



Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Programa de Magister en Economía de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

INCORPORACIÓN DE VARIABLES LATENTES EN LA ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO DE LA VIDA

Tesis para optar al grado de Magíster en Economía de Recursos
Naturales y del Medio Ambiente

POR MANUEL ALFREDO BARRIENTOS CIFUENTES
CONCEPCIÓN – CHILE
2019

Profesor Guía: Felipe Vásquez Lavín
Dpto. de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Universidad de Concepción

© 2019, Manuel Alfredo Barrientos Cifuentes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.



Agradecimientos

Ha sido un proceso de desarrollo personal y académico, durante el cual he sido acompañado y nutrido por muchas personas a las cuales quisiera agradecer.

En primer lugar, agradecer a la familia, mis padres, hermana y sobrina, que muchas veces sin entender del todo las cosas que hablo sobre la tesis, me han demostrado un apoyo incondicional y facilitado enormemente las partes duras del proceso, sin ellos, difícilmente habría llegado a este momento. También agradecer a mis amigos que siempre han logrado entregar perspectiva en los momentos necesarios, a Dominga por el apoyo y conversaciones durante mi estancia en el programa y a la comisión integrada por Felipe Vásquez, Marcela Parada y Sebastián Astroza, cuyos comentarios ayudaron a completar esta tesis. Y por supuesto, agradecer a mi equipo de trabajo integrado por Felipe Vásquez, Roberto Ponce, Ignacio Hernández y varios otros que han ido aportando profundamente en mi desarrollo profesional, académico e incluso personal.

Finalmente, agradezco a CONICYT ya que mis estudios de postgrado fueron financiados por ellos a través de CONICYT-PCHA/magister Nacional/ 2017-2217124, también al Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) por la oportunidad de realizar esta investigación y a ANID PIA/BASAL FB0002 por el financiamiento.

Contenido

Agradecimientos.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de ilustraciones.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	7
2.1 Valor estadístico de la vida.....	7
2.2 Modelos de elección Híbrida.....	14
3. Metodología.....	20
4. Datos.....	27
5. Estimación y resultados.....	32
6. Conclusiones.....	49
Bibliografía.....	51

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción estadística variables encuesta MMA.	31
Tabla 2. Resultados estimación modelo condicional logit estándar y con correlación en las elecciones.	33
Tabla 3. Resultados estimación modelo elección híbrido.	35
Tabla 4. Valores promedio afirmaciones de actitud de control y preocupación..	39
Tabla 5. Resultados modelo estructural	40
Tabla 6. Resultados del modelo de medición.....	42
Tabla 7. Actualización de estimaciones VEV en Chile.....	45



Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Evolución de indicadores de mortalidad vial por cada 10.000 vehículos y 100.000 habitantes en Chile entre 1972 y 2017.	3
Ilustración 2. Fatalidades viales por cada 100.000 habitantes en países OCDE, 2015.....	3
Ilustración 3. Modelo de utilidad aleatoria generalizado.	15
Ilustración 4. Ejemplo de set de elección para tramo de edad 45-64 años.	29



Resumen

En la literatura del Valor Estadístico de la Vida los trabajos enfocados en la incorporación de variables psicológicas (variables latentes) son escasos. Por tanto, el objetivo de este trabajo es incorporar variables latentes, tales como la controlabilidad y preocupación por riesgos de tránsito y cardiorrespiratorios, en el cálculo del Valor Estadístico de la Vida y contrastar sus resultados con los que se obtienen cuando se usa la estrategia de estimación tradicional. Para lograr esto, se estima un modelo de elección discreto híbrido, que incorpora un modelo de ecuaciones estructurales y uno de medición para modelar el efecto de las variables latentes en las preferencias por reducciones de riesgos de tránsito y cardiorrespiratorios de los individuos. En la estimación se utilizan datos del 2014 para el Gran Santiago, Chile. Los resultados demuestran que incluir variables latentes en la estimación del Valor Estadístico de la Vida genera resultados significativamente diferentes que cuando se usan modelos multinomiales de elección discreta tradicionales.

Abstract

Studies incorporating psychological variables in the estimation of the value of statistical life are scarce. Thus, the objective of this research is to incorporate latent variables, such as controllability and concern about traffic and cardiorespiratory risks, in the estimation of the value of statistical life and contrast their results with the obtained by traditional models. To achieve this, a Hybrid choice model is estimated, which include a structural and measurement model to incorporate the effect of latent variables in the individual's risks preferences. For the estimation, data collected the year 2014 in the Gran Santiago of Chile is used. The results show that the inclusion of latent variables in the estimation of the value of statistical life generate results statistically different from estimations using traditional discrete choice models.

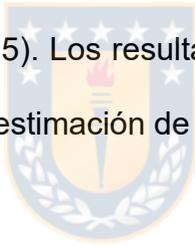
1. Introducción

En el proceso de toma de decisión, los individuos buscan reducir, eliminar, o al menos ser compensados por enfrentar riesgos relacionados con salud y seguridad. Sin embargo, estas reducciones de riesgo o compensaciones están sujetas a los recursos económicos disponibles (del individuo, su familia o el Estado) y el uso alternativo que poseen estos mismo. En algunas ocasiones, estos riesgos pueden ser reducidos con mejoras tecnológicas. Por ejemplo, el cinturón de seguridad, airbags o bolsas de aire, sistemas de calefacción con menores niveles de contaminación, entre otros (Viscusi, 1993). El estudio de la valoración social por estas reducciones de riesgos ha sido un componente importante en la formulación en políticas públicas (Ashenfelter, 2006).

Una forma de realizar esta valoración es a través del Valor Estadístico de la Vida (VEV), que se define como la Disponibilidad a Pagar (DAP) o Disponibilidad a Aceptar (DAA) por reducciones o aumentos en el riesgo de muerte (Viscusi et al., 2014). Esto se debe entender como la valoración por la reducción (o aumento) en la probabilidad de muerte (es decir, una vida estadística) a la cual la población está expuesta. No se debe confundir con

el valor por vida per se (una vida identificable) que ha sido salvada (Viscusi y Aldy, 2003).¹

La estimación de VEV puede realizarse usando estudios de preferencia reveladas (PR) o estudios de preferencias declaradas (PD) (Krupnick et al., 2002). Entre estos últimos, se destacan los *experimentos de elección* (EE), que consiste en observar cómo cambia la respuesta de los individuos frente a diversas combinaciones de atributos y niveles de estos, los que son diseñados por el investigador según la pregunta de investigación que desee resolver (Hensher et al., 2005). Los resultados de estas decisiones pueden ser obtenidos a través de la estimación de modelos de elección discreta.



El estudio del valor por reducciones de riesgo ha sido un componente importante en la generación de políticas públicas, orientadas principalmente a salud, seguridad y medio ambiente (Ashenfelter, 2006; Viscusi y Aldy, 2003). Específicamente, este trabajo se enfoca en los riesgos asociados a accidentes de tránsito y enfermedades cardiorrespiratorias asociadas a la contaminación atmosférica. Según cifras de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito Chilena (CONASET),² hay una tendencia a la baja en las víctimas de accidentes de tránsito (Ilustración 1). Sin embargo, en

¹ Para una discusión sobre la diferencia entre vida estadística y vida identificable se puede consultar Andersson y Treich (2011)

² Datos consultados en Marzo de 2019, en el sitio: <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-generales>

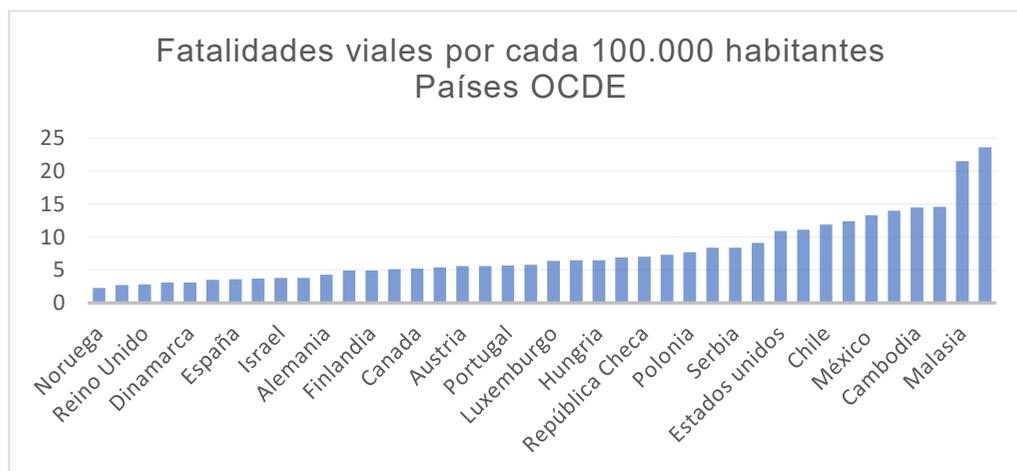
términos internacionales, Chile sigue estando entre los países con mayores tasas de fatalidad en accidentes de tránsito. En este sentido, la Ilustración 2 compara fatalidades viales por cada 100.000 habitantes en países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (ITF, 2017).

Ilustración 1. Evolución de indicadores de mortalidad vial por cada 10.000 vehículos y 100.000 habitantes en Chile entre 1972 y 2017.



Fuente: Elaborado por CONASET utilizando datos de Carabineros de Chile.

Ilustración 2. Fatalidades viales por cada 100.000 habitantes en países OCDE, 2015.



Fuente: Confeccionado por International Transport Forum para OCDE.

Los valores de VEV dependen del contexto cultural en el que son estimados. Por ello, no es extraño tener valores muy distintos entre países o incluso entre ciudades pertenecientes al mismo país (Dekker et al., 2011; Miller, 2000; Viscusi y Aldy, 2003). Las diferencias también pueden deberse a la edad o el estado de salud de los individuos (Alberini et al., 2004; Aldy y Viscusi, 2007, 2008). También afectan las estimaciones las diferencias en los errores muestrales, sesgo de publicación y decisiones metodológicas (Viscusi y Masterman, 2017a; Viscusi, 2018) o las actitudes, creencias y percepciones que las personas tienen respecto al riesgo (Alberini y Ščasný, 2011). Incluso el nivel de ambigüedad de las situaciones de decisión puede afectar el VEV (Bleichrodt et al., 2019; Treich, 2010). González et al. (2018) en un estudio de reducciones de riesgo por accidentes a conductores de vehículos, menciona la necesidad de poner atención en futuras investigaciones relacionadas a identificar distintos perfiles de conductores a través de modelos de variables o clases latentes, y además usar modelos de elección híbrido (MEH) para considerar la formación de preferencias asimétricas en la DAP.

Además de estas diferencias, y siguiendo el trabajo de Ashenfelter (2006), hay una serie de problemas conceptuales y de medición que se deben tener en cuenta al realizar un estudio de VEV. Entre ellos destacan:

- Endogeneidad de los riesgos. Es difícil identificar la causalidad de los riesgos. El autor sugiere el siguiente ejemplo: La velocidad de conducción se puede asociar a una mayor probabilidad de accidentes, pero existe el tercer factor que son las condiciones del camino y a congestión. Puede ser que mayor velocidad sea debido a que se transita por un camino más seguro, lo que hace difusa la causalidad.
- Definición de quién es el individuo cuyas preferencias respecto al riesgo interesa evaluar.
- Dificultad asociada a percibir correctamente la magnitud de los riesgos.
- Problemas de agencia. También llamado comportamiento estratégico. Se produce principalmente cuando los beneficios de una reducción de riesgo son pagados por un grupo de individuos diferentes a los que perciben la reducción de riesgo.

Tras la segunda y tercera de estas dificultades, subyace la heterogeneidad de características observables y no observables de los individuos. Dentro de estas últimas, se encuentran las que representan el interés mayor de esta investigación, es decir, las actitudes y percepciones frente al riesgo, tales como controlabilidad, preocupación, miedo, entre otras.

El objetivo general de este trabajo es incorporar variables latentes, tales como controlabilidad y preocupación frente al riesgo de muerte prematura³ en la estimación del VEV utilizando un Modelo de elección Híbrido, y medir cómo afecta esta inclusión a los resultados de la estimación. Esto se realiza utilizando una encuesta sobre riesgos de muerte prematura en Santiago de Chile como caso de estudio y comparando los resultados obtenidos con un modelo sin variables latentes.

Esta investigación se estructura de la siguiente forma: una primera sección que introduce la problemática a estudiar para luego discutir el marco teórico en el cual se circunscribe la investigación. La tercera sección es sobre la metodología de los modelos de elección híbrida y el cálculo del valor estadístico de la vida, para así presentar en la cuarta sección los datos del caso de estudio. En la quinta sección se expone la estimación y sus respectivos resultados, finalizando con la sección seis que resume las principales conclusiones de este trabajo.

³ Es cuando la muerte se produce antes de la edad promedio de muerte de la población en cuestión. En Chile la edad promedio de muerte es alrededor de los 80 años.

2. Marco teórico

2.1 Valor estadístico de la vida

Una de las primeras incursiones en la idea de medir las reducciones de riesgo la ofrece Schelling (1968).⁴ Desde este punto, se presentaron diferentes aproximaciones, como las de Smith (1974) que formula un impuesto por daño en seguridad ocupacional o la de Thaler y Rosen (1976) que estiman el precio de demanda por la propia seguridad de las personas. Con el tiempo estas estimaciones lograron ser más aceptadas y su uso más frecuente en la política pública, Jones-Lee (1985) y Andersson y Treich (2011) desarrollan un buen análisis y recopilación de los albores de esta metodología.

En la actualidad, las estimaciones de VEV se realizan principalmente utilizando PR y PD. Dentro de las primeras, destaca el uso del Modelo de Salarios Hedónicos (MSH). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada y difundida por Viscusi (2013) con el Censo de accidentes laborales fatales de Estados Unidos. Cousineau et al. (1992) usan una encuesta laboral de Canadá para estimar las relaciones salario-riesgo en accidentes fatales y no fatales, similar trabajo realizan Siebert y Wei (1994) pero incluyendo diferenciación por trabajadores que están o no sindicalizados en Reino

⁴ En realidad, Drèze (1962) introduce el concepto anteriormente, pero su trabajo estaba escrito en francés por lo que el trabajo de Schelling fue el que obtuvo mayor reconocimiento.

Unido, otro trabajo es el de Baranzini y Luzzi (2001) utilizando datos del mercado laboral suizo, y así en más, muchos estudios desarrollan MSH sobre todo cuando los datos disponibles o el objetivo del estudio están relacionados a riesgos laborales.

Cuando se quiere valorar las reducciones de riesgos ambientales o de salud, generalmente se opta por PD, utilizando las metodologías de Valoración Contingente (VC) y Experimentos de Elección (EE) (Andersson y Treich, 2011) . En VC algunos estudios relevantes son el de Alberini et al. (2006) que valora en Reino Unido, Italia y Francia la DAP por reducciones de riesgo de mortalidad por tramos de edad, sobre todo en las personas de mayor edad. Alberini y Chiabai (2007) generan un estudio similar pero sólo en Italia, enfocándose en reducciones de riesgo por muerte debido a causas cardiovasculares o respiratorias, enfatizando que las olas de calor y la contaminación del aire son detonantes de ellas. Persson et al. (2001) también ocupan VC en Suecia para estimar VEV en seguridad vial, algo particular de este estudio son sus esfuerzos en entregar diferentes composiciones y magnitudes de reducciones de riesgo para reducir problemas de efecto incrustamiento.⁵ En cuanto a los trabajos desarrollados con EE, destaca la investigación de Carlsson et al. (2010), que comparan los VEV por

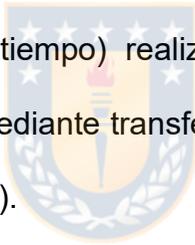
⁵ Problema en la valoración ambiental, principalmente valoración contingente por su generación de escenarios hipotéticos, en donde el valor del bien varía si es presentado aisladamente versus un paquete o programa completo.

reducciones en accidentes de tráfico, ahogamiento y por accidentes vinculados al fuego, todos ellos en Suecia. ⁶ Alberini y Ščasný (2011) desarrollan también un EE para estudiar la influencia del contexto (definen el contexto ampliamente, incluyendo la causa de muerte, el beneficiario de la reducción de riesgo y la forma de provisión de esta reducción) en la valoración por reducciones de riesgo producidas por políticas ambientales en Italia y República Checa. En el contexto chileno, el estudio de Rizzi et al. (2014) discute que los valores obtenidos por calidad del aire, no pueden ser prorrateados directamente a los diferentes bienes ambientales que son afectados por calidad del aire, por lo que a través de un diseño de EE intentan separar los efectos en salud (enfermedad respiratoria en este caso) y los efectos estéticos en términos de días de visibilidad. Para comparar los resultados de PR y PD, es importante tener en cuenta que las estimaciones de VEV pueden tener valores significativamente superiores cuando se utiliza PR que cuando se utilizan PD. A modo de ejemplo, Kochi et al. (2006) en su metaanálisis encuentran una media de US\$ 9,6 millones para PR y US\$ 2,8 millones para preferencias declaradas.

Los trabajos descritos son una fracción de toda la literatura existente en el área, de hecho, existen varios estudios recopilatorios que estiman valores de

⁶ Sus resultados muestran que VSL por reducciones en accidentes vinculados al fuego o ahogo, son valorados un tercio de lo que se valoran las reducciones en accidentes de tráfico.

VEV utilizando metaanálisis.⁷ Dentro de ellos hay algunos que reúnen solo estudios con MSH utilizando datos laborales (Bellavance et al., 2009; Day, 1999; Mrozek y Taylor, 2002; Viscusi y Masterman, 2017a) y otros que solo utilizan PD como Dekker et al. (2011) que estiman un metaanálisis bayesiano utilizando 26 estudios internacionales.⁸ En el año 2012, la OCDE generó un libro en donde reúnen estimaciones de VEV alrededor del mundo, entregando además recomendaciones de cómo estas estimaciones pueden ser utilizadas en políticas públicas (OCDE, 2012). Algunos otros estudios utilizan el metaanálisis para estimar VEV en sitios donde es muy costoso (en términos monetarios o de tiempo) realizar una recolección primaria de información, esto se logra mediante transferencia de beneficios⁹ (Hammitt y Robinson, 2011; Miller, 2000).



Las DAP obtenidas desde diferentes metodologías de VEV, se sintetizan en valores totales sobre la valoración de la población objetivo por reducciones en la probabilidad de muerte, estos valores tienen diferentes rangos. Por ejemplo Viscusi y Masterman (2017b) proponen valores de VEV para los 189 países para los cuales el Banco Mundial tiene datos disponibles, a partir de

⁷ Uso de técnicas estadísticas para combinar resultados de un alto número de estudios y poder integrar los resultados (Glass, 1976)

⁸ La principal característica de un metaanálisis bayesiano es que no depende de teoría asintótica. Esto otorga flexibilidad sobre todo en muestras pequeñas.

⁹ Según Johnston et al. (2015), transferencia de beneficios consiste en utilizar los resultados de fuentes primarias en sitios ya estudiados, para estimar valores desconocidos en un sitio no estudiado.

una transferencia de beneficios utilizando como base el VEV calculado para Estados Unidos (US\$ 9,6 millones con base 2017). El rango de VEV para estos países va desde US\$ 45 mil a US\$ 18,3 millones.

En Chile uno de los primeros trabajos que proponen una estimación de VEV es Miller (2000) a través de transferencia de beneficios, asignando un valor entre US\$ 600 mil y US\$ 900 mil (entre US\$ 981 mil y US\$ 1,47 millones convertidos a dólares del 2017). Similar metodología utiliza Bowland y Beghin (2001), prediciendo un VEV entre US\$ 520 mil y US\$ 675 mil (entre US\$ 930 mil y US\$ 1,2 millones convertidos a dólares del 2017). Viscusi y Masterman (2017b) con su transferencia de beneficios global asignan un VEV de US\$ 2,4 millones. Con fuente de información primaria, el estudio de Ortúzar et al. (2000) obtiene una estimación de US\$ 521 mil (US\$ 806 mil convertidos a dólares del 2017) utilizando PD para costos de accidente y contaminación en Santiago, pero utilizando una muestra de 94 observaciones. Luego Rizzi y Ortúzar (2003) realizan un EE para los conductores de la ruta Santiago – Valparaíso/Viña del Mar y estiman un VEV bruto de entre US\$ 650 mil y US\$ 1,3 millones (entre US\$ 782 mil y US\$ 1,56 millones convertidos a dólares del 2017), pero al remover las personas con preferencias lexicográficas obtienen un rango entre US\$ 350 mil y US\$ 460 mil (entre US\$ 421 mil y US\$ 553 mil convertidos a dólares del 2017). Utilizando PR, Parada-Contzen et al. (2013) desarrollaron una investigación utilizando datos laborales,

obteniendo un VEV de US\$ 4,6 millones (US\$ 5,7 millones convertidos a dólares del 2017). Un agregado importante de esta investigación es su corrección de endogeneidad propia de trabajos que incluyan salarios obtenidos a través de encuestas, obteniendo un VEV 3 veces mayor al que se obtiene sin esta corrección. Ante estos resultados, Mardones y Riquelme (2018) presentan una nueva estimación con datos más actualizados y argumentando que se pueden utilizar mejores instrumentos para la estimación, en base a esto calculan un VEV de US\$ 3,7 millones (US\$ 4,9 millones convertidos a dólares del 2017). Otro trabajo de PR es el de Parada-Contzen (2019), que incorpora las preferencias por riesgo¹⁰ al cálculo de VEV, obteniendo valores entre US\$ 610 mil y US\$ 8,68 millones (entre US\$ 746 mil y US\$ 10,6 millones convertidos a dólares del 2017) según la medida de aversión al riesgo utilizada, y un valor para toda la muestra de US\$ 3,24 millones (US\$ 4,0 millones convertidos a dólares del 2017).

Alternativamente, el estudio de DICTUC (2014), cuya base de datos se utiliza en este trabajo, estima VEV para reducciones de riesgo en accidentes de tráfico y contaminación atmosférica (tanto presente como futura), para esto, se realiza un EE en Santiago el año 2014 y utilizando diferentes modelos econométricos (modelo logit multinomial básico, logit jerárquico, con efectos

¹⁰ La aversión al riesgo fue medida directamente (a través de apuestas hipotéticas) y utilizando un proxy (comportamiento fumador).

de panel, con diferentes estratificaciones, entre otros) se obtiene un rango de VEV que va desde 178 millones a 1.577 millones de pesos chilenos¹¹ (entre US\$ 338 mil y US\$ 3,0 millones convertidos a dólares del 2017)¹² para reducciones de riesgos por enfermedad cardiorrespiratoria vinculada a la contaminación atmosférica, y para riesgos de tránsito las estimaciones fluctúan entre 2.810 y 3.587 millones de pesos chilenos (entre US\$ 5,3 millones y US\$ 6,8 millones convertidos a dólares del 2017).¹³ Sin embargo, los autores de DICTUC (2014) sugieren utilizar el modelo logit multinomial básico con efecto panel y correlación entre las alternativas, para el cual los valores calculados para riesgos de enfermedades cardiorrespiratorias son de 426 millones (US\$ 808 mil convertidos a dólares del 2017), con intervalo de confianza al 90% de entre 260 millones y 646 millones (entre US\$ 493 mil y US\$ 1,2 millones convertidos a dólares del 2017), y para riesgo vial una media de 2.810 millones (US\$ 5,3 millones convertidos a dólares del 2017), con intervalo de confianza al 90% de entre 2.101 millones y 3.836 millones de pesos (entre US\$ 4,0 millones y US\$ 7,3 millones convertidos a dólares del 2017).

En todas las estimaciones los valores de VEV para enfermedades cardiorrespiratorias son inferiores que los de accidentes de tráfico,

¹¹ La conversión a dólares se realizó según el tipo de cambio 1 US\$ = 600 CLP.

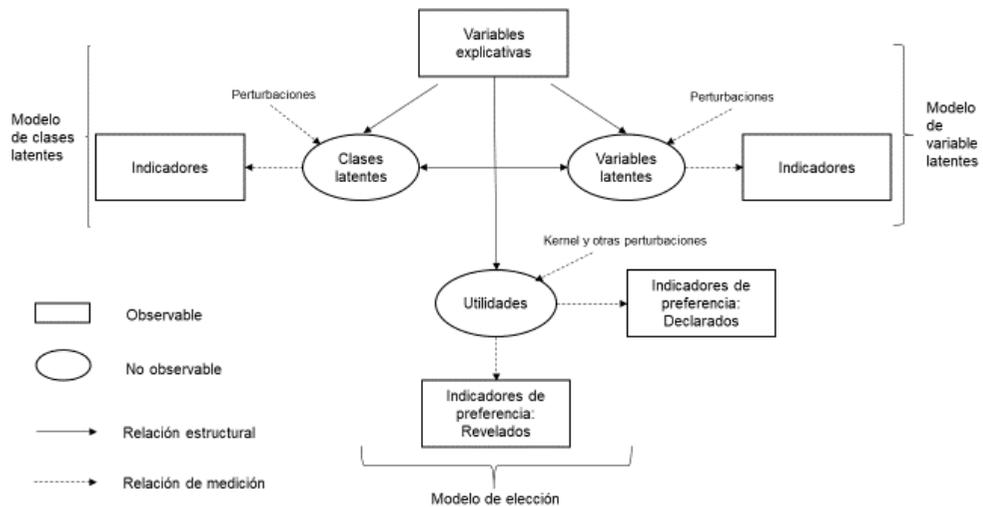
¹³ Solo se consideran los valores de los modelos con constante específica en el status quo.

moviéndose en un rango entre 2,1 y 18 veces de inferioridad, lo cual contrasta con los resultados de Dekker et al. (2011), que encuentra los valores de riesgos vinculados a contaminación del aire son en promedio 1,8 veces mayores a los de riesgos viales.

2.2 Modelos de elección Híbrida

Los modelos de elección híbrida son una extensión natural en el campo de los modelos de elección. Siguiendo la Ilustración 3 de Walker y Ben-Akiva (2002), está presente el modelo clásico (donde se incluyen exclusivamente características del individuo y atributos de las alternativas). El modelo clásico es la línea directa que va entre variables explicativas hacia utilidades y, a modo de extensión, surgen los modelos que explícitamente incorporan actitudes y percepciones, llamadas también variables latentes (Ben-Akiva, McFadden, et al., 2002).

Ilustración 3. Modelo de utilidad aleatoria generalizado.



Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de Walker y Ben-Akiva (2002)

Usando la definición de Bollen (2002) sobre una variable latente: *“Una variable latente aleatoria (no aleatoria) es una variable aleatoria (no aleatoria) para la cual no hay realización muestral¹⁴ para al menos alguna observación en una muestra dada”*. Esta definición permite que la variable aleatoria sea latente en algunos casos y no en otros, utilizando el concepto de *realización muestral*, todas las variables son aleatorias hasta que un valor muestral de ellas está disponible. El autor señala un clarificador ejemplo: *“Antes de la invención de termómetros precisos, la temperatura era una variable latente, pero una vez esos termómetros estuvieron en uso, su precisión permitió tratar la temperatura como un valor muestral en vez de una variable latente”*.

¹⁴ En inglés “Sample realization”, esto es, cuando se recibe información sobre una variable aleatoria que tomar algún valor, ese valor se vuelve una realización de la variable aleatoria.

La primera propuesta de estimación de modelos que incorporan variables actitudinales a nuestro saber, es McFadden (1986) quien se basa en trabajos de modelación híbrida en análisis conjunto de Green (1984).¹⁵ A partir de la motivación de McFadden (2001) y Ben-Akiva, McFadden, et al. (2002), surge una ola de avances en la estimación de modelos híbridos, debido a la cual el número de estudios que utilizan esta metodología ha ido en constante aumento, aunque casi todos los trabajos se limitan aún al área de transportes (Daly et al., 2012). Un estudio a destacar es el de Ben-Akiva, Walker, et al. (2002) que proponen una metodología de estimación y además presentan tres aplicaciones del modelo, mostrando las mejorar en términos de poder explicativo y especificación que se obtienen a través de MEH. En términos de actitudes y preferencias utilizadas, el trabajo de Bolduc et al. (2008) utiliza la preocupación ambiental como variable latente para la elección de nuevas tecnologías en selección de vehículos para Canadá. A modo de compilación, Kim et al. (2014) revisa una serie de trabajos en elección de modo de transporte utilizando MEH, especificando las actitudes y preferencias incorporadas en los modelos, la estrategia de estimación y el tipo de preferencias. Márquez et al. (2018) evalúa qué sucede con los MEH frente a diferentes grados de complejidad en sus variables indicadoras.¹⁶

¹⁵ En este contexto, modelación híbrida se refiere a desarrollar funciones de utilidad individual en las que algunos aspectos son medidos a nivel individual, y otros a nivel total de la muestra.

¹⁶ Define complejidad como una medida combinada del número de indicadores utilizados para identificar cada variable latente, el tipo de escala y la granularidad utilizada para medirlos, esto último se refiere al número de respuestas usados para evaluar un indicador (por ejemplo, usar una escala de Likert con 5 valores, es tener granularidad de 5 puntos).

Sobre la estrategia de estimación, la literatura sugiere dos enfoques: i) estimación secuencial o ii) estimación simultánea. La estimación secuencial se basa en dos pasos. En el primero, se estima un modelo de variable latentes. La mayoría de los autores utilizan un modelo de múltiples indicadores y múltiples causas, llamado MIMIC por sus siglas en inglés. En este modelo se extraen las variables latentes y sus respectivas distribuciones, para luego en el segundo paso estimar un modelo de elección (generalmente logit multinomial) en donde las variables latentes se utilizan como variables explicativas. En la estimación simultánea, el modelo de elección y el de variables latentes se estiman conjuntamente (Abou-Zeid y Ben-Akiva, 2014). Discusiones y aportes sobre la estimación de MEH han sido abordadas por varios autores (Ashok et al., 2002; Bolduc y Alvarez-Daziano, 2010; Raveau et al., 2010).

Abou-Zeid y Ben-Akiva (2014) en su capítulo del libro *Handbook of Choice modelling* (Hess y Daly, 2014), discuten ventajas cuando se utilizan MEH, algunas de ellas son la capacidad de modelar explícitamente la heterogeneidad no observada en el modelo, un aumento en la realidad de la modelación del comportamiento que se realiza, y una ampliación en la relevancia de la política pública que se podría lograr con estos modelos. Vij y Walker (2014) prueban que, bajo ciertas condiciones, el uso de MEH ayuda

a los investigadores a mejorar el resultado de una predicción, y corrigiendo el sesgo por variable omitida o error de medición. Además, Varela (2018) demuestra que los parámetros estimados de MEH incluso con problemas de especificación, son mejores que las estimaciones de un multinomial logit clásico.¹⁷

Chorus y Kroesen (2014) discuten que existen limitaciones en las implicancias para políticas públicas que se pueden obtener desde los resultados de un MEH. Esto se debe a la endogeneidad de la variable latente con la elección del medio de transporte, y también a que los datos disponibles para estos modelos son de corte transversal, por lo que no se puede ver variaciones en estas actitudes y percepciones en los mismos individuos en el tiempo. Sobre este último punto, Beck y Hess (2017) discuten sobre la estabilidad de las preferencias y actitudes en dos puntos del tiempo, encontrando una potencial disonancia cognitiva, ya que las actitudes varían, pero las elecciones son consistentes. Otra problemática discutida en la literatura es la identificación del modelo, si bien ha sido empíricamente tratada, no existen aún condiciones necesarias y suficientes generales para identificar un MEH (Raveau et al., 2012; Vij y Walker, 2014). A grandes rasgos, en la literatura se utilizan dos estrategias de identificación, Daly et al.

¹⁷ Lo que no implica que MEH produzca mejores predicciones que multinomial logit, discusión que también realiza el autor.

(2012) las clasifica como normalización de Ben-Akiva y normalización de Bolduc, se hablará en más detalle sobre estas normalizaciones en las siguientes secciones.



3. Metodología

Cuando se decide abordar el cálculo de VEV a través de EE, la estimación se realiza utilizando modelos de elección discreta, siendo los modelos de utilidad aleatoria (MUA) el enfoque más utilizado en la literatura (McFadden, 1973). La idea central tras los MUA es que los individuos tomadores de decisiones se enfrentan a elecciones entre una serie de alternativas, cada una de ellas le proporciona cierto nivel de utilidad, y el individuo escogerá la alternativa que le ofrezca un mayor nivel de utilidad. Esto es analizado por un investigador que no puede observar las utilidades de quién toma la decisión, pero sí puede observar atributos de las alternativas, características del individuo e indicadores sobre las actitudes y percepciones de los individuos, esto último, es la novedad que modelan explícitamente los MEH.

En el modelo de elección discreta tradicional, la utilidad que el individuo obtiene de la alternativa i se define en la ecuación 1:¹⁸

$$U_i = \beta'X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

¹⁸ Por simplicidad, la notación utilizada omite un subíndice por individuo y la dimensión de temporal de las decisiones.

En donde U_i representa el nivel de utilidad que genera la alternativa i , X_i es una matriz de las variables explicativas observadas (atributos de las alternativas y características de los individuos), β es un vector de parámetros desconocidos y ε_i es un vector de los términos de error. El individuo tiene una probabilidad asociada a seleccionar la alternativa i . Asumiendo que ε_i es independiente e idénticamente distribuido (IID) con una distribución valor extremo tipo I, tiene la siguiente forma (ecuación (2):

$$\Pr(y = i) = \frac{\exp(\beta'X_i)}{\sum_j \exp(\beta'X_j)} \quad (2)$$

Donde y es la elección del individuo y el subíndice j representa las alternativas distintas de i . Adicionalmente se presentará también un modelo que incorpora la correlación entre las elecciones del individuo, esto se hace adicionando un término aleatorio de distribución normal a las utilidades de las alternativas. La estimación del modelo requiere el cálculo de integrales múltiples, por lo que la literatura provee de diferentes métodos numéricos y de simulación para ello.¹⁹

La inclusión de variables latentes implica modificar la ecuación (1, asumiendo que es linealmente aditiva, puede ser representada como en la ecuación (3.

¹⁹ Train (2009) en su libro presenta una buena recopilación de los métodos más comunes.

$$U_i = \beta' X_i + \alpha_r' z_{ir}^* + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$z_r^* = \theta_{kr}' s_k + \mu_r$$

En esta ecuación, z_{ir}^* es el vector de las r variables latentes del modelo, que a la vez son ecuaciones estructurales construidas de acuerdo a un modelo MIMIC (que llamaremos modelo estructural), en donde las variables latentes son explicadas por s_k que es un vector de k variables explicativas de las variables latentes puede ser explicado por otras variables latentes (Kamargianni et al., 2014) y μ_r es un término error que generalmente tiene una distribución normal con media cero y la matriz de varianza covarianza Ψ . θ_{kr} y α_r son parámetros a estimar. El conjunto de ecuaciones estructurales en ecuación (3) no es identificable, por lo que es necesario considerar paralelamente un conjunto de ecuaciones de medición (Bahamonde-Birke y Ortuzar, 2015).

$$I_p = \gamma_p z^* + \zeta_p \quad \zeta_p \sim N(0, \Theta) \quad (4)$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } U_i > U_j \quad \forall i \neq j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (5)$$

En la ecuación (4) se presenta el modelo de medición, donde I_p es un vector de p indicadores de variables latentes del individuo, γ_p es un vector de

parámetros desconocidos que relaciona las variables latentes a los indicadores y el término ζ_p es un vector de errores independientes que asume una distribución según la naturaleza que se supone que tengan los indicadores. Alternativamente se puede incorporar una constante al modelo, pero si se resta la media del indicador a la variable misma, se puede omitir este coeficiente tal como se presenta (Daly et al., 2012). En la ecuación (5), y_i es la variable que refleja la decisión del individuo respecto a la alternativa que maximiza su utilidad.

Adicionalmente, se debe definir la forma en que se tratarán las ecuaciones indicadoras de la ecuación (4), para ello Bolduc y Alvarez-Daziano (2010) expresan tres formulaciones: i) un caso continuo, ii) un caso binario o iii) un logit/probit ordenado. Este último será utilizado en esta estimación debido a la naturaleza ordenada de las escalas de Likert.²⁰ Entonces, la ecuación de medición para el indicador I_{pr} de la variable latente z_r^* , que tiene L respuestas se presenta en la ecuación (6):

$$I_{pr} = \begin{cases} 1 & \text{if } \tau_0 \leq z_r^* \leq \tau_1 \\ 2 & \text{if } \tau_1 \leq z_r^* \leq \tau_2 \\ & \vdots \\ & \vdots \\ L & \text{if } \tau_{L-1} \leq z_r^* \leq \tau_L \end{cases} \quad (6)$$

²⁰ Herramienta psicométrica que presenta una escala a los individuos en donde deben especificar su nivel de acuerdo o desacuerdo con la declaración correspondiente.

Los parámetros τ_l se estiman en este caso, siendo por convención $\tau_0 = -\infty$ y $\tau_L = \infty$. Dado esto, la densidad $f(I_{pr}|\gamma, z^*)$ corresponde a la ecuación (7).

$$f(I_{pr}|\tau, z^*, \gamma) = \prod_{p=1}^P f(I_{pr}|\tau, z^*, \gamma) \quad (7)$$

Y como la ecuación de medición p es logit ordenada, la expresión queda (ecuación (8)):

$$f(I_{pr} = l|\tau, z^*, \gamma) = \frac{e^{\tau_l - \gamma_p z_r^*}}{1 + e^{\tau_l - \gamma_p z_r^*}} - \frac{e^{\tau_{l-1} - \gamma_p z_r^*}}{1 + e^{\tau_{l-1} - \gamma_p z_r^*}} \quad (8)$$

Entonces, la probabilidad conjunta de la elección con los indicadores de las variables latentes se obtiene al multiplicar la probabilidad condicional de la elección y la función de densidad condicional de los indicadores e integrando estas sobre la densidad de las variables latentes z^* , lo que está expresado en la ecuación (9).

$$P(y_i, I|x_i, s_k, \lambda) = \int_{z^*} P(y_i|z^*, x, \beta) f(I|\gamma, z^*, \tau) g(z^*|\theta, \alpha) dz^* \quad (9)$$

En donde $\lambda = \theta, \beta, \gamma, \alpha, \tau$ son los parámetros para estimar. Una vez concluida la construcción de la función de verosimilitud, se estima el modelo en forma conjunta.

Tal como se discute en la sección anterior, la identificación del modelo es una preocupación al momento de estimar un MEH. Raveau et al. (2012) describe y estudia los criterios de normalización que son usualmente utilizados. El criterio de Ben-Akiva es cuando parámetros del modelo de medición son normalizados, y el criterio de Bolduc es cuando la varianza de los términos de error del modelo estructural es normalizada. En este trabajo seguimos la normalización de Bolduc. La estimación del modelo se realizará utilizando el paquete de R Apollo (Hess y Palma, 2019).



El paso siguiente es calcular la DAP asociado a cada reducción. Aplicando la derivada total a la función de utilidad U respecto al tipo de reducción de riesgo β y el parámetro costo δ , cálculo que se presenta en la ecuación (10):²¹

$$dU = \frac{\partial U}{\partial \beta} d\beta + \frac{\partial U}{\partial \delta} d\delta \equiv \frac{d\delta}{d\beta} = \frac{\frac{\partial U}{\partial \beta}}{\frac{\partial U}{\partial \delta}} \equiv -\frac{\beta}{\delta} \quad (10)$$

Para comprobar la significancia de las DAP, se utiliza método delta para obtener sus respectivas desviaciones estándar. Teniendo las estimaciones de DAP, se realiza la agregación poblacional para obtener el VEV. Esto consiste en multiplicar por los 12 meses del año para anualizar la DAP, luego

²¹ Generalmente se omite el signo negativo que acompaña la expresión final.

multiplicar por P_{re} que es la población por rango etario, y finalmente multiplicar por la razón de ponderación w_n que representa cada individuo n en la muestra. Ver ecuación (11).

$$VEV = 12 * P_{re} * \sum DAP * \frac{w_n}{\sum w_n} \quad (11)$$

Este trabajo estará enfocado principalmente en las reducciones de riesgo por mortalidad prematura debido a accidentes de tránsito y enfermedades cardiorrespiratorias en tiempo presente.



4. Datos

Para incorporar variables latentes en la estimación de VEV se utilizará una encuesta desarrollada por DICTUC (2014) para el Ministerio de Medio Ambiente de Chile. Esta encuesta fue aplicada el 2014 en Santiago de Chile. La encuesta contó con cuatro grupos focales para conocer las percepciones respecto al riesgo de personas de distintos niveles socioeconómicos y tres instancias de piloto para construir y afinar el instrumento.²² Producto de estas instancias, la encuesta se estructuró en siete secciones: 1) Identificador de personas, preguntas para estratificar la muestra e introducción a la encuesta, 2) preguntas sobre el estado de salud de los individuos y su percepción sobre el riesgo de muerte por accidentes viales o enfermedades cardiorrespiratorias, 3) sección que entrega un entrenamiento a los entrevistados para comprender los conceptos de probabilidad (necesarios para el ejercicio de preferencias declaradas), 4) contextualización de los riesgos de muerte prematura por enfermedad cardiorrespiratoria, entregando información sobre las tasas de muerte por nivel etario y las acciones que se pueden tomar a nivel individual o gubernamental para reducir el riesgo, 5)

²² Los objetivos de cada piloto eran distintos. Primer piloto para comprobar la receptividad cognitiva y entendimiento del instrumento según individuos de diferentes perfiles sociodemográficos, segundo piloto para evaluar el perfil de encuestador más adecuado y el tercer piloto para evaluar la aplicación del diseño final.

contextualización de los riesgos de muerte prematura por accidente vial, siguiendo la misma lógica de la sección anterior, 6) ejercicio de preferencias declaradas (EE), y por último 7) en donde se obtiene información sobre las características individuales, ingresos, deudas, seguro de vida, entre otras.

En cuanto al EE, luego de la ejecución de un diseño eficiente (Hensher et al., 2005), se obtienen 9 set de elección con 3 alternativas cada uno, que variarán por tramos de edad (25- 44, 45-64 y más de 65 años). Cada una de ellas contendrá como atributos los niveles de riesgo presente por accidente de tránsito, riesgo presente y futuro por muerte prematura debido a enfermedades cardiorrespiratorias y una variable de costo por cada alternativa. Una de las alternativas será un status quo, que incluirá los riesgos actuales, obtenidos de estadísticas nacionales, de sufrir un accidente de tráfico con desenlace fatal y fallecer por enfermedad cardiorrespiratoria una vez cumplidos los 65 años. Las dos alternativas restantes contienen riesgos menores al de status quo, pero para obtenerlas hay un costo asociado a cada alternativa. Un ejemplo es presentado en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Ejemplo de set de elección para tramo de edad 45-64 años.

Set de elección	Tramo de edad 45-64 años		
	Situación actual (sin programa)	Programa A	Programa B
Accidentes de tránsito Personas de su tramo de edad que fallecerán cada año, por accidente de tránsito, hasta que usted cumpla 65 años	210	185	190
Enfermedades cardiorrespiratorias asociadas a la contaminación del aire Personas de su tramo de edad que fallecerán cada año, por enfermedades cardiorrespiratorias asociadas a la contaminación atmosférica, hasta que usted cumpla 65 años	350	345	295
Enfermedades cardiorrespiratorias asociadas a la contaminación del aire Personas de 65 años y más que fallecerán cada año, a partir de cuando usted cumpla 65 años, por enfermedades cardiorrespiratorias asociadas a la contaminación atmosférica	3900	3480	3420
Costo mensual en pesos (permanente)	\$0	\$2300	\$1700

Fuente: Figura extraída del trabajo de DICTUC (2014). Pesos del año 2014.

Además, se realizan preguntas sobre preocupación y control de riesgo, dividiendo esto entre accidentes de tránsito (asociadas al medio de transporte más utilizado por el entrevistado, que puede ser conductor de vehículo liviano, conductor de vehículo pesado, pasajero de vehículo liviano, usuario de transporte público, bicicleta o caminata, y son diez preguntas para cada una, menos caminata que son solo cinco) y contaminación atmosférica (cinco preguntas). Estas preguntas se realizan utilizando escalas de Likert con valores entre 1 y 5, en donde para preocupación 1 es nada preocupado y 5 muy preocupado, y para control el 1 implica no tener nada de control y 5 tener un alto control sobre los riesgos.

El levantamiento de datos se realizó con entrevistas presenciales en los hogares de los encuestados, seleccionados según un diseño muestral probabilístico y estratificado, a personas entre 25 y 80 años para zonas urbanas de 34 comunas de Santiago de Chile. La muestra de la encuesta fue de 1.125 encuestas.

Se tomaron decisiones metodológicas con la base de datos. En primer lugar, no se utilizan los individuos cuyo medio principal de transporte es ser peatones, ya que la encuesta está diseñada de forma tal que se les hace un número diferente de preguntas en escala de Likert respecto a los que mencionan otro medio de transporte como principal. En segundo lugar, se omiten los individuos que no hayan respondido las preguntas de escala de Likert. Ambas decisiones, están basadas en Bolduc et al. (2008). Con estos filtros la muestra final que se utilizará en este trabajo es de 775 individuos. La descripción estadística de las variables utilizadas se presenta en la Tabla 1. La tercera columna resume también la estadística descriptiva de la muestra original con los 1125 individuos. Comparando ambas muestras se puede concluir que las muestras son homogéneas.

Tabla 1. Descripción estadística variables encuesta MMA.

Variables	Muestra usada		Muestra original	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Edad entrevistado/a (años)	45,92	15,29	47,33	15,96
Género entrevistado/a (1=hombre)	0,43	0,50	0,39	0,49
Accidente de tránsito en últimos 3 años (1 = sí)	0,16	0,36	0,16	0,36
Enfermedad cardiorrespiratoria en últimos 3 años (1 = sí)	0,29	0,45	0,28	0,45
Nivel socioeconómico 1 (1 = pertenece a este grupo)	0,35	0,48	0,31	0,46
Nivel socioeconómico 2 (1 = pertenece a este grupo)	0,32	0,47	0,31	0,46
Estado de salud actual (1 =muy malo, 5 = muy bueno)	3,66	0,81	3,69	0,85
Responsabilidad en la reducción de riesgo de tránsito (1= nada de responsable, 5=totalmente responsable)	3,56	1,61	3,63	1,17
Responsabilidad en la reducción de riesgo cardiorrespiratorio (1= nada de responsable, 5=totalmente responsable)	3,15	1,23	3,22	1,26

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta DICTUC (2014). N =775. Los niveles socioeconómicos fueron contruidos en base al nivel educacional y la ocupación del jefe de hogar.

5. Estimación y resultados

Inicialmente se estima un modelo logit condicional tradicional con constante ASC_0 específica del status quo, cuyas funciones de utilidad son:

$$\begin{aligned}U_0 &= ASC_0 + \beta_1 * trans_0 + \beta_2 * cardio_pres_0 + \beta_3 * cardio_fut_0 + \delta_1 * costo_0 + \varepsilon_0 \\U_1 &= \beta_1 * trans_1 + \beta_2 * cardio_pres_1 + \beta_3 * cardio_fut_1 + \delta_1 * costo_1 + \varepsilon_1 \\U_2 &= \beta_1 * trans_2 + \beta_2 * cardio_pres_2 + \beta_3 * cardio_fut_2 + \delta_1 * costo_2 + \varepsilon_2\end{aligned}\tag{12}$$

En donde $trans_i$ es el atributo de riesgo de tránsito presente, $cardio_pres_i$ es el riesgo cardiorrespiratorio futuro, $cardio_fut_i$ el riesgo cardiorrespiratorio presente, $costo_i$ es el vector de precios asociados a los diferentes niveles de riesgos presentados en los conjuntos de elección y $ASC_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \delta_1$ son los parámetros a estimar. Acompañados a estos resultados, se incluyen los de un modelo condicional logit con correlación en las elecciones de los individuos, en este caso se reporta la varianza del coeficiente aleatorio incluido. Los resultados de estas estimaciones se presentan en Tabla 2.

Tabla 2. Resultados estimación modelo condicional logit estándar y con correlación en las elecciones.

Variable	I		II	
	Modelo logit condicional estándar		Modelo con correlación en las elecciones	
	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar
Constante	-0,2025**	0,1003	0,7577	0,5654
Riesgo transito	-0,0181***	0,0018	-0,0695***	0,0232
Riesgo cardiorrespiratorio presente	-0,0003	0,0004	-0,0013	0,0020
Riesgo cardiorrespiratorio futuro	-0,0006***	0,0001	-0,0021**	0,0009
Costo	-0,0001***	0,00001	-0,0005***	0,0001
Varianza término correlación Elecciones			-4,9362***	1,5040
Tamaño muestral	775		775	
LL	-7311,11		-7301,49	
AIC	14632,22		14614,97	
DAP tránsito	158,55 (156,32 – 160,78)		150,16 (148,29 – 152,29)	
DAP cardiorrespiratorio	2,89 (2,51 – 3,28)		2,89 (2,56 – 3,23)	

Fuente: Elaboración propia. Los valores de DAP en paréntesis son sus intervalos de confianza al 95% de confianza y están en Pesos Chilenos. Errores estándar robustos. LL es el valor en que se maximiza la verosimilitud. AIC es el criterio de información de akaike. *, ** y *** indican la significancia estadística al 90, 95 y 99% respectivamente.

El parámetro de la constante, y los de riesgo de tránsito, riesgo cardiorrespiratorio futuro y costos, son estadísticamente significativos al 95%. El único parámetro no significativo de estos modelos es el de riesgo cardiorrespiratorio presente. El signo negativo en los parámetros es el

esperado, ya que un mayor nivel de riesgo se espera que produzca un cambio negativo en la utilidad. La DAP de riesgo de tránsito promedio en este modelo estándar es de 158,55 pesos chilenos (CLP) por individuo (US\$ 0,264), con un intervalo de confianza entre 156,32 (US\$ 0,261) y 160,78 CLP (US\$ 0,268) y para el modelo con elecciones correlacionadas es de 150,16 CLP (US\$ 0,250) con intervalo de confianza entre 148,29 (US\$ 0,247) y 152,29 CLP (US\$ 0,254). Las DAP para riesgos cardiorrespiratorios presentes no son estadísticamente significativas.

Posteriormente, son agregadas las variables latentes z_1^* que expresa la controlabilidad frente a los accidentes de tránsito, z_2^* que refleja la preocupación por accidentes de tránsito, z_3^* que representa la controlabilidad frente a riesgos muerte prematura por enfermedades cardiorrespiratorias presentes y z_4^* que es la preocupación por el riesgo de muerte de estas mismas enfermedades. z_1^* y z_2^* son interactuadas con trans_i , mientras que z_3^* y z_4^* se interactúan con cardio_pres_i . Con esto, la ecuación (13) muestra las funciones de utilidad del MEH, en donde α_r son los parámetros de las distintas interacciones anteriormente descritas.

$$\begin{aligned}
U_0 &= ASC_0 + \beta_1 * trans_0 + \beta_2 * cardio_pres_0 + \beta_3 * cardio_fut_0 + \delta_1 * costo_0 + \varepsilon_0 \\
U_1 &= \beta_1 * trans_1 + \beta_2 * cardio_pres_1 + \alpha_1 * cardio_pres_1 * z_1^* + \alpha_2 * cardio_pres_1 * z_2^* + \beta_3 \\
&\quad * cardio_fut_1 + \alpha_3 * cardio_fut_1 * z_3^* + \alpha_4 * cardio_fut_1 * z_4^* + \delta_1 * costo_1 + \varepsilon_1 \\
U_2 &= \beta_1 * trans_2 + \beta_2 * cardio_pres_2 + \alpha_1 * cardio_pres_2 * z_1^* + \alpha_2 * cardio_pres_2 * z_2^* + \beta_3 \\
&\quad * cardio_fut_2 + \alpha_3 * cardio_fut_2 * z_3^* + \alpha_4 * cardio_fut_2 * z_4^* + \delta_1 * costo_2 + \varepsilon_2
\end{aligned}
\tag{13}$$

Los resultados de la estimación conjunta del MEH son mostrados en la

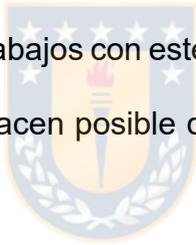
Tabla 3.

Tabla 3. Resultados estimación modelo elección híbrido.

Variable	Coefficiente	Error estándar
Constante	-0,1379	0,1745
Riesgo transito	-0,0181***	0,0020
Riesgo cardiorrespiratorio presente	-0,0022***	0,0005
Riesgo cardiorrespiratorio futuro	-0,0003**	0,0001
Costo	-0,00011***	0,00001
Controlabilidad transito	0,0015***	0,0006
Preocupación transito	-0,0021***	0,0008
Controlabilidad cardiorrespiratoria	-0,0003	0,0003
Preocupación cardiorrespiratoria	0,0010***	0,0002
<hr/>		
Tamaño muestral	775	
LL modelo completo	-18475,53	
LL solo modelo elección	-7212,3	
AIC	37133,05	
DAP tránsito	138,57 (138,33 – 138,81)	
DAP cardiorrespiratoria	20,48 (20,25 – 20,70)	

Fuente: Elaboración propia. Los valores de DAP en paréntesis son su intervalo de confianza al 95% de confianza y están en Pesos Chilenos. Errores estándar robustos. LL es el valor en que se maximiza la verosimilitud. AIC es el criterio de información de akaike. *, ** y *** indican la significancia estadística al 90, 95 y 99% respectivamente.

El parámetro de costo, las reducciones de riesgo relacionadas al tránsito y enfermedades cardiorrespiratorias futuras no interactuadas con alguna variable latente mantienen sus respectivos niveles de significancias y signos. La constante específica del status quo pierde su significancia al 95% cuando incorporamos variables latentes e interesantemente, la variable de riesgos de enfermedades cardiorrespiratorias presentes se vuelve estadísticamente significativa, contrario a lo presentado en los modelos multinomiales básicos. Cambios en la significancia o signo de variables explicativas al utilizar variables latentes no es extraño, Bouscasse (2018) en su revisión de literatura encuentra varios trabajos con este resultado, explicando que puede ser debido a que los MEH hacen posible detectar el verdadero rol de estas variables.



En cuanto a los parámetros de las variables latentes, controlabilidad en tránsito es estadísticamente significativa al 99% y con signo positivo. Esto se puede interpretar como que, al sentirse el riesgo de tránsito más controlable, es menor la disponibilidad a pagar por reducciones. Caso contrario sucede con la variable de preocupación, que es igualmente significativa, pero con signo negativo, lo que se explica porque una mayor preocupación, aumenta la probabilidad de aceptar las reducciones de riesgo que afectan negativamente a la utilidad del individuo. En las variables latentes relacionadas a las enfermedades cardiorrespiratorias, la variable de

controlabilidad no es estadísticamente significativa, pero sí lo es la interacción de preocupación. Esto hace sentido, ya que los riesgos cardiorrespiratorios son sentidos como menos controlables que los riesgos de tránsito, y el parámetro de preocupación tiene signo positivo, distinto a lo encontrado en tránsito, pero que se explica porque una mayor preocupación de los riesgos cardiorrespiratorios se puede materializar en optar por comportamientos que reduzcan los riesgos.

La DAP promedio para riesgos de tránsito en este modelo es de 138,57 CLP (US\$ 0,2309) por individuo, con un intervalo de confianza entre 138,32 (US\$ 0,2305) y 138,81 CLP (US\$ 0,2313), en cambio para riesgos cardiorrespiratorios es de 20,48 CLP (US\$ 0,0341) con intervalo de confianza al 95% entre 20,25 (US\$ 0,0338) y 20,70 CLP (US\$ 0,0345). Para analizar la estimación de un MEH, se hace necesario estudiar también los parámetros estimados del modelo estructural y el modelo de medición.

El modelo estructural contiene variables que describen si los individuos han tenido algún accidente de tránsito o una enfermedad cardiorrespiratoria en los últimos tres años, una variable dicotómica sobre el género de los individuos que toma valor uno en caso de ser hombres, dos variables

dicotómicas sobre los niveles socioeconómicos²³ de los entrevistados, una variable sobre el nivel autorreportado de salud actual, y una variable que describe el nivel de responsabilidad que perciben los individuos en la reducción de riesgos de tránsito y cardiorrespiratorios. Estas ecuaciones estructurales van acompañadas de los parámetros aleatorios $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ respectivamente, los que distribuyen independiente e idénticamente normal. Los parámetros son expresados con θ_{kr} (ecuaciones (14), (15), (16) y (17)).

$$z_1^* = \theta_{11} * accidente + \theta_{21} * genero + \theta_{31} * socioeco_1 + \theta_{41} * socioeco_2 + \theta_{51} * responsabilidad_{transito} + \mu_1 \quad (14)$$

$$z_2^* = \theta_{12} * accidente + \theta_{22} * genero + \theta_{32} * socioeco_1 + \theta_{42} * socioeco_2 + \theta_{52} * responsabilidad_{transito} + \mu_2 \quad (15)$$

$$z_3^* = \theta_{13} * enfermedad + \theta_{23} * genero + \theta_{33} * socioeco_1 + \theta_{43} * socioeco_2 + \theta_{53} * responsabilidad_{transito} + \theta_{64} * salud + \mu_3 \quad (16)$$

$$z_4^* = \theta_{14} * enfermedad + \theta_{24} * genero + \theta_{34} * socioeco_1 + \theta_{44} * socioeco_2 + \theta_{54} * responsabilidad_{transito} + \theta_{64} * salud + \mu_4 \quad (17)$$

²³ Los niveles socioeconómicos fueron contruidos en base al nivel educacional y la ocupación del jefe de hogar. Siendo el primer nivel socioeconómico el más bajo, y el tercero el más alto. En nuestro modelo se utiliza como base este último.

Para la identificación de las variables latentes, se incluye el modelo de medición, que está construido en base a indicadores sobre las actitudes de controlabilidad y preocupación de los individuos respecto a las muertes prematuras por accidentes de tránsito. Se utilizan tres indicadores para cada variable latente (I_{pr} , con p igual al número del indicador y r la variable latente), y ya que la estimación es realizada utilizando un modelo ordenado, se estiman cuatro parámetros de umbral para cada indicador. Los valores promedio en escala de Likert se expresan en la Tabla 4 cuyas escalas van de uno a cinco, en donde uno es poco control o poca preocupación y cinco que significa un alto control o preocupación:

Tabla 4. Valores promedio afirmaciones de actitud de control y preocupación.

Afirmación	Ítem	Valor promedio
Riesgos de tránsito		
¿En qué grado cree que usted puede controlar la ocurrencia de accidentes graves?		
I ₁₁	Si usted conduce a una velocidad superior a la permitida	3,01
I ₂₁	Si pasa un cruce habiendo luz amarilla en el semáforo	2,92
I ₃₁	Si adelanta a otro vehículo en un lugar no permitido	2,93
¿Qué tan preocupado está usted de sufrir un accidente de tránsito con consecuencias graves?		
I ₁₂	Se transita por autopistas de alta velocidad	3,86
I ₂₂	Si se desplaza en horarios nocturnos	3,77
I ₃₂	Si usted conduce a una velocidad superior a la permitida	4,28
Riesgos cardiorrespiratorios		
¿En qué grado cree que usted puede controlar la exposición al aire que le pueda provocar problemas de salud con consecuencias graves?		
I ₁₃	Si viviera en una zona con mala calidad de aire	2,50

I ₂₃	Si realizara habitualmente actividades que impliquen un esfuerzo físico	3,08
I ₃₃	Si se traslada durante invierno a una zona con contaminación ambiental	2,76

¿Qué tan preocupado está usted de sufrir problemas de salud como enfermedades cardiorrespiratorias a consecuencia de la contaminación del aire con consecuencias graves?

I ₁₄	Si viviera en una zona con mala calidad de aire	4,27
I ₂₄	Si realizara habitualmente actividades que impliquen un esfuerzo físico	3,75
I ₃₄	Si se traslada durante invierno a una zona con contaminación ambiental	4,27

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Tabla 5 presenta los resultados para el modelo estructural y la Tabla 6 los del modelo de medición:

Tabla 5. Resultados modelo estructural

Variable	Coefficiente	Error estándar	Variable	Coefficiente	Error estándar
Controlabilidad tránsito			Controlabilidad cardiorrespiratoria		
Accidente tránsito	0,50***	0,13	Enfermedad cardiorrespiratoria	-0,22*	0,13
Género	0,52***	0,11	Género	0,16*	0,09
Socioeconómico 1	0,28***	0,09	Socioeconómico 1	-0,28***	0,13
Socioeconómico 2	0,35***	0,11	Socioeconómico 2	-0,20	0,13
Responsabilidad tránsito	0,21***	0,03	Responsabilidad cardiorrespiratoria	0,11***	0,03
			Salud actual	-0,12*	0,07
Preocupación tránsito			Preocupación cardiorrespiratoria		
Accidente tránsito	-0,18	0,11	Enfermedad cardiorrespiratoria	-0,10	0,10
Género	-0,22**	0,11	Género	-0,19***	0,09
Socioeconómico 1	-0,62***	0,16	Socioeconómico 1	0,22	0,13
Socioeconómico 2	-0,07	0,14	Socioeconómico 2	0,32***	0,12
Responsabilidad tránsito	0,06	0,05	Responsabilidad cardiorrespiratoria	0,11***	0,03
			Salud actual	-0,19***	0,04

Fuente: Elaboración propia. *, ** y *** indican la significancia estadística al 90, 95 y 99% respectivamente.

La variable dicotómica que expresa si los individuos han tenido un accidente de tráfico en los últimos tres años es solamente significativa en la controlabilidad de accidentes de tránsito y con signo positivo, indicando que el sufrir un accidente en los últimos tres años, genera una mayor sensación de control, probablemente porque las personas sienten que no les pasará de nuevo. Sobre enfermedades cardiorrespiratorias en los últimos tres años, también es solo estadísticamente significativa para controlabilidad, pero con signo negativo, lo cual es esperado ya que experimentar enfermedades de este tipo puede ser indicativo de que se volverán a padecer. En el caso del género de los individuos, todos los parámetros son estadísticamente significativos al menos a un 90% y con signos positivo para controlabilidad, y negativo para preocupación, esto indica los hombres sienten en mayor medida control frente a los riesgos de tránsito, y a su vez menos preocupación por estos mismos comparados a las mujeres. Respecto a los grupos socioeconómicos, el grupo uno es estadísticamente significativo al 90% en todas las variables latentes, teniendo signo positivo para controlabilidad de riesgos de tránsito y preocupación por enfermedades cardiorrespiratorias, en las restantes variables latentes el ser del grupo socioeconómico uno afecta negativamente a sus variables latentes respecto a pertenecer al grupo socioeconómico tres. Para los individuos que pertenecen al segundo grupo socioeconómico, solo se tiene un efecto estadísticamente significativo en controlabilidad de tránsito y preocupación

de riesgos cardiorrespiratorios y con signo positivo. Con relación a la responsabilidad sobre la reducción de los riesgos, salvo responsabilidad en la reducción de riesgos de tránsito en la variable latente de preocupación, las demás variables son estadísticamente significativas al 99% y con un signo positivo, indicando que la percepción de responsabilidad sobre las reducciones está directamente relacionada a la intensidad de la actitud que presentan los individuos. Por último, la variable estado de salud autorreportado fue incluida solamente en el modelo estructural de las variables latentes de riesgos cardiorrespiratorios y fue estadísticamente significativa en ambas variables y con signo negativo.

Tabla 6. Resultados del modelo de medición.

Variable	Coficiente	Error estándar	Variable	Coficiente	Error estándar
Indicadores Controlabilidad tránsito			Indicadores Controlabilidad cardiorrespiratoria		
γ_{11}	4,48***	0,38	γ_{13}	2,73***	0,27
γ_{21}	7,35***	0,79	γ_{23}	2,38***	0,21
γ_{31}	7,01***	0,78	γ_{33}	3,50***	0,38
τ_{11_1}	2,05***	0,56	τ_{13_1}	-4,08***	0,54
τ_{11_2}	4,22***	0,61	τ_{13_2}	-2,98***	0,51
τ_{11_3}	6,18***	0,69	τ_{13_3}	-1,50***	0,50
τ_{11_4}	8,24***	0,78	τ_{13_4}	0,15	0,51
τ_{21_1}	4,27***	0,97	τ_{23_1}	-4,33***	0,61
τ_{21_2}	7,30***	1,17	τ_{23_2}	-2,99***	0,58
τ_{21_3}	10,51***	1,43	τ_{23_3}	-1,50***	0,56
τ_{21_4}	13,37***	1,70	τ_{23_4}	0,44	0,56
τ_{31_1}	4,36***	0,90	τ_{33_1}	-4,61***	0,51
τ_{31_2}	7,09***	1,05	τ_{33_2}	-3,62***	0,46
τ_{31_3}	9,81***	1,22	τ_{33_3}	-2,45***	0,44
τ_{31_4}	12,40***	1,41	τ_{33_4}	-0,75	0,42
Indicadores Preocupación tránsito			Indicadores Preocupación cardiorrespiratoria		
γ_{12}	2,12***	0,20	γ_{14}	2,64***	0,34

γ_{22}	2,35***	0,25	γ_{24}	1,55***	0,17
γ_{32}	1,73***	0,18	γ_{34}	2,07***	0,24
τ_{12_1}	-6,21***	0,65	τ_{14_1}	-2,00***	0,83
τ_{12_2}	-5,31***	0,58	τ_{14_2}	-0,51	0,81
τ_{12_3}	-3,29***	0,48	τ_{14_3}	0,99	0,79
τ_{12_4}	-1,18***	0,41	τ_{14_4}	2,80***	0,79
τ_{22_1}	-3,30***	0,31	τ_{24_1}	-3,10***	0,70
τ_{22_2}	-2,71***	0,30	τ_{24_2}	-1,65***	0,70
τ_{22_3}	-1,31***	0,26	τ_{24_3}	0,02	0,70
τ_{22_4}	0,35	0,24	τ_{24_4}	1,58**	0,71
τ_{32_1}	-5,10***	0,46	τ_{34_1}	-2,95***	1,03
τ_{32_2}	-4,45***	0,43	τ_{34_2}	-1,15	1,02
τ_{32_3}	-3,02***	0,37	τ_{34_3}	0,44	1,02
τ_{32_4}	-0,93***	0,33	τ_{34_4}	2,23***	1,05

Fuente: Elaboración propia. *, ** y *** indican la significancia estadística al 90, 95 y 99% respectivamente.

En cuanto al modelo de medición, el impacto de los γ_{pr} parámetros en las variables latentes, tanto de riesgos de tránsito como cardiorrespiratorios, es estadísticamente significativo en todos los indicadores actitudinales teniendo además un signo positivo transversalmente, lo que se interpreta como que un mayor valor de la variable latente identifica a los individuos que más están preocupados o control sienten que tienen. Los parámetros τ_{pr_l} (en donde p es la variable indicadora, r la variable latente y l el umbral correspondiente) representan los umbrales del modelo ordenado estimado, aunque estos parámetros no tienen una interpretación particularmente útil para este caso, son estadísticamente significativos en gran parte de los indicadores.

En la

y Tabla 3 se incorporan los valores calculados de las DAP de cada modelo, las cuales son 158,55 CLP con un intervalo de confianza al 95% de entre 156,32 y 160,78 CLP para el modelo de elección discreta tradicional, 150,16 CLP con un intervalo de confianza al 95% de entre 148,29 y 152,29 para el modelo con elecciones correlacionadas y 138,57 CLP con intervalo de confianza al 95% de entre 138,33 y 138,81 CLP para el MEH. A través de un test de diferencia de medias se comprueba que los valores promedio de DAP entre estos modelos son estadísticamente diferentes al 95% de confianza. Con estos valores, se realiza la agregación de resultados para obtener el VEV poblacional. La estrategia de agregación fue descrita en el apartado anterior y se resume en la ecuación (11). La fórmula consta de la P_{re} , que es el total aproximado de población por segmento de edad en el año 2014 en el Gran Santiago, estos valores son 1.900.000 individuos para el tramo de edad entre 25 y 44 años, 1.500.000 para el tramo entre 45-64 años, y 600.000 personas corresponden al último tramo de mayores a 65 años según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2014).

La Tabla 7 resume los valores calculados en esta investigación con sus respectivos intervalos de confianza. Adicionalmente incorpora los VEV promedios calculados por Parada-Contzen et al. (2013), DICTUC (2014), el trabajo de Roy y Braathen (2017) para la OCDE, Mardones y Riquelme (2018) y Parada-Contzen (2019). Se incluyen solamente estos valores ya que Rizzi y De La Maza (2017) resumen las estimaciones anteriores para Chile hasta el 2012, encontrando un rango entre US\$ 227 mil y US\$ 2,096 millones (entre US\$ 225 mil y US\$ 2,079 millones convertidos a dólares del 2017), pero su cota superior se refiere al estudio OCDE (2012), valor que ha sido actualizado en Roy y Braathen (2017), además no incorpora el valor de Parada-Contzen et al. (2013), ni tampoco DICTUC (2014), aunque para este último argumenta que es un trabajo en progreso. Las estimaciones de VEV para reducciones de riesgos cardiorrespiratorios del modelo condicional clásico y el que correlaciona las elecciones no son presentados, puesto que sus DAP no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 7. Actualización de estimaciones VEV en Chile.

Artículo	Valor estimación	Tipo de riesgos	Metodología	Datos y lugar
Presente trabajo	US\$ 5,37 millones (US\$ 5,29 millones - US\$ 5,45 millones)	Reducción de riesgos de tránsito	PD - Logit multinomial con constante en status quo	Datos 2014 – Santiago
Presente trabajo	US\$ 5,09 millones (US\$ 5,01 millones - US\$ 5,16 millones)	Reducción de riesgos de tránsito	PD - Logit multinomial con constante en status quo y correlación en elecciones	Datos 2014 – Santiago
Presente trabajo	US\$ 4,69 millones (US\$ 4,68 millones – US\$ 4,70 millones)	Reducción de riesgos de tránsito	PD - Modelo de elección Híbrida	Datos 2014 – Santiago

Presente trabajo	US\$ 694 mil (US\$ 686 mil - US\$ 701 mil)	Reducción de riesgos cardiorrespiratorios	PD - Modelo de elección Híbrida	Datos 2014 – Santiago
Parada-Contzen et al. (2013)	US\$ 5,7 millones ²⁴	Riesgos laborales	PR - Salarios Hedónicos	CASEN 2006- Nacional
DICTUC (2014)	US\$ 6,40 millones	Reducción de riesgos de tránsito	PD - Logit multinomial Básico con constante en status quo ²⁵	Datos 2014 - Santiago
DICTUC (2014)	US\$ 6,49 millones	Reducción de riesgos de tránsito	PD - Logit multinomial con constante en status quo y correlación en elecciones	Datos 2014 - Santiago
DICTUC (2014)	US\$ 372 mil	Reducción de riesgos cardiorrespiratorios	PD - Logit multinomial Básico con constante en status quo	Datos 2014 - Santiago
DICTUC (2014)	US\$ 741 mil	Reducción de riesgos cardiorrespiratorios	PD - Logit multinomial con constante en status quo y correlación en elecciones	Datos 2014 - Santiago
Roy y Braathen (2017)	US\$ 2,5 millones	Contaminación del aire	metaanálisis	A valores 2015
Mardones y Riquelme (2018)	US\$ 1,48 millones y US\$ 4,85 millones ²⁶	Riesgos Laborales	PR - Salarios Hedónicos. MCO y heckit	CASEN 2013- Nacional
(Parada-Contzen, 2019)	US\$ 3,96 millones ²⁷	Riesgos Laborales	PR - Salarios Hedónicos.	EPS 2004, 2006 y 2009

Fuente: Elaboración propia. Valores en millones de dólares. Valores actualizados a 2017 por tipo de cambio.

El VEV calculado para riesgos de muerte prematura debido a accidentes viales con el modelo logit condicional es de US\$ 5,37 millones

²⁴ Valor sin corrección de endogeneidad, este trabajo argumenta que, al corregir con un método de dos etapas, el VEV sería cercano a los US\$ 15,7 millones.

²⁵ Este trabajo reporta estimaciones con diversos modelos, por lo cual solo se informan los valores directamente comparables con nuestras estimaciones. Si bien ambos trabajos se han realizado con la misma base de datos, el nuestro posee una base con menos datos, debido a que muchas observaciones no se podían utilizar por *missing values* en las preguntas de escala de Likert (pasamos de 1125 a 775 individuos).

²⁶ Con heckit realiza corrección de endogeneidad.

²⁷ Corresponde al valor con la muestra completa. En su artículo la autora calcula valores desde US\$ 0,75 millones a US\$ 10,62 millones según la especificación de riesgo utilizada.

aproximadamente, con un rango entre US\$ 5,29 millones y US\$ 5,25 millones, y al incorporar variables latentes el VEV es de US\$ 4,69 millones con un intervalo entre los US\$ 4,68 y los US\$ 4,70 millones aproximadamente. En cuanto a la estimación de riesgos de muerte prematura por enfermedad cardiorrespiratoria vinculada a causas atmosféricas, el valor promedio para el MEH es de US\$ 694 mil, con un intervalo de confianza entre US\$ 686 y US\$ 701 mil, aunque no se pudo estimar un VEV para los modelos sin variables latentes ya que sus DAP no fueron estadísticamente significativas, sí se puede comparar con los valores promedio de DICTUC (2014), que son US\$ 372 mil para el modelo básico, y US\$ 741 mil para el modelo con elecciones correlacionadas. Los valores de tránsito están cerca a los que reportan Parada-Contzen et al. (2013) y Mardones y Riquelme (2018), pero están por sobre el resto de los valores calculados para Chile. En DICTUC (2014) se argumenta que los valores por sobre la literatura hasta ese momento se pueden deber porque los estudios anteriores son bastante antiguos (entre 1999 y 2002), por tanto puede haber un efecto ingreso. Se argumenta también que los estudios de PD anteriores son realizados con muestras convenientes, y no realmente aleatorias. Por último, las personas pueden haber ignorado el hecho de que los pagos generaban una reducción de riesgos individuales, y supusieran que el beneficio por reducción de riesgos afecta también a otras personas, generando un efecto altruista (Alberini y Ščasný, 2013). Al estar utilizándose

la misma base de datos, estas explicaciones pueden extenderse al actual trabajo.

En términos internacionales, el metaanálisis de Dekker et al. (2011) resume VEV de 26 países, obteniendo una media de US\$ 2,4 millones de dólares (US\$ 3,2 millones convertidos al año 2017),²⁸ con un intervalo de entre US\$ 1,1 y US\$ 4,7 millones para riesgos de tránsito (entre US\$ 1,47 Y US\$ 6,26 millones convertidos al año 2017), y riesgos generales (que incluyen riesgos del aire) con una media de US\$7,5 millones (US\$ 10 millones convertidos al año 2017) y su intervalo de confianza de entre US\$ 3,0 y \$15,3 millones (entre US\$ 4 y US\$ 20,1 millones). Hoffmann et al. (2017) realizan una serie de estudios de PD para mejorar los valores en que se basan las transferencias de beneficios internacionalmente, los promedios de sus valores actualizados al 2016 por inflación van entre US\$ 646 mil dólares en China, a US\$ 5,31 millones de dólares en Francia. Lindhjem et al. (2011) realizan un metaanálisis global de VEV proveniente de encuestas de PD, encontrando una media de US\$7,4 millones (dólares del 2005, convertidos al 2017 son US\$ 9,6 millones). Viscusi y Masterman (2017b) reportan valores de VEV para 189 países, con un rango entre US\$ 45.000 y US\$18.300.000, asignando un valor medio de US\$1.200.000 a los países de ingreso medio-

²⁸ Actualización se realiza con inflación reportada por banco mundial:
<https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG?locations=US>

alto. Si se comparan los resultados de este trabajo respecto a esta serie de trabajos, probablemente el valor se encuentra en la cota superior de los VEV, pero hay que considerar la potencial sobrestimación del valor producto de los problemas de la encuesta que se han descrito.

6. Conclusiones

En este trabajo se estima las disposiciones a pagar y el valor estadístico de la vida para la población del gran Santiago utilizando variables que capturan actitudes y percepciones de los individuos sobre los riesgos de tránsito y cardiorrespiratorios.



El VEV obtenido con un MEH con las variables latentes controlabilidad y preocupación es estadísticamente diferente al que se obtiene desde un modelo de elección tradicional. Por tanto, se recomienda explorar la incorporación de variables latentes en la estimación de VEV cuando se realiza un experimento de elección, ya que sirve para contrastar valores y estudiar posibles sub o sobre estimaciones, y también producto de las ventajas en términos de eficiencia y mayor realismo del comportamiento de los individuos es un valor agregado a la formulación de políticas públicas relacionadas.

A nuestro saber, este es el primer trabajo en la literatura que incorpora actitudes y percepciones en la estimación de VEV utilizando un MEH, por lo que se debe considerar más un aporte metodológico que uno empírico en el campo.

A modo de limitaciones, se debe considerar que se excluyeron de la muestra quienes aseguran que su principal medio de transporte es ser peatones, y además fue realizada en una muestra aleatoria para el Gran Santiago. Por tanto, no es recomendable expandir estos resultados a la población total de Chile, ni a los que se mueven principalmente como peatones.

Para futuras investigaciones, es interesante incorporar nuevas variables latentes como lo es la ansiedad o el miedo a la muerte prematura. Además, se pueden utilizar las variables latentes específicas por alternativa, y así no es necesario interactuar cada variable latente con un tipo de riesgo. Otra discusión relevante, es sobre la estimación de VEV, si la naturaleza de las variables latentes debe afectar a la forma de calcular el VEV. Finalmente, recomendamos generar encuestas de PD en otras regiones de Chile y otros países, comparando los resultados de la incorporación de variables latentes que probablemente variarán según el contexto en el que se analizan.

Bibliografia

- Abou-Zeid, M., & Ben-Akiva, M. (2014). 17 Hybrid choice models. *Handbook of choice modelling*, 383.
- Alberini, A., & Chiabai, A. (2007). Urban environmental health and sensitive populations: How much are the Italians willing to pay to reduce their risks? *Regional science and urban economics*, 37(2), 239-258. doi:10.1016/j.regsciurbeco.2006.08.008
- Alberini, A., Cropper, M., Krupnick, A., & Simon, N. B. (2004). Does the value of a statistical life vary with age and health status? Evidence from the US and Canada. *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(1), 769-792. doi:10.1016/j.jeem.2003.10.005
- Alberini, A., Hunt, A., & Markandya, A. (2006). Willingness to pay to reduce mortality risks: evidence from a three-country contingent valuation study. *Environmental and Resource Economics*, 33(2), 251-264.
- Alberini, A., & Ščasný, M. (2011). Context and the VSL: Evidence from a Stated Preference Study in Italy and the Czech Republic. *Environmental and Resource Economics*, 49(4), 511-538. doi:10.1007/s10640-010-9444-8
- Alberini, A., & Ščasný, M. (2013). Exploring heterogeneity in the value of a statistical life: Cause of death v. risk perceptions. *Ecological Economics*, 94, 143-155.
- Aldy, J. E., & Viscusi, W. K. (2007). Age differences in the value of statistical life: revealed preference evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(2), 241-260.
- Aldy, J. E., & Viscusi, W. K. (2008). Adjusting the value of a statistical life for age and cohort effects. *The Review of Economics and Statistics*, 90(3), 573-581.
- Andersson, H., & Treich, N. (2011). The value of a statistical life. *A handbook of transport economics*, 396.
- Ashenfelter, O. (2006). Measuring the value of a statistical life: problems and prospects. *The Economic Journal*, 116(510).
- Ashok, K., Dillon, W. R., & Yuan, S. (2002). Extending discrete choice models to incorporate attitudinal and other latent variables. *Journal of Marketing Research*, 39(1), 31-46.

- Bahamonde-Birke, F., & Ortuzar, J. (2015). About the categorization of latent variables in hybrid choice models.
- Baranzini, A., & Luzzi, G. F. (2001). The economic value of risks to life: evidence from the Swiss labour market. *REVUE SUISSE D ECONOMIE POLITIQUE ET DE STATISTIQUE*, 137(2), 149-170.
- Beck, M. J., & Hess, S. (2017). *On the stability of preferences and attitudes: a hybrid model of air travel preferences at two different points in time*. Retrieved from
- Bellavance, F., Dionne, G., & Lebeau, M. (2009). The value of a statistical life: A meta-analysis with a mixed effects regression model. *Journal of health economics*, 28(2), 444-464.
- Ben-Akiva, M., McFadden, D., Train, K., Walker, J., et al. (2002). Hybrid choice models: progress and challenges. *Marketing Letters*, 13(3), 163-175.
- Ben-Akiva, M., Walker, J., Bernardino, A. T., Gopinath, D. A., et al. (2002). Integration of choice and latent variable models. *Perpetual motion: Travel behaviour research opportunities and application challenges*, 431-470.
- Bleichrodt, H., Courbage, C., & Rey, B. (2019). The value of a statistical life under changes in ambiguity. *Journal of risk and uncertainty*, 58(1), 1-15. doi:10.1007/s11166-019-09296-3
- Bolduc, D., & Alvarez-Daziano, R. (2010). *On estimation of hybrid choice models*. Paper presented at the Choice Modelling: The State-of-the-Art and the State-of-Practice: Proceedings from the Inaugural International Choice Modelling Conference.
- Bolduc, D., Boucher, N., & Alvarez-Daziano, R. (2008). Hybrid choice modeling of new technologies for car choice in Canada. *Transportation Research Record*, 2082(1), 63-71.
- Bollen, K. A. (2002). Latent variables in psychology and the social sciences. *Annual review of psychology*, 53(1), 605-634.
- Bouscasse, H. (2018). Integrated choice and latent variable models: A literature review on mode choice.
- Bowland, B. J., & Beghin, J. C. (2001). Robust estimates of value of a statistical life for developing economies. *Journal of Policy Modeling*, 23(4), 385-396.
- Carlsson, F., Daruvala, D., & Jaldell, H. (2010). Value of statistical life and cause of accident: A choice experiment. *Risk Analysis: An International Journal*, 30(6), 975-986.
- Chorus, C. G., & Kroesen, M. (2014). On the (im-) possibility of deriving transport policy implications from hybrid choice models. *Transport Policy*, 36, 217-222.
- Cousineau, J.-M., Girard, A.-M., & Lacroix, R. (1992). Occupational hazard and wage compensating differentials. *The Review of Economics and Statistics*, 166-169.
- Daly, A., Hess, S., Patrui, B., Potoglou, D., et al. (2012). Using ordered attitudinal indicators in a latent variable choice model: a study of the impact of security on rail travel behaviour. *Transportation*, 39(2), 267-297.

- Day, B. (1999). A meta-analysis of wage-risk estimates of the value of a statistical life.
- Dekker, T., Brouwer, R., Hofkes, M., & Moeltner, K. (2011). The Effect of Risk Context on the Value of a Statistical Life: a Bayesian Meta-model. *Environmental and Resource Economics*, 49(4), 597-624. doi:10.1007/s10640-011-9456-z
- DICTUC. (2014). *Estimación del valor de la vida estadística asociado a contaminación atmosférica y accidentes de tránsito*. Final Report for the Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile.
- Drèze, J. (1962). L'utilité sociale d'une vie humaine. *Revue française de recherche opérationnelle*, 23, 93.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational researcher*, 5(10), 3-8.
- González, R. M., Román, C., Amador, F. J., Rizzi, L. I., et al. (2018). Estimating the value of risk reductions for car drivers when pedestrians are involved: a case study in Spain. *Transportation*, 45(2), 499-521.
- Green, P. E. (1984). Hybrid models for conjoint analysis: An expository review. *Journal of Marketing Research*, 155-169.
- Hammitt, J. K., & Robinson, L. A. (2011). The income elasticity of the value per statistical life: transferring estimates between high and low income populations. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 2(1), 1-29.
- Hensher, D. A., Rose, J. M., & Greene, W. H. (2005). *Applied choice analysis: a primer*: Cambridge University Press.
- Hess, S., & Daly, A. (2014). *Handbook of choice modelling*: Edward Elgar Publishing.
- Hess, S., & Palma, D. (2019). Apollo: a flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application.
- Hoffmann, S., Krupnick, A., & Qin, P. (2017). Building a Set of Internationally Comparable Value of Statistical Life Studies: Estimates of Chinese Willingness to Pay to Reduce Mortality Risk. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 8(2), 251-289.
- INE. (2014). Estadísticas demográficas y vitales.
- ITF. (2017). *Road Safety Annual Report 2017*. https://www.oecd-ilibrary.org/transport/road-safety-annual-report-2017_irtad-2017-en: OECD - International Transport Forum.
- Johnston, R. J., Rolfe, J., Rosenberger, R. S., & Brouwer, R. (2015). Introduction to benefit transfer methods *Benefit Transfer of Environmental and Resource Values* (pp. 19-59): Springer.
- Jones-Lee, M. W. (1985). The value of life and safety: a survey of recent developments. *Geneva Papers on Risk and Insurance*, 141-173.
- Kamargianni, M., Ben-Akiva, M., & Polydoropoulou, A. (2014). Incorporating social interaction into hybrid choice models. *Transportation*, 41(6), 1263-1285.

- Kim, J., Rasouli, S., & Timmermans, H. (2014). Hybrid choice models: principles and recent progress incorporating social influence and nonlinear utility functions. *Procedia Environmental Sciences*, 22, 20-34.
- Kochi, I., Hubbell, B., & Kramer, R. (2006). An empirical Bayes approach to combining and comparing estimates of the value of a statistical life for environmental policy analysis. *Environmental & Resource Economics*, 34(3), 385-406.
- Krupnick, A., Alberini, A., Cropper, M., Simon, N., et al. (2002). Age, health and the willingness to pay for mortality risk reductions: a contingent valuation survey of Ontario residents. *Journal of risk and uncertainty*, 24(2), 161-186.
- Lindhjem, H., Navrud, S., Braathen, N. A., & Biaisque, V. (2011). Valuing mortality risk reductions from environmental, transport, and health policies: A global meta-analysis of stated preference studies. *Risk Analysis: An International Journal*, 31(9), 1381-1407.
- Mardones, C., & Riquelme, M. (2018). Estimation of the Value of Statistical Life in Chile and Extrapolation to Other Latin American Countries. *Latin American Research Review*, 53(4).
- Márquez, L., Cantillo, V., & Arellana, J. (2018). Assessing the influence of indicators' complexity on hybrid discrete choice model estimates. *Transportation*, 1-24.
- McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.
- McFadden, D. (1986). The choice theory approach to market research. *Marketing science*, 5(4), 275-297.
- McFadden, D. (2001). Economic choices. *American economic review*, 91(3), 351-378.
- Miller, T. R. (2000). Variations between countries in values of statistical life. *Journal of transport economics and policy*, 169-188.
- Mrozek, J. R., & Taylor, L. O. (2002). What determines the value of life? A meta-analysis. *Journal of Policy analysis and Management*, 21(2), 253-270.
- OCDE. (2012). *Mortality risk valuation in environment, health and transport policies*: OECD Publishing.
- Ortúzar, J. d. D., Cifuentes, L. A., & Williams, H. C. (2000). Application of willingness-to-pay methods to value transport externalities in less developed countries. *Environment and Planning A*, 32(11), 2007-2018.
- Parada-Contzen, M. (2019). The Value of a Statistical Life for Risk-Averse and Risk-Seeking Individuals. *Risk Analysis: An International Journal*.
- Parada-Contzen, M., Riquelme-Won, A., & Vasquez-Lavin, F. (2013). The value of a statistical life in Chile. *Empirical Economics*, 45(3), 1073-1087.
- Persson, U., Norinder, A., Hjalte, K., & Gralén, K. (2001). The value of a statistical life in transport: findings from a new contingent valuation study in Sweden. *Journal of risk and uncertainty*, 23(2), 121-134.
- Raveau, S., Álvarez-Daziano, R., Yáñez, M. F., Bolduc, D., et al. (2010). Sequential and simultaneous estimation of hybrid discrete choice models: some new findings. *Transportation Research Record*, 2156(1), 131-139.

- Raveau, S., Yáñez, M. F., & Ortúzar, J. d. D. (2012). Practical and empirical identifiability of hybrid discrete choice models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(10), 1374-1383.
- Rizzi, L. I., & De La Maza, C. (2017). The external costs of private versus public road transport in the Metropolitan Area of Santiago, Chile. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 98, 123-140.
- Rizzi, L. I., De La Maza, C., Cifuentes, L. A., & Gómez, J. (2014). Valuing air quality impacts using stated choice analysis: Trading off visibility against morbidity effects. *Journal of environmental management*, 146, 470-480.
- Rizzi, L. I., & Ortúzar, J. d. D. (2003). Stated preference in the valuation of interurban road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 35(1), 9-22.
- Roy, R., & Braathen, N. A. (2017). The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century.
- Schelling, T. C. (1968). The life you save may be your own. *Problems in public expenditure*, 127-162.
- Siebert, W. S., & Wei, X. (1994). Compensating wage differentials for workplace accidents: evidence for union and nonunion workers in the UK. *Journal of risk and uncertainty*, 9(1), 61-76.
- Smith. (1974). The feasibility of an "injury tax" approach to occupational safety. *Law and Contemporary Problems*, 38(4), 730-744.
- Thaler, R., & Rosen, S. (1976). The value of saving a life: evidence from the labor market *Household production and consumption* (pp. 265-302): NBER.
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*: Cambridge university press.
- Treich, N. (2010). The value of a statistical life under ambiguity aversion. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1), 15-26. doi:10.1016/j.jeem.2009.05.001
- Varela, J. M. (2018). Misspecified Hybrid Choice Models: An empirical study of parameter bias and model selection.
- Vij, A., & Walker, J. (2014). *Hybrid choice models: The identification problem*. Edward Elgar Publishing Limited.
- Viscusi, & Masterman. (2017a). Anchoring biases in international estimates of the value of a statistical life. *Journal of risk and uncertainty*, 54(2), 103-128. doi:10.1007/s11166-017-9255-1
- Viscusi, & Masterman. (2017b). Income elasticities and global values of a statistical life. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 8(2), 226-250.
- Viscusi, W. K. (1993). The value of risks to life and health. *Journal of economic literature*, 31(4), 1912-1946.
- Viscusi, W. K. (2013). Using data from the Census of Fatal Occupational Injuries to estimate the value of a statistical life. *Monthly Lab. Rev.*, 136, 1.
- Viscusi, W. K. (2018). Best Estimate Selection Bias in the Value of a Statistical Life. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 9(2), 205-246.

- Viscusi, W. K., & Aldy, J. E. (2003). The value of a statistical life: a critical review of market estimates throughout the world. *Journal of risk and uncertainty*, 27(1), 5-76.
- Viscusi, W. K., Huber, J., & Bell, J. (2014). Assessing whether there is a cancer premium for the value of a statistical life. *Health economics*, 23(4), 384-396.
- Walker, J., & Ben-Akiva, M. (2002). Generalized random utility model. *Mathematical social sciences*, 43(3), 303-343.

