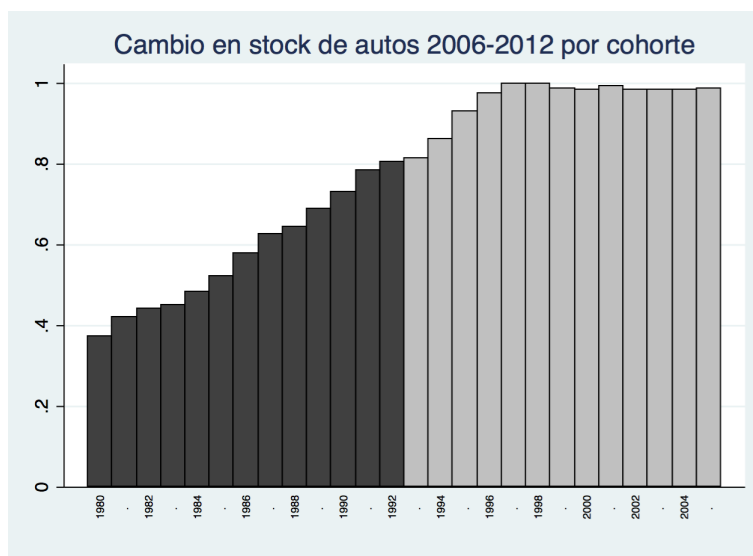


Figura 20: Porcentaje de autos que había el año 2006 y sigue el 2012.

Como podemos ver en la Figura 20, no parece haber una discontinuidad en la velocidad a la que la gente se deshace de los autos no catalíticos con respecto a aquellos con convertidor catalítico. A pesar de que este gráfico no es evidencia suficiente, ya que el envío de dichos autos a chatarra se puede haber producido antes de 2006, nos da una idea de que al menos hoy las decisiones de desarmar un auto no dependen de su convertidor catalítico.

Sería bueno en el futuro poder conseguir datos de las ventas anuales que hubo en el país en el pasado, de manera de poder comparar la cantidad de autos que quedan hoy circulando con la cantidad de autos que se compró inicialmente en Chile.

Las conclusiones de esta sección, sin embargo, son que la política parece no haber cambiado las decisiones de chatarraje de las personas, lo que reafirma nuestra hipótesis y deja como única explicación posible a la menor cantidad de autos no catalíticos observada en Santiago la emigración de éstos desde Santiago hacia regiones.

8. Conclusiones

Mediante esta investigación hemos logrado entender mejor los efectos de largo plazo que tuvo la política de restricción vehicular permanente a vehículos no catalíticos implementada en Chile a partir de los años 90. El análisis econométrico nos muestra que en las comunas de Santiago mucha gente optó por cambiarse a un auto catalítico de modo de evitar la restricción. Varios elementos claves resaltan en el análisis y la evaluación de la política.

En primer lugar tenemos que, a diferencia de la implementación de políticas de restricción en otros países, la restricción vehicular en Chile no buscaba necesariamente reducir los niveles de flujo vehicular, sino que más bien buscaba generar una renovación del parque incentivando el uso de una nueva tecnología. Este elemento es una pieza clave de la política, ya que les daba a los agentes una válvula de escape para evitar la restricción a través de la nueva tecnología y no tuvieron la necesidad de comprarse más autos usados que muchas veces podían ser de peor calidad ambiental, como pasó en otros lugares, como por ejemplo Ciudad de México. A pesar de observar una sustitución importante del parque, el efecto no es transversal en todas las cohortes de automóviles. Los resultados nos muestran efectivamente una menor cantidad de autos no catalíticos en Santiago para aquellas cohortes cercanas a 1992, mientras que para cohortes más antiguas el efecto se ve atenuado. Esto nos ayuda a afirmar la atenuación del efecto visto en HNC debido a la sustitución de la nueva tecnología, mas no nos permite asumir que dicho efecto fue totalmente eliminado.

Otro elemento clave de este caso consiste en la estructura geográfica y demográfica que tiene Chile, que permitieron una buena implementación de la política. Una vez implementada la restricción, las personas disminuyeron su valoración por los autos no catalíticos, incentivando así el cambio a una nueva tecnología más limpia. Dicha disminución en valoración generalmente viene acompañada de una caída en los precios. En una economía cerrada en el mercado de autos usados (como por ejemplo en una isla) esta caída en los precios de los automóviles sin convertidor catalítico los hubiese hecho más accesibles a gente que antes no tenía el presupuesto para comprarse un auto. En ese caso podríamos haber terminado observando un aumento en el parque, en donde gente con ingresos altos cambiaba su auto no catalítico por uno con convertidor y los autos no catalíticos que antes eran usados por ellos se quedaban en la ciudad en manos de gente con menores ingresos y que antes no tenía autos. En ese sentido fue esencial que existiera un mercado integrado de autos usados entre la Región Metropolitana y el resto de las regiones, ya que permitió que los autos no catalíticos se fueran de Santiago a otras regiones donde la valoración por ellos no era menor, haciendo así que la caída en precios de los autos no fuera tan grande. Si Santiago hubiese sido una ciudad que representaba a un porcentaje demasiado grande de la población nacional, enton-

ces la política tampoco hubiese tenido los mismos efectos, ya que las comunas regionales no hubiesen sido capaces de absorber el exceso de oferta por autos no catalíticos que llegaba desde Santiago.

Un tercer factor importante corresponde al rol que juega la heterogeneidad de ingresos en la respuesta de la política. La implementación de la restricción permitió que las comunas más ricas de Santiago adquirieran la nueva tecnología de manera mucho más rápida, renovando parte importante de su parque. En comunas más pobres en cambio los efectos de la política no son tan fuertes, principalmente debido a que existe una segunda alternativa para evadir la política consistente en la adquisición de un segundo auto más barato y más sucio que pasa a ser una alternativa válida para comunas con menores ingresos. Es importante, por lo mismo, que la política venga acompañada de una alternativa válida de transporte público que genere los incentivos necesarios para que las personas que no tienen acceso a los vehículos limpios tengan una alternativa de transporte que genere los incentivos correctos.

Otro resultado interesante que encontramos en el trabajo es la relación significativa que existe entre la distancia entre comunas no afectadas por la política y aquellas que sí fueron intervenidas. Cuando estudiamos la proporción de vehículos no catalíticos que se observan en las comunas y controlamos por la distancia que hay desde las comunas a Santiago, vemos que tenemos una relación cuadrática. La intuición que hay detrás de este resultado es que las comunas que se encuentran muy cerca de la capital se ven afectadas indirectamente por la política, ya que sus frecuentes viajes a Santiago los hacen valorar menos un tipo de vehículo que va a estar sometido a una restricción. Por otro lado, las comunas que se encuentran demasiado lejos de Santiago tienen costos de transacción muy altos a la hora de comprar un vehículo usado, lo que derivó en que los autos no catalíticos de Santiago terminaran emigrando a comunas que no quedaban ni muy cerca ni muy lejos de la capital.

Finalmente, cabe destacar que mediante esta investigación hemos podido entender los efectos que tuvo la restricción vehicular en Santiago y algunos elementos claves de su implementación que permitieron lograr buenos resultados. Es clave entender que la buena integración de los mercados permitió limpiar el parque en Santiago mediante el éxodo de los autos más sucios a otras regiones del país. A pesar de que la política cumple muy bien con su función de solucionar un problema de contaminación local en Santiago, aún no es claro que haya tenido efectos positivos a nivel global, en donde lo único que se logró fue redistribuir la contaminación entre las distintas regiones del país. Esperemos que entendiendo si la política tuvo efectos positivos sobre las decisiones de chatarra de dichos vehículos podamos entender mejor este mecanismo y así tener una mejor idea de los efectos globales que tuvo la política de restricción implementada en Santiago.

Referencias

- [1] Atal, R. (2009), Efectos de las medidas de Gestión de Episodios Críticos en la Calidad del Aire en Santiago, Tesis de Magíster, Escuela de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [2] Caffera, M. (2011), The use of economic instruments for pollution control in Latin America: Lessons for future policy design, *Environment and Development Economics* 16, 247-273.
- [3] Cantillo, V., and J.D. Ortuzar (2011), Restricting cars by license plate numbers: An erroneous policy for dealing with transport externalities, mimeo, Universidad del Norte, Colombia.
- [4] Davis, L. (2008), The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City, *Journal of Political Economy* 116, 38-81
- [5] de Grange, L. and R. Troncoso (2010), Impacto de la Restricción Vehicular sobre los Flujos en el Transporte Urbano de Santiago
- [6] Eberly, J. (1994), Adjustment of consumers' durables stocks: Evidence from automobile purchases, *Journal of Political Economy* 102, 403-436.
- [7] Eskeland, G., and T. Feyzioglu (1997), Rationing can backfire: The "day without a car" in Mexico City, *World Bank Economic Review* 11, 383-408.
- [8] Gallego, F., J.-P. Montero and C. Salas (2013), The Effect of Transport Policies on Car Use: A Bundling Model with Applications, *Energy Economics*, forthcoming.
- [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*, forthcoming.
- [10] Jacobsen, M and A. van Benthem (2013), Vehicle scrappage and gasoline policy, National Bureau of Economic Research, Working Paper 19055
- [11] McCrary, J (2008), Manipulation of the running variable in the regression discontinuity design: A density test, *Journal of Econometrics* 142, 698-714
- [12] Molina, L., and M. Molina (2002), Eds., *Air Quality in the Mexico Megacity: An Integrated Assessment*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [13] Onursal, B. and S.P. Gautam (1997), Vehicular air pollution: Experiences from seven Latin American urban centers, World Bank Technical Paper No. 373, Washington, DC

Apéndice A

Estáticas comparativas del modelo teórico

Respuesta con distintos tamaños relativos de las ciudades

La primera estática comparativa que se presenta consiste en variar el parámetro ϕ , que indica el tamaño que tiene la ciudad en donde se aplica la política con respecto a todo el país. Entender la implicancia de este parámetro es de gran importancia puesto que probablemente no sea lo mismo aplicar la restricción en un pueblo pequeño, cuyo parque de vehículos usados puede ser fácilmente absorbido por el resto del país, que aplicarla en una ciudad como Santiago, que representa casi a la mitad del parque automotor total de Chile.

En este modelo vamos a tener que:

- Cuando $\phi = 0$, estamos en el caso en que hay una sola economía a la que no se le aplicó la política.
- Cuando $\phi = 1$, estamos en el caso opuesto, donde existe una sola economía en donde sí se aplicó la política.

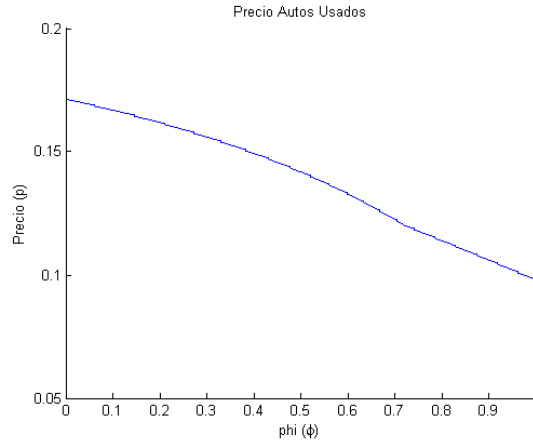


Figura 21: Precios de autos usados con distinta proporción ϕ .

Como podemos ver en la Figura 21, a medida que aumenta el tamaño de la ciudad tratada, los precios de los autos usados en el segundo periodo disminuyen. Esto es intuitivo, ya que son más las personas a las que les estoy disminuyendo su valoración por autos usados y, por ende, los precios disminuyen consistentemente.

En la Figura 22 podemos hacernos una idea de cómo termina siendo el parque automotor en los distintos escenarios. $\tilde{w} - \hat{w}$ representa la cantidad de autos viejos por habitante que

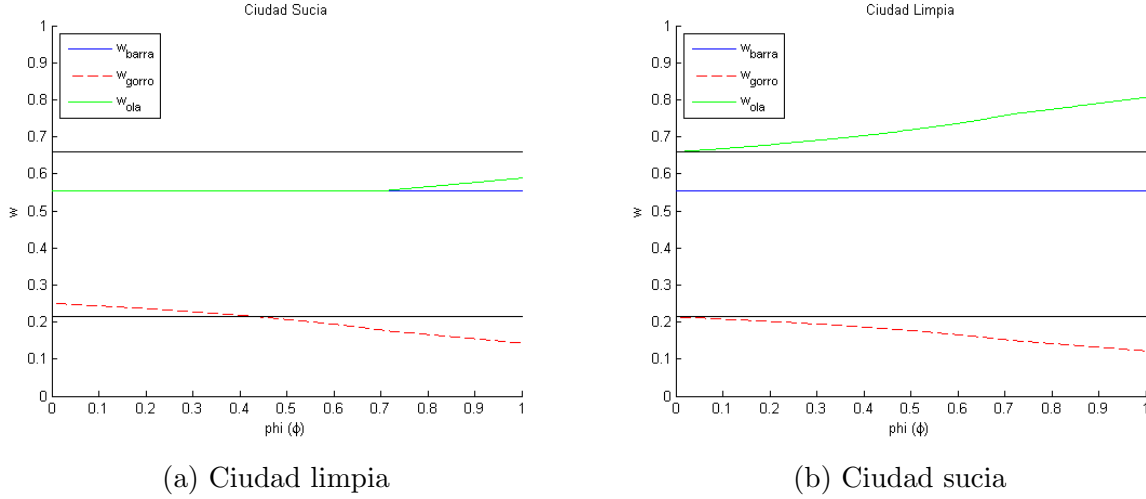


Figura 22: Distribución del parque automotor con distinta proporción ϕ .

hay en cada una de las ciudades, mientras que $1 - \hat{w}$ representa la cantidad de autos nuevos que hay por habitante en cada lugar. Finalmente, tenemos que $1 - \tilde{w}$ es el total de autos por habitantes que hay en cada ciudad.

En negro se muestra en las figuras el valor que hubiese tenido $\tilde{w}$ y $\hat{w}$ en ausencia de la regulación.

Un punto importante y que vale la pena señalar es que cuando $\phi \rightarrow 0$, tenemos que la ciudad contaminada es pequeña y en ese caso la política aparece como una política muy efectiva, ya que por un lado no distorsiona el parque de la ciudad limpia (debido a que la ciudad limpia es demasiado grande) y, por otro lado, reduce el parque total de la ciudad sucia, además de limpiarlo fuertemente.

Sin embargo, a medida que la ciudad sucia empieza a formar una parte más importante de la economía total, efectos adversos empiezan a surgir, como un aumento del parque total y un empeoramiento notorio del parque de la ciudad limpia, a tal punto que cuando $\phi \rightarrow 1$ tenemos que la ciudad limpia queda con un parque grande y sucio (debido al bajo precios de dichos autos), mientras que la ciudad sucia no se logra deshacer prácticamente de ningún auto sucio y su parque total aumenta considerablemente (es análogo al caso de una economía cerrada y tratada).

Cambiando el impacto de la política (la intensidad de la restricción)

Ahora haremos variar el valor que adquiere δ en $T = 2$ para la ciudad tratada. Para eso vamos a volver a fijar $\phi = 0,5$. Cabe destacar que el valor de δ en la ciudad limpia sigue siendo $\delta_1 = 0,3$, por lo que valores de δ_2 menores a 0,3 se deben interpretar como un “subsidio” a los autos usados. Es decir, mi valoración por ellos es mayor de la que hubiese

sido sin la implementación de la política. El caso en donde $\delta_2 = 0,3$ corresponde al caso en el cual no se aplica política, mientras que el caso extremo en donde $\delta_2 = 1$ corresponde a un caso en donde los vehículos usados no dan nada de utilidad. Es decir, su uso está totalmente prohibido.

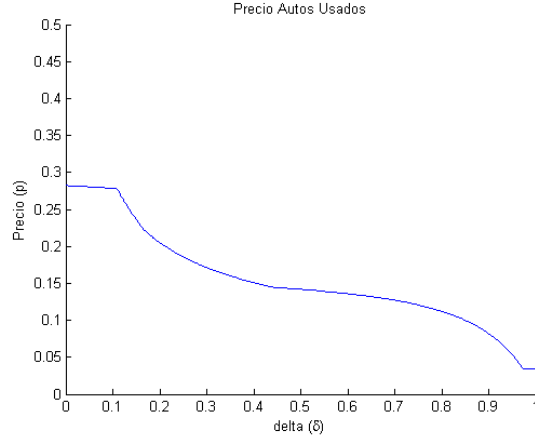


Figura 23: Precios de autos usados con distinta política δ_2 .

La Figura 23 muestra cómo cambian los precios de equilibrio a medida que va variando la intensidad de la política. Vemos que para los valores extremos de δ_2 los precios se estancan, debido a que el espacio en el que se mueven los salarios de los individuos y, por lo tanto, las decisiones que éstos toman, está acotado.

La Figura 24 muestra las decisiones de los individuos para los distintos valores de δ_2 .

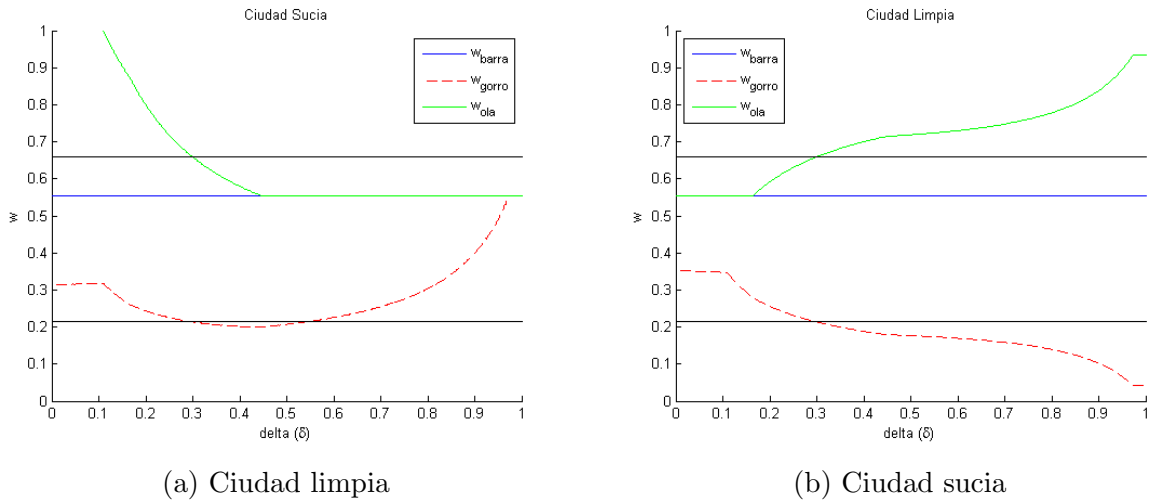


Figura 24: Distribución del parque automotor con distinta política δ .

En primer lugar que, tal como esperábamos, para $\delta_2 = 0,3$ obtenemos los mismos resul-

tados que hubiésemos obtenido en ausencia de política. A medida que empieza a aplicarse la política los individuos de la ciudad sucia incrementan la oferta por vehículos usados, comprándose más autos nuevos. Esto hace que la curva de $\hat{w}$ se mueva en un comienzo hacia abajo. Sin embargo, cuando δ_2 se hace demasiado grande, ya nadie en la ciudad sucia quiere tener autos usados y la curva de $\hat{w}$ cambia la pendiente, aumentando su valor a medida que δ_2 aumenta. En el caso extremo donde $\delta_2 = 1$, nadie en la ciudad sucia quiere tener autos usados y por lo tanto todos se mueven hacia la ciudad que en un principio era limpia. Eso hace disminuir los incentivos de los agentes con altos ingresos de la ciudad limpia a comprarse autos nuevos y, por lo tanto, terminamos con un parque total más pequeño, pero más sucio. Por otro lado, la ausencia de autos viejos en la ciudad sucia se debe principalmente a que la gente de menores recursos terminó quedándose sin autos, ya que no tenía ingresos suficientes para preferir comprarse un auto nuevo y el auto usado no le sirve prácticamente de nada.

Fricciones en los mercados (costos de transporte)

Ahora, volviendo al caso en que $\phi = 0,5$ y $\delta_2 = 0,5$, vamos a un mundo en donde las economías no están 100% integradas. Eso llevará a que se generen fricciones entre los mercados y los precios en ambas ciudades no se igualen.

Para generar estas fricciones, vamos a suponer que existe un costo fijo de comprar un auto en la otra ciudad, lo que hará que el precio efectivo de compra aumente.

Las ecuaciones de demanda y oferta son distintas ahora para cada una de las economías y van a estar determinadas por el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$\begin{aligned} S(p_1, p_2) &= 1 - (1 - \phi)F(\tilde{w}_1(p_1)) - \phi F(\tilde{w}_2(p_2)) \\ D(p_1, p_2) &= F(\bar{w}) - (1 - \phi)F(\hat{w}_1(p_1)) - \phi F(\hat{w}_2(p_2)) \\ p_1 &= p_2 + c \end{aligned}$$

Estas ecuaciones son las que regirán el sistema cuando las exportaciones se produzcan de la ciudad sucia a la limpia, lo que hará que los precios en la ciudad limpia sean c unidades más caros. Sin embargo, si los costos de transporte crecen demasiado, entonces la gente de la ciudad limpia no estará dispuesta a ir a comprar autos a la economía sucia y, por lo tanto, caeremos en un caso similar al de las economías cerradas.

En la Figura 25 podemos observar el diferencial de precios de ambas economías que aumenta a medida que aumentan los costos de transacción. Sin embargo, a partir de un costo $\bar{c}$, tenemos que los precios se estancarán y estaremos en el caso de dos economías cerradas que no transan entre sí.

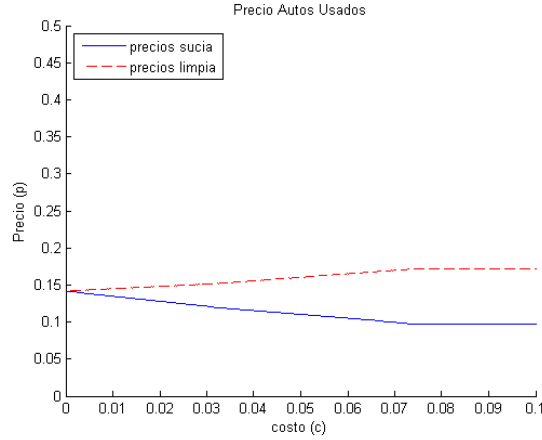


Figura 25: Precios de autos usados con distintos costos de transacción.

Es fácil pensar que en cualquier país existen distintos costos al momento de comprar autos usados de una ciudad a otra. Es evidente que hay un costo asociado al transporte del mismo bien, pero por otro lado también surgen una serie de costos propios de las asimetrías de información en donde al comprar un auto usado a uno le interesa poder ver al vendedor y el auto antes de realizar la transacción, por lo que comprar un auto de otra ciudad muchas veces implica realizar un viaje para ver el producto sin que haya certeza de si su compra se realizará o no.

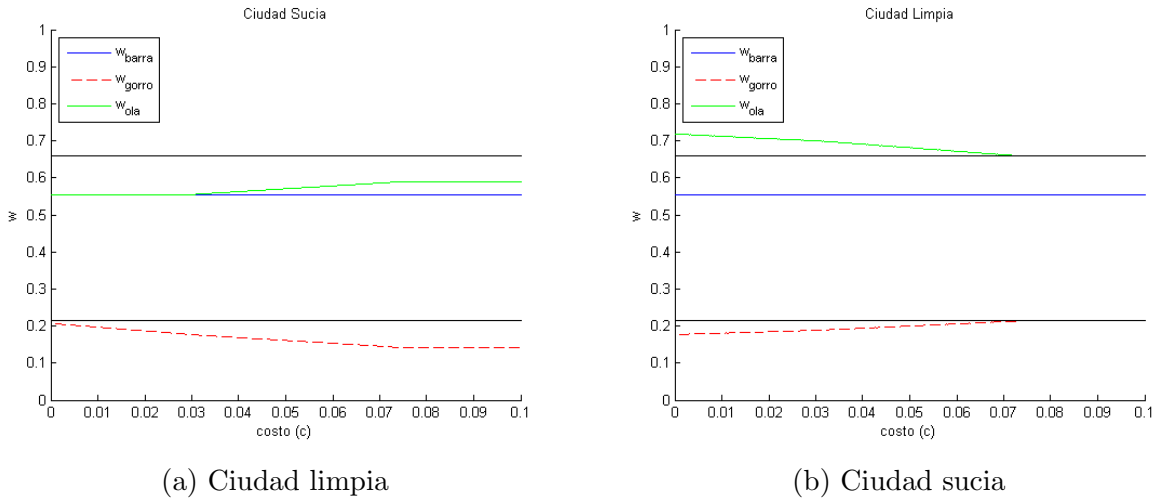


Figura 26: Distribución del parque automotor con distintos costos de transacción.

En la Figura 26 podemos ver los resultados que arroja el modelo para distintos costos de transporte. Vemos que cuando $c = 0$ estamos en el caso de economías perfectamente integradas, mientras que cuando $c > 0,0734$ los costos son demasiado altos, la economía

limpia deja de importar y el problema se convierte en aquel con dos economías cerradas.

Finalmente vemos que los cambios en la composición del parque desde una economía sin costos de transacción a una completamente cerrada son más o menos lineales.

Apéndice B

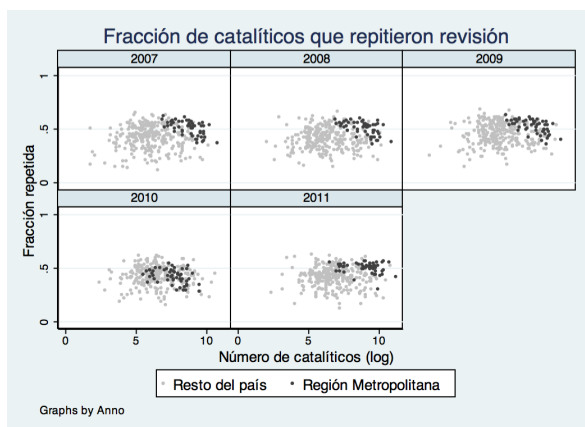
Revisiones técnicas

Una explicación alternativa a la de la hipótesis que podría explicar la limpieza del parque que se ve en Santiago sin que ésta haya sido provocada por la política en sí corresponde a la exigencia de las revisiones técnicas. En Chile los autos usados deben hacer una revisión técnica al año. Si por algún motivo las revisiones técnicas fuesen asimétricas a lo largo del país, podríamos tener que en Santiago hubiera niveles de exigencia más altos para los vehículos no catalíticos. Eso agragaría un costo extra a tener autos no catalíticos y podría explicar de manera alternativa los resultados encontrados anteriormente.

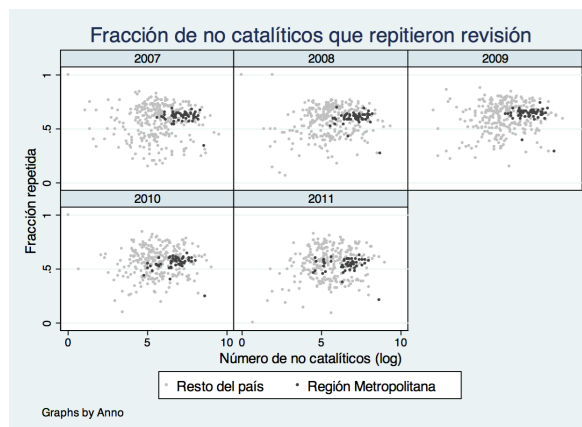
En este apéndice se busca determinar si la evidencia acompaña esta hipótesis alternativa. Para eso disponemos de una base de datos que contiene el registro de todas las revisiones técnicas que se realizaron a lo largo del país entre los años 2006 y 2012. En dicha base tenemos la placa patente y modelo del vehículo que hizo la revisión técnica y, por ende, podemos hacer un seguimiento a los autos para ver si les rechazaron la revisión o no. Mediante este mecanismo buscaremos ver entonces si pareciera ser que en Santiago las revisiones técnicas de los vehículos no catalíticos son rechazadas con mayor frecuencia que en regiones y si ese fenómeno es exclusivo para autos no catalíticos o también se observa en los autos catalíticos.

Lo primero que hice fue realizar un cruce de bases de datos para ver si la base de revisiones técnicas era consistente con la que teníamos de permisos de circulación. Dicha base contiene una muestra menor que la de permisos de circulación, principalmente debido a los autos nuevos que, a pesar de tener que pagar un permiso de circulación, no hacen revisiones técnicas por los primeros 2 años. También se observa un menor registro para autos usados, que puede deberse a gente que no realiza sus revisiones técnicas debidamente o a un problema en el registro en la base de datos. Finalmente cabe destacar que para los años 2006, 2010 y 2012 los datos de revisiones técnicas muestran una falencia importante en las plantas de la Región Metropolitana, en donde las revisiones técnicas no se registraron de forma masiva. Por lo mismo, en esta sección utilizaremos sólo los datos de revisiones de los años 2007, 2008, 2009 y 2011.

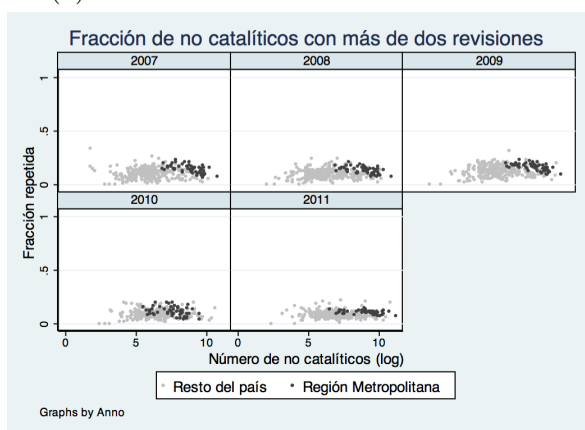
En la Figura 27 se realizaron dos ejercicios diferentes. En primer lugar vemos qué porcentaje de autos que hicieron su revisión técnica la tuvieron que hacer más de una vez. Dicho resultado se muestra en dos gráficos separados. En la subfigura (a) vemos el porcentaje de autos catalíticos que repetieron la revisión técnica sobre el total de autos catalíticos que hicieron al menos una vez la revisión, y en la subfigura (b) lo mismo para vehículos no catalíticos. Llama la atención que la fracción de vehículos no catalíticos que hacen su revisión más de una vez en la Región Metropolitana sea menor a 1, debido a que el Decreto 16 de 1998



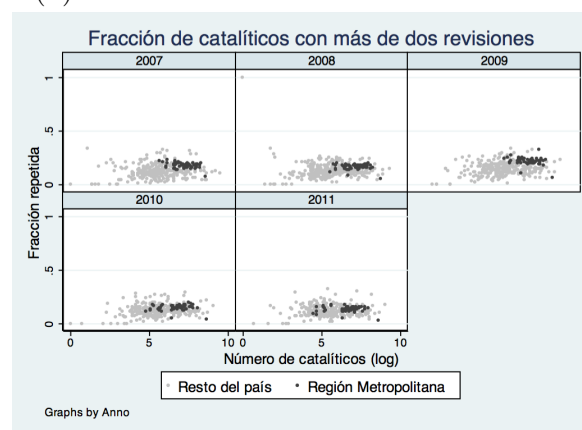
(a) Catalíticos con más de una revisión



(b) No catalíticos con más de una revisión



(c) Catalíticos con más de dos revisiones



(d) No catalíticos con más de dos revisiones

Figura 27: Porcentaje de la muestra de autos que repitió la revisión técnica

establece que a aquellos vehículos que circulan en la Región Metropolitana y que hayan sido inscritos en el Registro de Vehículos Motorizados con anterioridad al 1 de septiembre de 1992 se les exigirá realizar la revisión técnica cada seis meses⁴. Esto nos llevaría a justificar que en Santiago encontremos un mayor porcentaje de autos no catalíticos realizando más de una revisión técnica al año. Para evitar ese problema realizamos el mismo ejercicio anterior en las figuras (c) y (d), pero ahora viendo la fracción de autos que hicieron la revisión técnica 3 o más veces. Los resultados son similares a los de las primeras dos figuras en el sentido que no se observa evidencia que nos haga pensar que en Santiago hay mayores exigencias para los autos no catalíticos que en regiones.

A continuación se presenta una regresión del tipo panel que compara estos porcentajes. La regresión que se presenta a continuación es del tipo:

⁴Decreto Supremo 16 de 1998, Ministerio de Secretaría General de la Presidencia

$$p_{ict} = \beta_1 \text{Santiago}_i + \beta_2 \text{Catalitico}_c + \beta_3 \text{Santiago}_i * \text{Catalitico}_c + \gamma X_{it} + \delta_i + \epsilon_i \quad (10)$$

donde p_{ict} indica el porcentaje de vehículos con convertidor c de la comuna i que repitieron la revisión técnica el año t , Santiago_i es una dummy que indica si la comuna i pertenece a la provincia de Santiago, Catalitico_c es una dummy que indica si el convertidor de la muestra es catalítico, X_{it} es un vector de controles para las características de las comunas i y δ_i es un efecto fijo año.

Los resultados se muestran en el Cuadro 6. En la columna (1) se encuentran los resultados para un modelo en donde p_{ict} representa el porcentaje de autos que hicieron la revisión técnica más de una vez, mientras que la columna (2) muestra el mismo modelo, pero con la variable dependiente p_{ict} representando el porcentaje de autos que tuvo que hacer la revisión técnica más de 2 veces.

En dicha tabla podemos ver que en Santiago efectivamente parece haber un mayor ratio de reprobación de las revisiones técnicas y que además se observa que vehículos con convertidor catalítico muestran menor grado de repetición de revisiones técnicas. Sin embargo, el elemento crucial en esta tabla se encuentra en el efecto cruzado de *Santiago* y *Catalitico* que muestra que no existe evidencia que nos haga suponer que vehículos sin convertidor catalítico pasan por revisiones más estrictas particularmente en Santiago. De hecho, si algún resultado entrega es que los vehículos con convertidor catalítico muestran mayor tasa de rechazo en Santiago.

Cuadro 6: Determinantes de la tasa de repetición de revisión técnica

	(1) > 1 revisión	(2) > 2 revisiones
Santiago	0.0382* (0.015)	0.0403*** (0.007)
Catalítico	-0.139*** (0.005)	-0.0301*** (0.002)
Santiago * Catalítico	0.0465** (0.015)	-0.000412 (0.007)
Población	0.0137** (0.005)	0.00349 (0.002)
Ingreso per cápita	-0.00921* (0.004)	-0.00825*** (0.002)
Coef Var Ingreso	-0.0296*** (0.008)	-0.00690 (0.004)
Norte	-0.0224* (0.011)	-0.00814 (0.005)
Urbanización	-0.139*** (0.015)	-0.0239*** (0.007)
Constante	0.702*** (0.013)	0.166*** (0.006)
Observaciones	3278	3278
R^2	0.791	0.711

Standard errors in parentheses

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

ingreso en cientos de miles y población en millones.

Años de la muestra: 2007, 2009, 2009 y 2011.

Apéndice C

Anexo 1

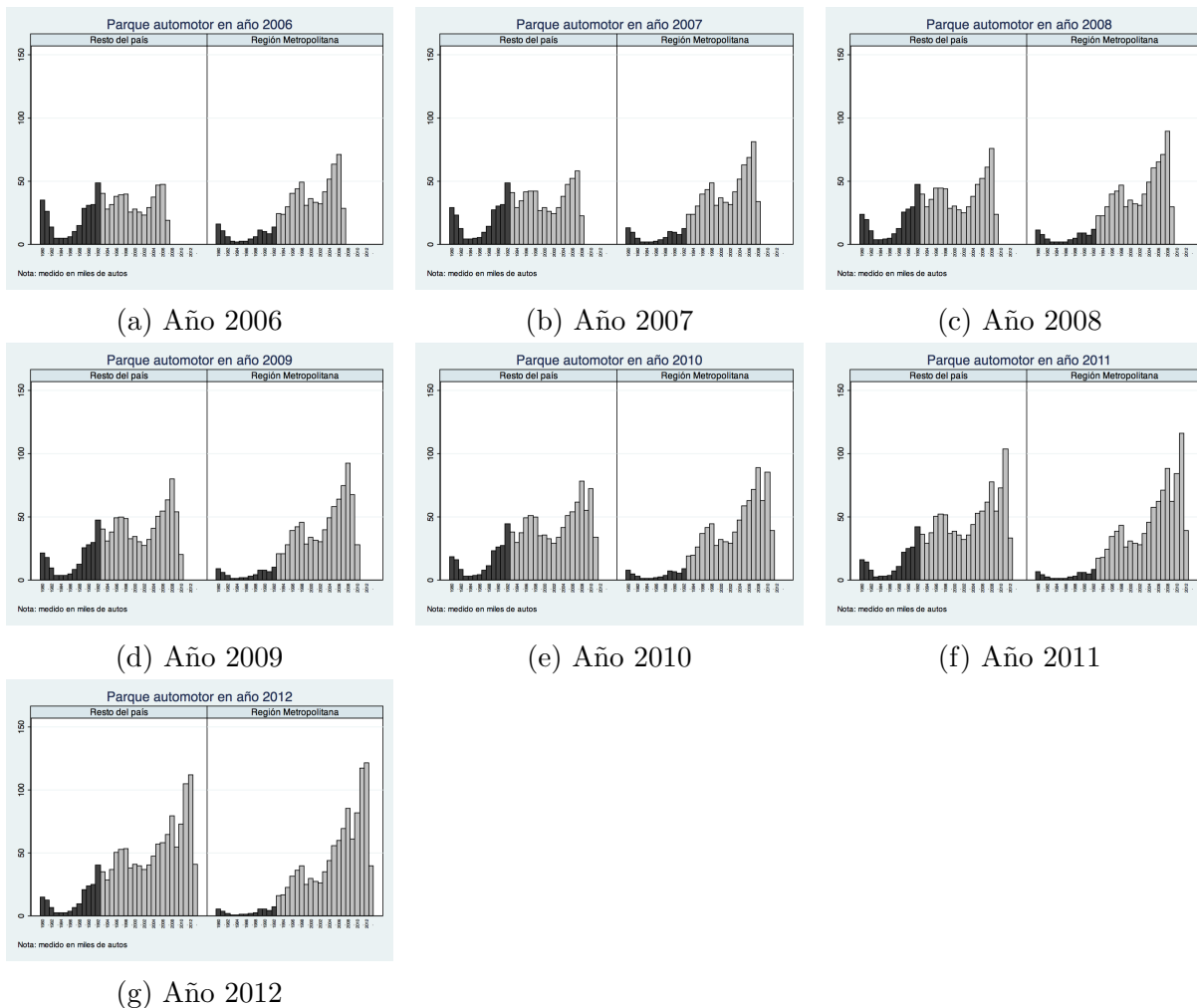


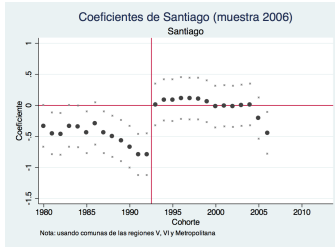
Figura 28: Parque automotor separado para la Región Metropolitana y el resto del país.

Anexo 2

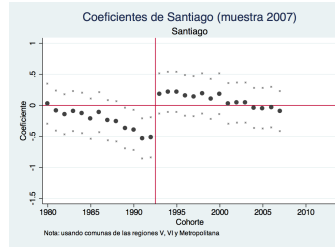


Figura 29: Fracción 92-93 por comuna según su ingreso per cápita

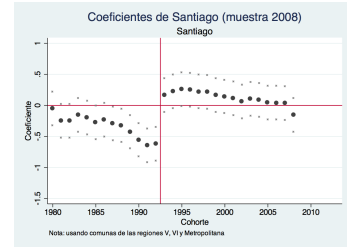
Anexo 3.a



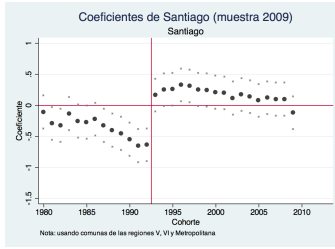
(a) Coeficiente β año 2006



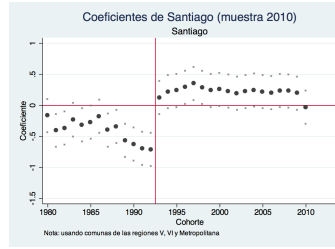
(b) Coeficiente β año 2007



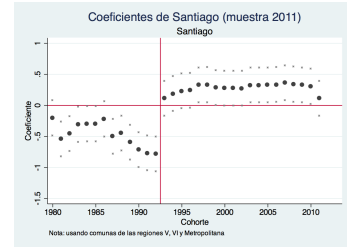
(c) Coeficiente β año 2008



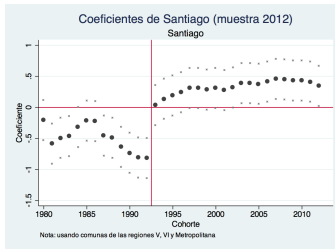
(d) Coeficiente β año 2009



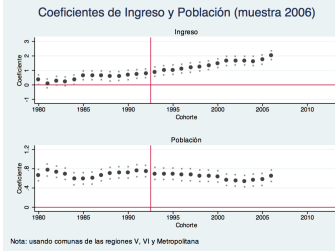
(e) Coeficiente β año 2010



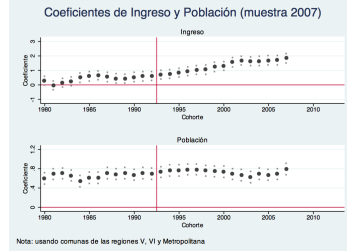
(f) Coeficiente β año 2011



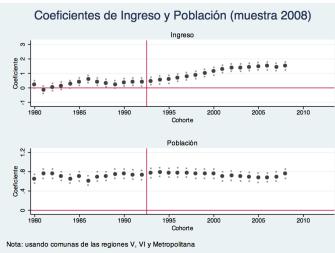
(g) Coeficiente β año 2012



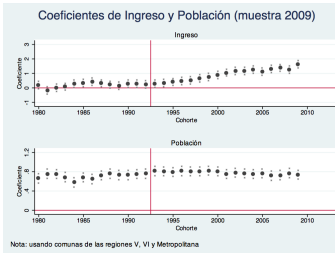
(h) Coeficientes α^1 y α^2 año 2006



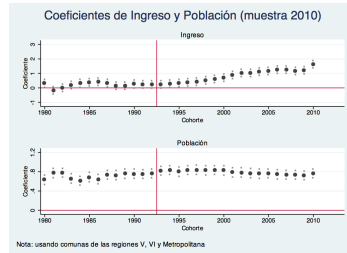
(i) Coeficientes α^1 y α^2 año 2007



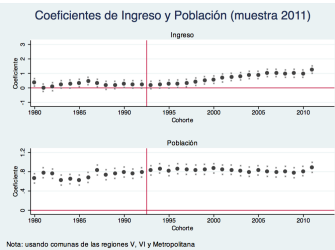
(j) Coeficientes α^1 y α^2 año 2008



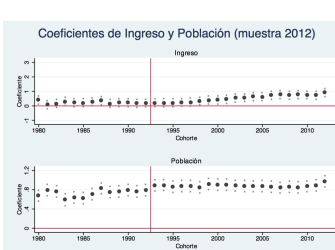
(k) Coeficientes α^1 y α^2 año 2009



(l) Coeficientes α^1 y α^2 año 2010



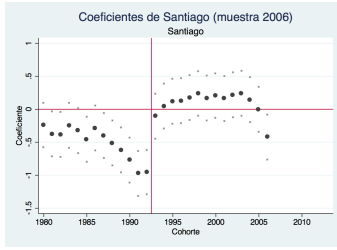
(m) Coeficientes α^1 y α^2 año 2011



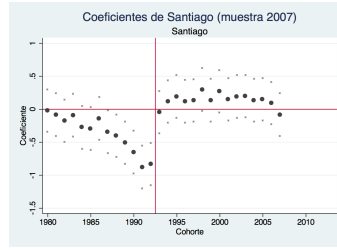
(n) Coeficientes α^1 y α^2 año 2012

Figura 30: Parque automotor separado para la Región Metropolitana y el resto del país.

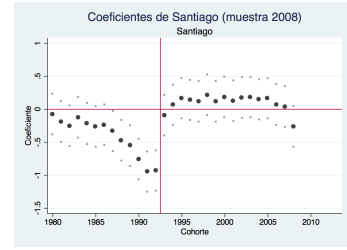
Anexo 3.b



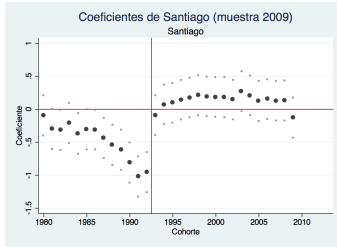
(a) Coeficiente β año 2006



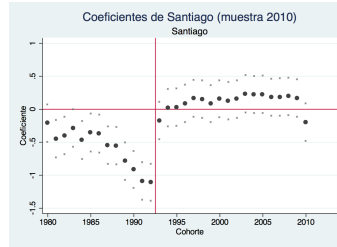
(b) Coeficiente β año 2007



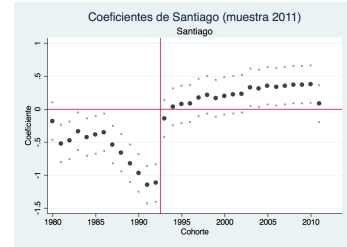
(c) Coeficiente β año 2008



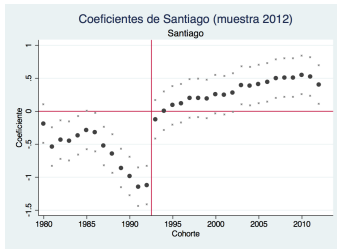
(d) Coeficiente β año 2009



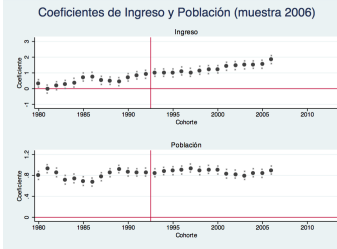
(e) Coeficiente β año 2010



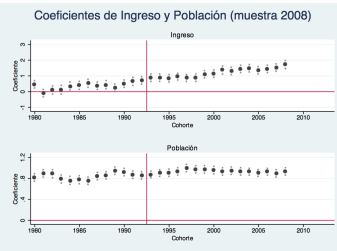
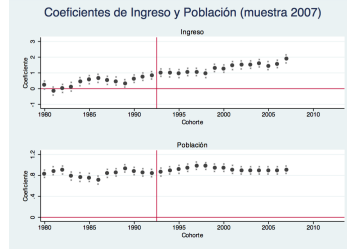
(f) Coeficiente β año 2011



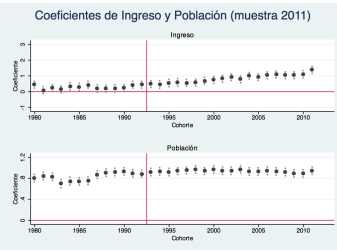
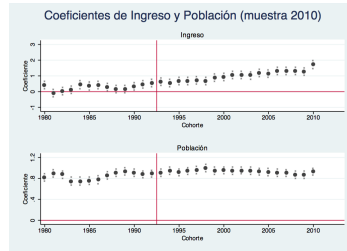
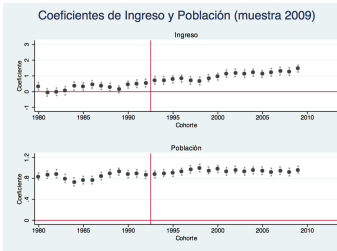
(g) Coeficiente β año 2012



(h) Coeficientes α^1 y α^2 año 2006 (i) Coeficientes α^1 y α^2 año 2007



(j) Coeficientes α^1 y α^2 año 2008 (k) Coeficientes α^1 y α^2 año 2009 (l) Coeficientes α^1 y α^2 año 2010



(m) Coeficientes α^1 y α^2 año 2011 (n) Coeficientes α^1 y α^2 año 2012

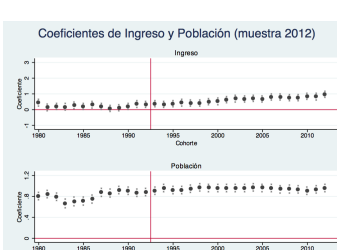
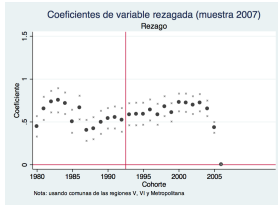
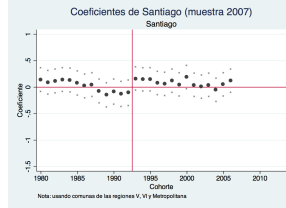


Figura 31: Parque automotor separado para la Región Metropolitana y el resto del país.

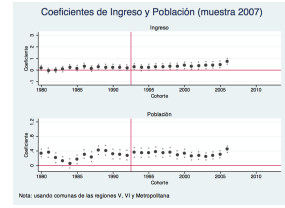
Anexo 4



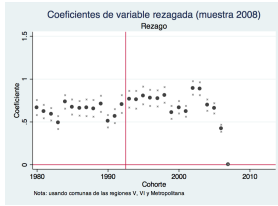
(a) Coeficiente γ año 2007



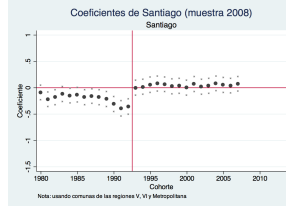
(b) Coeficiente β año 2007



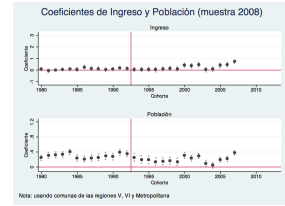
(c) Coeficientes α año 2007



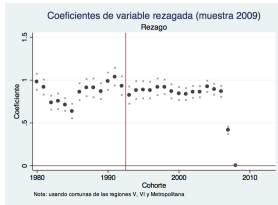
(d) Coeficiente γ año 2008



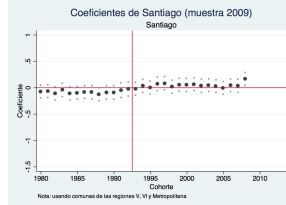
(e) Coeficiente β para año 2008



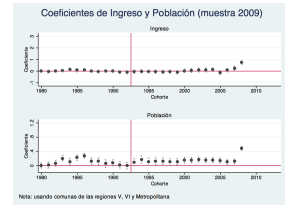
(f) Coeficientes α año 2008



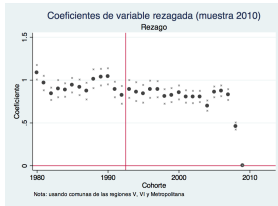
(g) Coeficiente γ año 2009



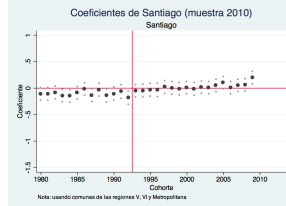
(h) Coeficiente β año 2009



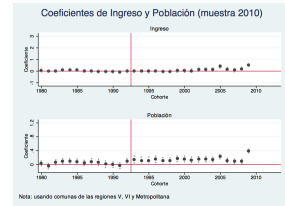
(i) Coeficientes α año 2009



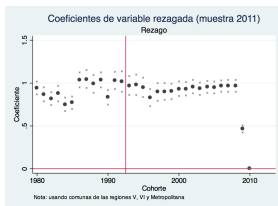
(j) Coeficiente γ año 2010



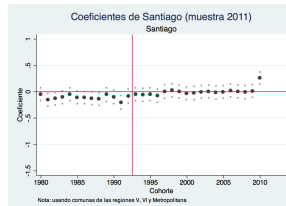
(k) Coeficiente β año 2010



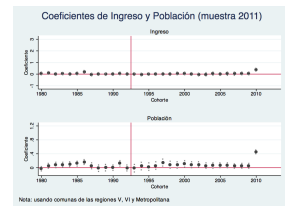
(l) Coeficientes α año 2010



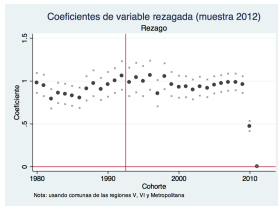
(m) Coeficiente γ año 2011



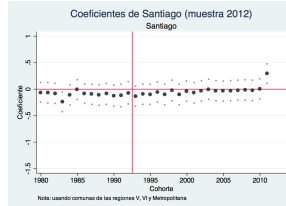
(n) Coeficiente β año 2011



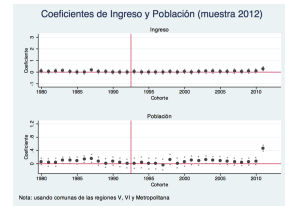
(ñ) Coeficientes α año 2011



(o) Coeficiente γ año 2012



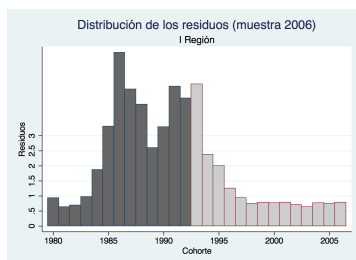
(p) Coeficiente β año 2012



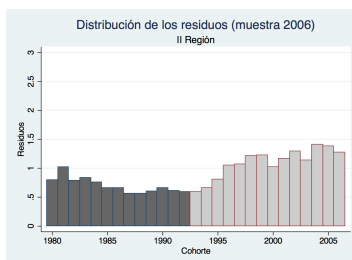
(q) Coeficientes α año 2012

Figura 32: Coeficientes de regresión por cohortes controlando por rezagos.

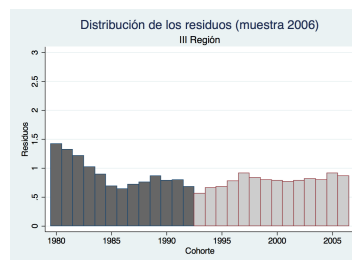
Anexo 5.a



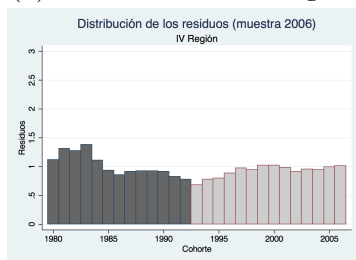
(a) Residuos de la I Región



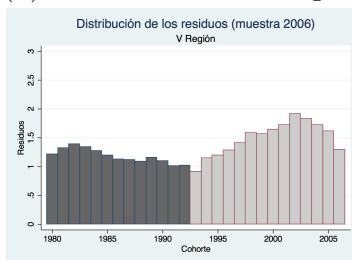
(b) Residuos de la II Región



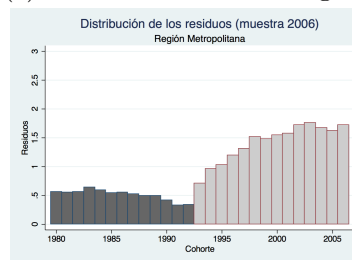
(c) Residuos de la III Región



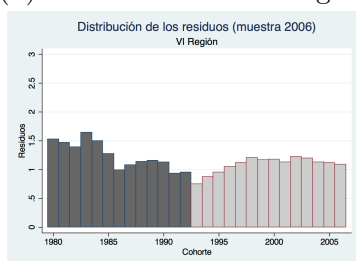
(d) Residuos de la IV Región



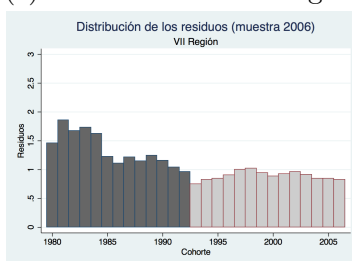
(e) Residuos de la V Región



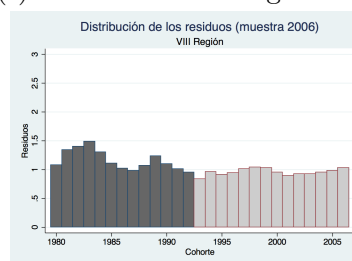
(f) Residuos de la Región RM



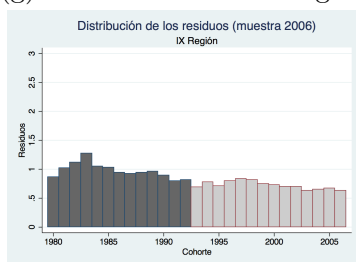
(g) Residuos de la VI Región



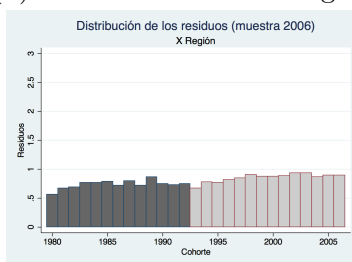
(h) Residuos de la VII Región



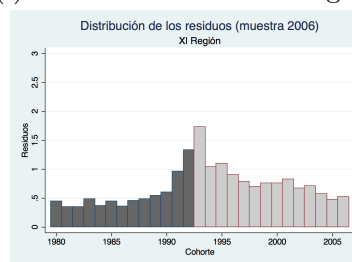
(i) Residuos de la VIII Región



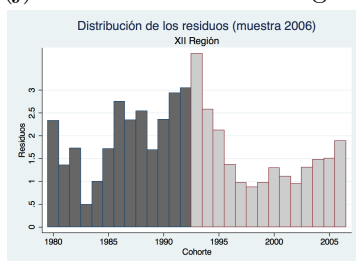
(j) Residuos de la IX Región



(k) Residuos de la X Región



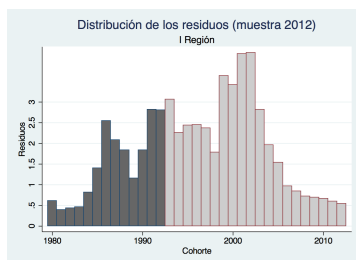
(l) Residuos de la XI Región



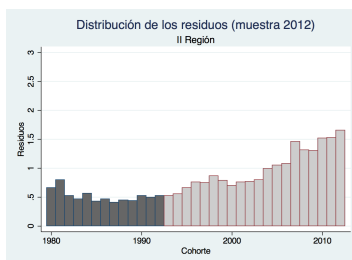
(m) Residuos de la XII Región

Figura 33: Distribución de los residuos de cada región para el año 2006.

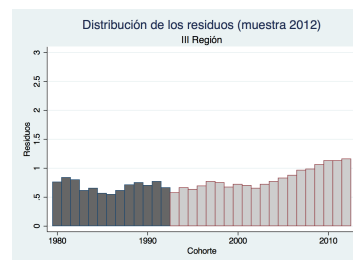
Anexo 5.b



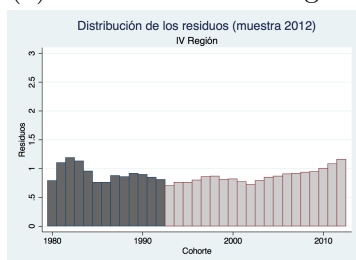
(a) Residuos de la I Región



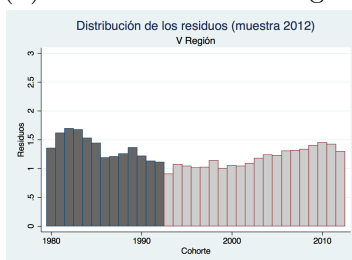
(b) Residuos de la II Región



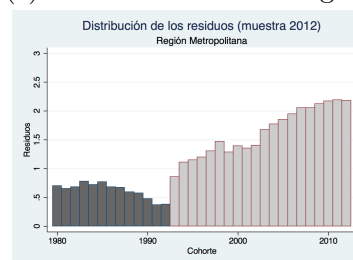
(c) Residuos de la III Región



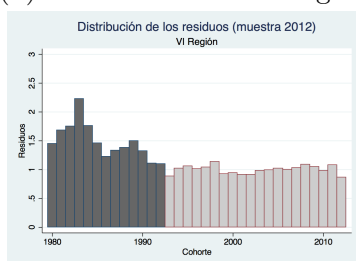
(d) Residuos de la IV Región



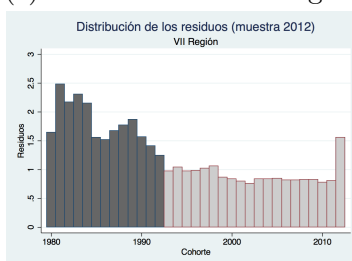
(e) Residuos de la V Región



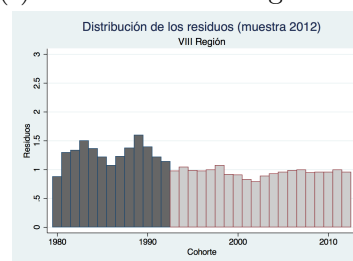
(f) Residuos de la Región RM



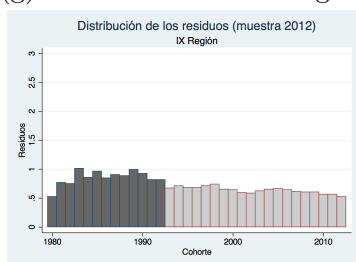
(g) Residuos de la VI Región



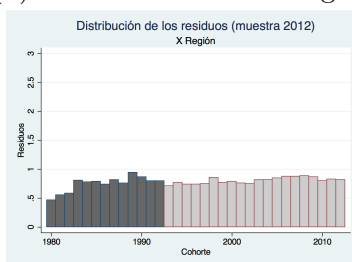
(h) Residuos de la VII Región



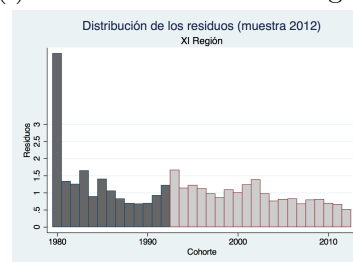
(i) Residuos de la VIII Región



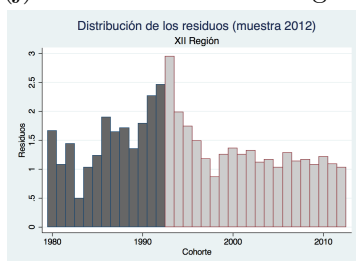
(j) Residuos de la IX Región



(k) Residuos de la X Región



(l) Residuos de la XI Región



(m) Residuos de la XII Región

Figura 34: Distribución de los residuos de cada región para el año 2012.

Anexo 6

Marca y Modelo		Cohorte y Region																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		1990		1991		1992		1993		1994		1995		Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
RM	V, VI	RM	V, VI	RM	V, VI	RM	V, VI	RM	V, VI	RM	V, VI	RM	V, VI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
CHEVROLET CHEVETTE CHEVROLET LUV CHEVROLET MONZA DAEWOO HEAVEN DAEWOO RACER DAIHATSU CHARADE FIAT FIORINO FIAT UNO FORD RANGER HONDA ACCORD HONDA CIVIC HONDA INTEGRA HYUNDAI ACCENT HYUNDAI ELANTRA HYUNDAI EXCEL LADA SAMARA MAZDA 323 MITSUBISHI LANCER NISSAN SENTRA NISSAN SUNNY NISSAN V16 OPEL ASTRA OPEL CORSA OPEL VECTRA PEUGEOT 205 PEUGEOT 306 PEUGEOT 405 SUBARU LEGACY SUBARU LOYALE SUZUKI SWIFT SUZUKI VITARA TOYOTA COROLLA TOYOTA HILUX TOYOTA TERCEL VOLKSWAGEN GOLF	135	64	131	86	129	57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Cuadro 7: Marcas de autos y cantidad de observaciones por año de fabricación y ubicación.

Anexo 7

Modelo	1990		1991		1992	
	V y VI	RM	V y VI	RM	V y VI	RM
FIAT UNO	1,030,556	959,677	911,622	1,122,222	1,154,286	1,038,372
HONDA CIVIC	1,378,571	1,456,154	1,524,722	1,347,222	1,605,833	1,465,790
LADA SAMARA	466,667	620,000	640,000	490,000	551,212	540,316
MAZDA 323	1,199,143	1,229,592	1,207,143	1,083,500	1,289,655	1,166,923
MITSUBISHI LANCE	1,230,926	1,068,818	1,175,500	1,062,963	1,352,414	1,258,500
NISSAN SENTRA	1,267,527	1,079,091	1,197,288	1,122,171	1,180,820	1,162,137
PEUGEOT 205	922,581	839,524	1,015,714	943,750	1,260,000	1,047,059
PEUGEOT 405	1,001,622	997,045	1,047,500	1,131,786	1,200,000	1,045,000
SUBARU LEGACY	1,348,276	1,176,449	1,277,083	1,272,000	1,540,753	1,529,619
SUZUKI SWIFT	1,325,000	1,021,500	1,262,143	1,159,091	1,289,394	1,344,737
Total	1,117,087	1,044,785	1,125,872	1,073,470	1,242,437	1,159,845

Modelo	1993		1994		1995	
	V y VI	RM	V y VI	RM	V y VI	RM
FIAT UNO	1,158,462	1,109,859	1,385,000	1,301,294	1,247,619	1,364,026
HONDA CIVIC	1,747,059	1,709,111	2,279,032	2,133,602	2,348,630	2,170,198
LADA SAMARA	627,778	628,305	708,333	671,191	744,849	735,218
MAZDA 323	1,520,455	1,634,268	1,631,250	1,642,667	1,778,182	1,776,610
MITSUBISHI LANCE	1,614,706	1,558,033	1,604,546	1,482,593	1,570,000	1,911,923
NISSAN SENTRA	1,251,549	1,115,000	1,450,000	1,715,000	1,550,000	1,421,053
PEUGEOT 205	1,104,412	1,107,816	1,054,000	1,174,590	1,150,000	1,188,571
PEUGEOT 405	1,211,111	1,491,400	1,531,429	1,412,233	1,521,364	1,559,899
SUBARU LEGACY	1,710,000	1,723,169	1,593,214	1,792,128	2,218,049	2,168,829
SUZUKI SWIFT	1,605,000	1,331,918	1,620,000	1,226,207	1,564,286	1,658,000
Total	1,355,053	1,340,888	1,485,680	1,455,150	1,569,298	1,595,433

Cuadro 8: Precios promedio de los autos por marca, región y año.

Anexo 8

Cuadro 9: Diferencias de precios en Santiago

	(1)	(2)
d_{1991}	0.0289 (0.017)	0.0236 (0.039)
d_{1992}	0.0815*** (0.016)	0.113** (0.039)
d_{1993}	0.177*** (0.016)	0.195*** (0.039)
d_{1994}	0.261*** (0.019)	0.285*** (0.039)
d_{1995}	0.375*** (0.017)	0.333*** (0.039)
$d_{1990} * \text{RM}$	-0.0907*** (0.017)	-0.0505 (0.039)
$d_{1991} * \text{RM}$	-0.0619*** (0.016)	-0.0542 (0.039)
$d_{1992} * \text{RM}$	-0.0468*** (0.013)	-0.0694 (0.039)
$d_{1993} * \text{RM}$	0.0100 (0.012)	-0.0111 (0.039)
$d_{1994} * \text{RM}$	-0.00560 (0.015)	-0.0220 (0.039)
$d_{1995} * \text{RM}$	0.00100 (0.013)	0.0200 (0.039)
Constant	13.92*** (0.013)	13.89*** (0.028)
Observations	5964	120
R^2	0.742	0.937

Standard errors in parentheses

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

En el modelo (1) se presentan los resultados usando el panel completo, mientras que el modelo (2) muestra los resultados usando el panel compuesto por los precios promedio de cada modelo.

Apéndice D: Regresiones GLM

En la **Sección 7: Efectos de Largo Plazo de la Política** se trabaja con una serie de regresiones usando el método OLS. Sin embargo, en muchos de los casos nuestra variable dependiente corresponde a una fracción y, por lo tanto la estimación OLS no es la mejor que se puede hacer.

En este apéndice vamos a proceder a replicar algunos de los ejercicios realizados en el cuerpo mediante regresiones OLS implementando una metodología econométrica más adecuada.

Determinantes del porcentaje 92/93 (GLM)

Primero repetimos la estimación realizada en el Cuadro 2 en donde buscamos los principales determinantes del coeficiente 92/93 presentado en el cuerpo. Los resultados se encuentran en la Tabla 11.

Ejercicio de falsificación (GLM)

A continuación repetimos también el ejercicio de falsificación. Los resultados se siguen manteniendo y se muestran en detalle en la Tabla 12.

Ajustando los ejercicios al método GLM, el cual es más apropiado a la hora de hacer este tipo de estimaciones, encontramos que los resultados principales se mantienen, lo que da robustez a las conclusiones generadas a partir de las estimaciones OLS.

Cuadro 10: Determinantes del porcentaje 92/93 (GLM)

	(1) (2006)	(2) (2012)	(3) (2006)	(4) (2012)
Region Metropolitana	-0.508*** (0.107)	-0.687*** (0.097)		
Santiago			-0.771*** (0.102)	-0.929*** (0.077)
Población	-0.0295 (0.018)	-0.0215 (0.013)	-0.0339 (0.032)	-0.0375 (0.030)
Ingreso per cápita	0.0179 (0.050)	0.0390 (0.020)	-0.0401 (0.049)	-0.00220 (0.024)
Ingreso * RM	-0.0805 (0.053)	-0.0571* (0.023)		
Ingreso * Santiago			0.0271 (0.050)	0.00990 (0.025)
Coef Var Ingreso	0.0479 (0.031)	0.0204 (0.024)	0.0213 (0.028)	0.0338 (0.026)
Distancia a Santiago	0.0160 (0.015)	0.00558 (0.010)	0.0371* (0.015)	0.0359** (0.012)
(Distancia a Santiago) ²	-0.00160* (0.001)	-0.00145* (0.001)	-0.00228** (0.001)	-0.00280*** (0.001)
Norte	-0.0432 (0.070)	0.00257 (0.049)	-0.0385 (0.071)	0.0191 (0.049)
Urbanización	-0.128 (0.107)	-0.259*** (0.071)	-0.0516 (0.110)	-0.148* (0.072)
Constante	0.265* (0.112)	0.299*** (0.056)	0.225* (0.108)	0.173** (0.061)
Observaciones	332	323	332	323
R^2				

Standard errors in parentheses

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Ingreso en cientos de miles y Población en millones

La variable distancia es una proxy regional (sesgo de atenuación)

Cuadro 11: Ejercicio de falsificación (GLM)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97
Santiago	0.0241 (0.143)	0.0281 (0.093)	-0.0528 (0.096)	-0.0560 (0.075)	-0.929*** (0.077)	-0.0802 (0.064)	-0.0957 (0.064)	-0.145** (0.053)	-0.00628 (0.042)
Población	-0.0164 (0.017)	-0.0139 (0.013)	0.0139 (0.015)	-0.0171 (0.011)	-0.0375 (0.030)	-0.0245** (0.009)	0.00669 (0.009)	-0.0180* (0.009)	-0.0128 (0.007)
Ingreso per cápita	-0.0181 (0.060)	-0.00909 (0.032)	-0.0754* (0.034)	0.0158 (0.025)	-0.00220 (0.024)	-0.00678 (0.024)	-0.0290 (0.023)	-0.0263 (0.019)	0.00921 (0.016)
Ingreso * Santiago	0.0204 (0.060)	0.00256 (0.032)	0.0665 (0.034)	-0.00464 (0.025)	0.00990 (0.025)	0.00158 (0.025)	0.0236 (0.023)	0.0213 (0.019)	-0.0186 (0.016)
Coef Var Ingreso	0.0236 (0.045)	0.0177 (0.029)	-0.00310 (0.035)	0.0115 (0.027)	0.0338 (0.026)	0.0178 (0.023)	0.0333 (0.026)	-0.0325 (0.020)	0.0264 (0.018)
Distancia a Santiago	-0.0589** (0.019)	0.0146 (0.018)	-0.00412 (0.016)	-0.0101 (0.013)	0.0359** (0.012)	0.00904 (0.010)	0.000578 (0.010)	-0.0122 (0.008)	0.00621 (0.006)
(Distancia a Santiago) ²	0.00403** (0.001)	-0.00311* (0.001)	-0.00116 (0.001)	-0.000457 (0.001)	-0.00280*** (0.001)	0.00126* (0.001)	-0.000468 (0.001)	0.000858* (0.000)	0.000367 (0.000)
Norte	0.224* (0.106)	-0.179* (0.073)	-0.146* (0.066)	0.180** (0.061)	0.0191 (0.049)	-0.0546 (0.051)	0.0198 (0.053)	-0.110* (0.047)	-0.0781* (0.036)
Urbanización	0.0678 (0.114)	0.0873 (0.104)	-0.0892 (0.106)	0.0892 (0.089)	-0.148* (0.072)	-0.0387 (0.067)	0.0378 (0.068)	0.0966 (0.056)	-0.00302 (0.047)
Constante	-0.746*** (0.115)	-0.0734 (0.081)	0.323*** (0.086)	-0.575*** (0.072)	0.173** (0.061)	0.110 (0.060)	-0.266*** (0.057)	-0.226*** (0.052)	-0.105** (0.039)
Observaciones R^2	321	323	323	323	323	323	323	323	323

Standard errors in parentheses

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$