
VALORACIÓN SOCIAL DE LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES EN CARRETERAS A PARTIR DE PERCEPCIONES SUBJETIVAS: METODOLOGÍA Y APLICACIÓN

Sergio Jara-Díaz, Tristán Gálvez Pérez y Cristian Vergara Novoa
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile
Casilla 228-3, Santiago, Chile. Fono 562-6784380, Fax 562-6718788,
e-mail: jaradiaz@cec.uchile.cl

RESUMEN

En este artículo se propone y aplica experimentalmente un método para la valoración social de los accidentes de tránsito, usando el enfoque de evaluación propuesto por Gálvez y Jara-Díaz (1998). Dicho enfoque descansa, fundamentalmente, en la determinación de las percepciones subjetivas de los atributos que se deseen valorar y en el cálculo de una utilidad social del dinero. En este caso, para captar la percepción de la variable accidentes, se realizó un cuidadoso experimento de preferencias declaradas, basado en una medida objetiva para describir este atributo. Con la información obtenida se estimó modelos con tasa de gasto (Jara-Díaz y Farah, 1986) y modelos estratificados por nivel socioeconómico, de manera de captar el efecto del ingreso en la elección de los individuos. Sobre la base de los parámetros obtenidos en la modelación se determinó la valoración social de los accidentes, a partir del enfoque propuesto, encontrándose que ésta es muy similar en cada uno de los estratos considerados. Además, fue posible cuantificar el beneficio que obtendría la sociedad con la implementación de un proyecto de transporte que produzca una reducción unitaria en el número de accidentes fatales al año.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico y la acelerada expansión de muchas ciudades ha provocado un aumento significativo en el uso de sistemas de transporte, los que han contribuido a la generación de variadas externalidades, entre las que se encuentran los **accidentes de tránsito**. Éstos han sido objeto de mucho análisis en la literatura, debido a que interesa considerarlos específicamente en la evaluación de proyectos de transporte. Con este fin, se han realizado investigaciones para tratar de determinar los beneficios asociados a la reducción de accidentes. Por una parte, existen intentos de acercarse a estos valores a través de un análisis de *costos* (por ejemplo Underwood *et al*, 1993), que considera la cuantificación directa de la variación del consumo de recursos provocada por la externalidad. Por otra parte, existe la posibilidad de analizar el problema desde la perspectiva del daño percibido por los individuos potencialmente afectados por esta externalidad. En este contexto, los modelos de elección discreta, utilizados para estimar la demanda por transporte, cobran relevancia, ya que permiten captar dichas percepciones. Además, por medio de éstos, y gracias a los desarrollos de Small y Rosen (1981) y Jara-Díaz (1990), sería posible determinar el beneficio individual de implementar una reducción en los accidentes.

El objetivo principal de este artículo es analizar la posibilidad de aproximarse al problema de la valoración social de los accidentes de tránsito en proyectos de inversión en transporte, mediante la adecuada consideración social de las percepciones subjetivas de los individuos. Tales percepciones son potencialmente detectables a partir de modelos de demanda que incorporen como variables dichas externalidades. En este caso esto parece ser posible, lo que otorga relevancia a la potencial transformación de las valoraciones subjetivas en valoraciones sociales, mediante el enfoque de evaluación social propuesto por Gálvez y Jara-Díaz (1998), en el cual es particularmente relevante la estimación de utilidades marginales.

En la sección 2, se presenta el enfoque de evaluación propuesto. En la sección 3, junto con mostrar la aplicación del enfoque al caso de accidentes de tránsito, se presenta la forma en que ha sido tratada esta variable en la literatura. En la sección 4, se resume el experimento realizado para captar la percepción de accidentes y, además, se presentan los modelos estimados. En la sección 5, se calculan las valoraciones sociales para esta externalidad y, finalmente, en la sección 6, se presenta una síntesis con las principales conclusiones.

2. UN ENFOQUE PARA LA VALORACION SOCIAL DE EFECTOS CUALITATIVOS EN PROYECTOS DE TRANSPORTE

El enfoque de evaluación propuesto por Gálvez y Jara-Díaz (1998), parte de la base de la existencia de una función de bienestar (utilidad) social W que depende del bienestar de todos los individuos de la sociedad. Dicho bienestar individual depende de la cantidad de bienes consumidos (X_{iq}), los cuales tienen relación directa con el ingreso individual (I_q) y con los precios de mercado (P_M). Lo anterior, puede ser expresado como

$$W = W(W_1, \dots, W_q, \dots, W_n) \quad (1)$$

donde

$$W_q = W_q(X_{iq}(I_q, P_M)) = V_q(I_q, P_M) \quad (2)$$

representa la utilidad indirecta del individuo q .

En general, en la evaluación social de un proyecto, los efectos percibidos por los individuos pueden ser expresados en términos monetarios (excedente del consumidor, dB_q), con lo que un cambio en el bienestar social puede expresarse como

$$dW = \sum_q \frac{\partial W}{\partial W_q} \frac{\partial W_q}{\partial I_q} dB_q = \sum_q \frac{\partial W}{\partial W_q} \lambda_q dB_q \quad (3)$$

donde λ_q es la utilidad marginal del ingreso

La ecuación (3) establece que la variación del bienestar social es igual a una suma ponderada de los beneficios de todos los integrantes de la sociedad, donde $\lambda_q dB_q$ es la utilidad que le reporta al individuo q los beneficios obtenidos por el proyecto, y $\partial W / \partial W_q$ corresponde a la importancia que tiene para la sociedad el bienestar de dicho individuo. Si se desea valorar el cambio en el bienestar social en términos monetarios, es necesario definir un factor de conversión λ_s (o utilidad social del dinero), de forma tal que

$$dB = \frac{dW}{\lambda_s} = \sum_q \frac{\partial W}{\partial W_q} \frac{\lambda_q}{\lambda_s} dB_q \quad (4)$$

Si se considera que cada individuo (grupo) es igualmente importante dentro de la sociedad, entonces

$$dB = \sum_q \frac{\lambda_q}{\lambda_s} dB_q \quad (5)$$

Para determinar la utilidad social del dinero es posible considerar la equivalencia implícita entre la recolección de impuestos individuales y la pérdida de bienestar social debido a la recaudación de tributos. Dicha pérdida social de bienestar está determinada por

$$dW = \sum_{q \in P} \lambda_q dT_q \quad (6)$$

donde P representa el conjunto de estratos de la sociedad que pagan impuestos y dT_q es la cantidad tributada por el estrato q . Por otra parte, el dinero total recaudado es $\sum_{q \in P} dT_q$. Luego, la razón entre la pérdida de bienestar social y la cantidad total recaudada es, por definición, un factor de conversión implícitamente acordado y aceptado socialmente. Entonces

$$\lambda_s = \frac{dW}{\sum_{q \in P} dT_q} = \frac{\sum_{q \in P} \lambda_q dT_q}{\sum_{q \in P} dT_q} = \sum_{q \in P} \lambda_q \theta_q \quad (7)$$

donde θ_q es la proporción, dentro del total, tributada por el estrato q .

A continuación, se verá el caso de la ecuación (5) en el contexto de elecciones discretas en transporte, lo que otorga a λ_q y dB_q características particulares. Primero, λ_q corresponde al valor absoluto del coeficiente del costo (Viton, 1985; Jara-Díaz y Farah, 1988). Segundo, dB_q que corresponde a la variación de utilidad del estrato valorada en dinero, puede ser calculado por medio de la siguiente integral de línea generalizada (Small y Rosen, 1981)

$$dB_q = \frac{N_q}{\lambda_q} \int_{U^0}^{U^1} \sum_{i|U^0 \in M_q} \pi_i^q(U) dU_i \quad (8)$$

donde U_i es una función de utilidad (indirecta) representativa, idéntica para los N_q individuos del grupo q y que depende de los costos y atributos de las alternativas. La función $\pi_i^q(U)$ es la probabilidad de escoger i del conjunto de elección M_q . Los niveles de utilidad U^0 y U^1 dependen de los niveles de los costos y atributos de las alternativas en los estados respectivos (0-1)

Escogiendo una trayectoria lineal de integración y siguiendo los desarrollos de Jara-Díaz (1990), se obtiene

$$dB_q = \frac{1}{\lambda_q} \sum_{i \in M_q} \bar{X}_i^q \left(\frac{\partial U_i^q}{\partial c_i} \Delta c_i + \sum_a \frac{\partial U_i^q}{\partial h_a} \Delta h_a \right) \quad (9)$$

donde $\bar{X}_i^q = \frac{N_q}{2} (\pi_i^{q^0} + \pi_i^{q^1})$ representa la demanda promedio del grupo q por la alternativa i debido al cambio en los atributos. El módulo de $\partial U_i^q / \partial c_i$ es la utilidad marginal del dinero para el estrato q , en tanto que $\partial U_i^q / \partial h_a$ es la utilidad marginal del estrato q producida por una variación en el atributo h_a ; finalmente, Δc_i y Δh_a corresponden, respectivamente, a las variaciones en los costos y atributos de las alternativas disponibles. Reordenando

$$dB_q = - \sum_{i \in M_q} \bar{X}_i^q \Delta c_i + \sum_a VSh_a^q \sum_{i \in M_q} \bar{X}_i^q \Delta h_a \quad (10)$$

donde

$$VSh_a^q = \frac{\partial U_i^q}{\partial h_a} / \lambda_q \quad (11)$$

corresponde al **valor subjetivo del atributo** h_a para el grupo q , que en el caso de una función de utilidad lineal, toma la forma

$$VSh_a^q = \frac{\beta_a^q}{\lambda_q} \quad (12)$$

donde β_a^q es el coeficiente asociado a h_a . Luego, reemplazando la ecuación (12) en la (10) y su resultado en la ecuación (5), se obtiene

$$dB = -\sum_q \frac{\lambda_q}{\lambda_s} \sum_{i \in M_q} \bar{X}_i^q \Delta c_i + \sum_q \sum_a \frac{\beta_a^q}{\lambda_s} \sum_{i \in M_q} \bar{X}_i^q \Delta h_{a_i} \quad (13),$$

expresión que corresponde al beneficio obtenido por la sociedad debido a una variación, tanto en la calidad de los viajes como en los costos de transporte.

3. EL CASO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Según el desarrollo anterior, el cambio en el beneficio social producto de variaciones en los accidentes de tránsito corresponde a

$$dB = \sum_q \frac{|\beta_{ACC}^q|}{\lambda_s} \sum_{i \in M_q} \bar{X}_i^q \Delta ACC_i \quad (14)$$

donde ΔACC_i representa la variación del atributo que refleja accidentes en cada alternativa. Por lo tanto, el cociente $|\beta_{ACC}^q|/\lambda_s$ es un valor social de los accidentes por estrato. Debido a esto, interesa identificar variables que reflejen el grado de "accidentabilidad" de cada alternativa y poder así determinar β_{ACC}^q a partir de los modelos de elección discreta, que son utilizados para determinar la demanda por transporte. Además, para hacer factible el cálculo del beneficio social, se debe determinar las utilidades marginales del dinero λ_q , de cada estrato, las cuales son necesarias para cuantificar la utilidad social del dinero λ_s .

Al revisar la literatura existente en este tema, sorprende encontrar que muy pocos autores han incorporado esta variable en modelos de elección discreta. Los únicos estudios que lo hacen son los realizados por Noland (1995), Noland y Kunreuther (1995) y Daniels (1997). En el primero de ellos se presenta un método para identificar el impacto del riesgo en los conductores de los distintos sistemas de transporte. Para esto, el autor utiliza un modelo de elección logit multinomial con tal de examinar la *Percepción de Riesgo* como un atributo en la elección modal. Para captarla, Noland define tres medidas de *Percepción de Riesgo* basada en "rankings" o escalas, las que incorporó en sus modelos, encontrando que los individuos son sensibles a esta variable, al menos, en un nivel de confianza del 90%.

En la segunda investigación, Noland y Kunreuther (1995) analizan la influencia de la *Percepción de Riesgo* en la elección de bicicleta, encontrando que es significativa en este modo. Los autores argumentan que utilizaron medidas de percepción de riesgo, en lugar de medidas objetivas, debido a diferentes razones. Una de ellas fue que necesitaban respuestas apropiadas de los individuos frente a situaciones riesgosas; por lo tanto, era necesario determinar una percepción individual del riesgo, la cual puede variar por muchas razones, que van desde la actitud propia del individuo para enfrentar situaciones de riesgo hasta las características específicas de cada viaje.

La otra, fue que no existía un registro con medidas objetivas de riesgo en las rutas utilizadas por los ciclistas.

Por último, Daniels (1997) realiza una serie de experimentos de preferencias declaradas para analizar las percepciones ambientales de los individuos, con respecto a la construcción de una nueva vía al sur del aeropuerto de Sidney en Australia. Dentro de los atributos considerados se encuentra el número de accidentes serios por año, el cual se utilizó para describir el riesgo asociado a las alternativas. Daniels encontró, en la mayoría de sus modelos, que el coeficiente asociado al número de accidentes resultó ser poco significativo. En todo caso, el énfasis de este estudio estuvo en captar la percepción de factores ambientales, tales como: contaminación acústica, intrusión visual, visibilidad y pérdida de espacios públicos, más que la percepción de accidentes.

Es importante destacar que la variable accidente en los trabajos de Noland, está representada por una **medida subjetiva**, la cual ya tiene incorporada la percepción de cada individuo. Para la aplicación de nuestro enfoque de evaluación, es necesario definir la variable cualitativa riesgo de accidente a través de una **medida objetiva**, que pueda ser entendida por todos los individuos de la misma manera, y a la que puedan corresponderle distintas percepciones. Este procedimiento permitirá realizar predicciones y, lo más importante en nuestra investigación, determinar valoraciones subjetivas correctas (utilidades marginales) que alimenten el cálculo de valores sociales. Por otra parte, con el uso de este tipo de medidas, sería posible cuantificar su potencial reducción con la implementación de un nuevo proyecto.

4. DISEÑO DEL EXPERIMENTO Y ESTIMACIÓN DE MODELOS PARA CALCULAR LA UTILIDAD MARGINAL DE ACCIDENTES

4.1. Aspectos Básicos

Para determinar la percepción individual con respecto a los accidentes automovilísticos, se realizó una encuesta a funcionarios y profesores del Campus San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica¹ y a funcionarios de la Dirección de Previsión de Carabineros (DIPRECA).

Los individuos fueron enfrentados a un experimento de preferencias declaradas, donde se les presentaba una situación hipotética, en la cual debían escoger una ruta para realizar un viaje a la zona de Viña del Mar. Lo anterior, se basa en las ideas de Jansen y Tenkink (1988), quienes plantean que un individuo al realizar un viaje, no sólo elige el modo y la ruta que maximice su seguridad, sino que aquella combinación que le reporte mayor utilidad, donde la seguridad es uno más dentro de una serie de atributos.

El atributo escogido para captar dicha percepción fue el número de **accidentes automovilísticos fatales al año** (ACC_i). Éste fue escogido, principalmente, debido a que es una *medida objetiva*, que puede ser determinada en una situación base y mejorada con el desarrollo de un proyecto de

¹ La encuesta es descrita en detalle en Rizzi (1999)

transporte. En una primera etapa, se intentó especificar esta variable en términos de riesgo, es decir, como número de accidentes fatales en 100.000 ó en 1.000.000. Sin embargo, a través de algunos pretesteos, se pudo constatar que las personas encuestadas no supieron como manejar esta información al momento de decidir qué ruta escoger. Lo anterior, se debió principalmente a la poca experiencia de éstas, tanto con términos probabilísticos como con porcentajes. También, en un principio, se pensó considerar como atributo el número de muertes anuales en ruta, pero esto fue descartado, ya que los encuestados podrían incluir dentro de éste la muerte de peatones atropellados en accidentes carreteros, las que no serían percibidas como propias por los usuarios de automóviles.

Los demás atributos considerados en el experimento fueron el *Peaje* (c_i) asociado al uso de una ruta y el *Tiempo de Viaje* (t_i) empleado en llegar al destino. El primero de éstos influye en la elección de ruta debido a la restricción presupuestaria de cada individuo; además, es de vital importancia si se desea obtener una valoración monetaria, tanto de una reducción en los accidentes fatales como de una reducción del tiempo de viaje. Por otra parte, el *Tiempo de Viaje* es una variable tradicional en experimentos de elección en transporte, además de posibilitar la estimación de valores subjetivos y sociales del tiempo de viaje, los que permitirán verificar la bondad numérica de los parámetros.

Para el diseño de las situaciones hipotéticas de elección, se utilizaron las tablas reportadas en Kocur, *et al* (1982), de manera de obtener un diseño factorial fraccional. Se diseñaron dos experimentos, uno con diferencias ortogonales, y otro ocupando la metodología propuesta por Louviere y Woodworth (1983). Los Cuadros 1 y 2 muestran las situaciones presentadas a cada encuestado, con variaciones en torno a valores referenciales reales de un viaje Santiago-Viña del Mar (para más detalles, ver Rizzi, 1999).

Cuadro 1: Situaciones Hipotéticas de Elección (Diferencias Ortogonales)

	RUTA 1			RUTA 2		
	Peaje	Accidentes	Tiempo	Peaje	Accidentes	Tiempo
Elección 1	\$2.500	12	2h30	\$3.000	20	2h
Elección 2	\$2.500	18	1h45	\$3.000	8	2h30
Elección 3	\$2.500	18	2h30	\$3.500	8	2h
Elección 4	\$3.500	12	1h45	\$2.000	20	2h30
Elección 5	\$2.500	16	2h30	\$3.000	12	2h15
Elección 6	\$2.000	16	2h30	\$3.500	12	2h
Elección 7	\$2.000	18	2h30	\$3.500	8	2h15
Elección 8	\$3.500	16	1h45	\$2.500	12	2h30
Elección 9	\$3.500	12	2h30	\$2.500	20	2h15

Fuente: Rizzi (1999)

Cuadro 2: Situaciones Hipotéticas de Elección (Metodología Louviere y Woodworth, 1983)

	RUTA 1			RUTA 2		
	Tiempo	Accidentes	Peaje	Tiempo	Accidentes	Peaje
Elección 1	1h30	8	\$3.500	2h.	17	\$2.500
Elección 2	1h30	21	\$2.000	1h45	12	\$2.500
Elección 3	2h15	8	\$2.000	2h	12	\$3.000
Elección 4	2h15	21	\$3.000	1h45	17	\$3.500
Elección 5	1h30	21	\$2.000	2h	17	\$3.000
Elección 6	2h15	21	\$2.500	2h	12	\$3.500
Elección 7	2h15	8	\$2.000	1h45	17	\$2.500
Elección 8	1h30	8	\$3.500	1h45	12	\$3.000

Fuente :Rizzi (1999)

La muestra está compuesta de 42 conductores frecuentes de automóvil, profesionales o administrativos de las instituciones mencionadas. Su distribución del ingreso se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Estratificación por Ingreso de la Población Encuestada

ESTRATO	RANGO \$ DE 1999	NÚMERO DE PERSONAS	INGRESO PROMEDIO DEL ESTRATO
1	80.000 -150.000	3	115.000
2	151.000 - 300.000	4	225.500
3	301.000 - 500.000	7	400.500
4	501.000 - 800.000	11	650.500
5	801.000 - 1.200.000	3	1.000.500
6	1.201.000 -1.600.000	5	1.400.000
7	Más de 1.600.000	9	2.050.000

Fuente: Elaboración propia

4.2- Modelación del Comportamiento Individual Frente al Riesgo de Accidentes de Tránsito

Para modelar el comportamiento de los individuos frente a la elección de ruta, se consideró un modelo de tasa de gasto (Jara-Díaz y Farah, 1986), cuya función de utilidad indirecta trunca está determinada por

$$\bar{U}_i = \gamma \frac{c_i}{g} + \alpha t_i + \beta ACC_i \quad (15),$$

donde g (tasa de gasto) incorpora directamente el efecto del ingreso en la elección de los individuos. Si no se desea incorporar esta variable, es necesario estimar un modelo estratificado por nivel de ingreso, de la forma

$$\bar{U}_i = \sum_j \sum_q \left[\lambda_q (c_i * \delta_{jq}) + \alpha_q (t_i * \delta_{jq}) + \beta_q (ACC_i * \delta_{jq}) \right] \quad (16),$$

en el que $\delta_{jq} = \begin{cases} 1 & \text{si } j = q \\ 0 & \text{si } j \neq q \end{cases}$

Las ecuaciones (15) y (16) permiten estimar, mediante un modelo logit, los coeficientes asociados a cada atributo. La estimación del modelo (16) en una sola ecuación en vez de dos (una por estrato), se debe a la necesidad de obtener un factor de escala común para los parámetros que alimentan el cálculo del valor social.

Combinando criterios de ingreso y suficientes observaciones, a partir del Cuadro 3 se definieron dos estratos socioeconómicos, uno de ingreso Bajo (B) que abarca los estratos 1 y 2, y otro de ingreso Medio-Alto (M-A), que comprende los estratos 4 al 7. A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada modelo.

Cuadro 4: Parámetros para el modelo con de Tasa de Gasto

	<i>Peaje/g</i>	<i>Accidentes Fatales al año</i>	<i>Tiempo de Viaje</i>	λ_B	λ_{M-A}
Estimación	-0.03	-0.13	-0.0209	0.0012	0.00018
Des. Est.	0.006	0.019	0.005	0.00024	0.000036
Test t	-5.00	-6.84	-4.18	5.00	5.00
<g> Bajo (\$/min)	24.75				
<g> Medio-Alto (\$/min)	166.53				
Ro	0.13				

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 5: Parámetros para el modelo basado en una estratificación de la muestra

	<i>Estrato de Ingreso Bajo</i>			<i>Estrato de Ingreso Medio-Alto</i>		
	<i>Peaje</i>	<i>Accidentes Fatales al año</i>	<i>Tiempo de Viaje</i>	<i>Peaje</i>	<i>Accidentes Fatales al año</i>	<i>Tiempo de Viaje</i>
Estimación	-0.001916	-0.1807	-0.02745	-0.0008638	-0.1922	-0.03538
Des. Est.	0.0006	0.0633	0.0136	0.0002	0.0278	0.0067
Test t	-3.19	-2.85	-2.02	-4.32	-6.91	-5.28
Ro	0.18					

Fuente : Elaboración propia

5. CÁLCULO DE VALORES SOCIALES PARA LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES

Para cuantificar el cociente $|\beta_{acc}^q|/\lambda_s$, es necesario determinar la utilidad social del dinero λ_s , la que depende de los valores λ_q y θ_q . Los λ_q provienen de la estimación de modelos de elección discreta, y los θ_q deben ser determinados a partir de la distribución de impuestos observada.

Según un estudio realizado por Engel *et al* (1998) la proporción de ingreso destinada a pagar impuestos en nuestro país no varía mucho de un estrato a otro, según se detalla en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Distribución de Ingresos e Impuestos en la Sociedad Chilena (1996)

DECIL	% Ingreso Total (η_i)	% Impuesto IVA	% Impuesto Renta	%Otros Impuestos.	% Ingresos a Impuestos (ε_i)
1	1.45	11.0	0.00	3.42	14.4
2	2.74	11.8	0.00	4.20	16.0
3	3.77	11.4	0.00	4.33	15.8
4	4.73	10.9	0.00	4.25	15.2
5	5.57	10.7	0.01	4.21	15.0
6	6.76	10.2	0.04	4.07	14.3
7	8.22	9.7	0.11	4.00	13.8
8	10.60	9.0	0.23	3.85	13.1
9	15.42	8.0	0.62	3.54	12.2
10	40.75	6.3	2.54	2.96	11.8

Fuente : Engel, *et al* (1998)

Por otra parte, los autores reportan el ingreso per capita de los distintos deciles (Cuadro 7).

Cuadro 7: Ingreso mensual per capita en Chile (1996)

Decil	Mínimo US\$	Máximo US\$	Promedio US\$	Mínimo \$	Máximo \$	Promedio \$
1	0	52	33	0	26000	16500
2	52	78	65	26000	39000	32500
3	78	104	91	39000	52000	45500
4	105	135	119	52500	67500	59500
5	135	169	151	67500	84500	75500
6	169	217	193	84500	108500	96500
7	217	287	249	108500	143500	124500
8	287	405	341	143500	202500	170500
9	405	665	512	202500	332500	256000
10	665	28940	1457	332500	14.470.000	728500

Fuente : Engel, *et al* (1998)

1 US\$=\$500

A partir de este cuadro, es posible asociar los diferentes deciles de la población con los grupos considerados en la estratificación según ingreso, realizada en la sección 4.1. Como se muestra en el Cuadro 3, los estratos 1 y 2 (ingreso Bajo) corresponderían aproximadamente a los deciles 1 a 9. Por otra parte, los estratos 4 al 7 (ingreso Medio-Alto) están contenidos en el decil 10. Con lo anterior, el cálculo de las proporciones tributadas por cada grupo corresponde a

$$\theta_B = \frac{dT_B}{\sum_{q \in P} dT_q} = \frac{\sum_{i=1}^9 \varepsilon_i \eta_i}{\sum_{i=1}^{10} \varepsilon_i \eta_i} \quad \text{y} \quad \theta_{M-A} = \frac{dT_{M-A}}{\sum_{q \in P} dT_q} = \frac{\varepsilon_{10} \eta_{10}}{\sum_{i=1}^{10} \varepsilon_i \eta_i} \quad (17)$$

donde ε_i y η_i están definidos en el Cuadro 6. Finalmente, el valor para la utilidad social del dinero queda determinado por

$$\lambda_s = \lambda_B \theta_B + \lambda_{M-A} \theta_{M-A} \quad (18)$$

En el Cuadro 8 se presentan las valoraciones sociales de accidentes obtenidas para cada modelo, las que resultan ser de orden similar, en el entorno de \$135 por accidente fatal al año-viajero. Cabe hacer notar que el experimento también permite calcular valores sociales del tiempo en el entorno de \$20 por minuto.

Cuadro 8: Valoración Social de Accidentes Fatales

θ_B	θ_{M-A}	$ \beta_{ACC} $		λ_B	λ_{M-A}	λ_s	Valor Social (\$/Acc. fatal al año-pax)	
		B	M - A				B	M - A
0.629	0.371	0.13		0.0012	0.00018	0.00082	158	
0.629	0.371	0.1807	0.1922	0.001916	0.0008638	0.00153	118	126

Fuente : Elaboración propia

6. SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

En este artículo hemos mostrado que el enfoque de Gálvez y Jara-Díaz (1998) es aplicable a la valoración social de la reducción de accidentes en proyectos de transporte. Este enfoque tiene dos elementos centrales: el primero es la posibilidad de plantear cambios en el bienestar social como una suma ponderada de cambios en los beneficios monetarios percibidos por los individuos, los que a su vez pueden incluir cambios cualitativos multiplicados por valores subjetivos, como fuera demostrado por Jara-Díaz (1990). El segundo elemento es la transformación del bienestar social a unidades monetarias, lo que es posible mediante la equivalencia entre la recaudación tributaria y la pérdida de bienestar asociada. Con estos elementos, hemos mostrado que es posible aceptar el cociente entre una **utilidad marginal de los accidentes** ($|\beta_{ACC}|$) y **el factor de transformación** (λ_s), como un valor social de dicha externalidad. Su aplicación requiere identificar medidas objetivas de la ocurrencia de accidentes.

Los valores de β_{ACC} y λ_s fueron obtenidos a partir de distintos modelos estimados con datos de preferencias declaradas por rutas. Al examinarlos, se observa que los estimadores de la utilidad marginal de los accidentes son muy similares entre modelos y entre estratos. Cabe recordar que este valor representa la utilidad percibida por **un individuo**, al escoger una ruta en la cual se reduce en una unidad el número de accidentes fatales al año.

En cuanto a la valoración social de esta externalidad, se observa que es muy similar entre estratos al utilizar un modelo desagregado por nivel de ingreso. Sin embargo, al utilizar un modelo de tasa de gasto se obtiene una valoración social algo mayor (30% en promedio), debido, principalmente, a que en este caso las utilidades marginales del dinero estimadas son menores que las del modelo desagregado. La magnitud de los valores obtenidos es cuantitativamente importante, debido probablemente a que se está valorando socialmente una variación de **un accidente fatal al año** en un nivel promedio de 15. Además, es relevante hacer notar que los valores sociales (y subjetivos) del tiempo de viaje resultan ser de magnitud comparable a resultados previamente obtenidos, lo que contribuye a respaldar la magnitud de los valores sociales de accidentes.

Para ilustrar la aplicación de los resultados, consideremos que el flujo promedio, de vehículos particulares a la zona de Viña del Mar es de 3.680.000 veh/año (Rizzi, 1999) con una tasa de ocupación aproximada de 1.8 pax/veh, valores que supondremos no se verán afectados por una reducción unitaria en el número de accidentes fatales al año. Usando el modelo con tasa de gasto, el beneficio social será $dB = 1046.592.000 \text{ \$}/\text{año}$. Por último, suponiendo para el caso del modelo estratificado, que el 30% de los usuarios son de estrato Bajo, se obtiene un beneficio social $dB = 818.726.400 \text{ \$}/\text{año}$. Considerando que la reducción en un accidente fatal al año puede lograrse con medidas de ingeniería de bajo costo o fiscalización, la rentabilidad social de tales proyectos parece ser enorme.

Dada la importancia del tipo de beneficios obtenidos, sería relevante investigar qué resultados se obtendrían al intentar captar la percepción de una variable cualitativa a través de otras medidas tan objetivas como la definida en esta investigación. Es importante hacer notar que la variable accidentes es muy compleja de tratar, en comparación con otras. En efecto, es posible hacer percibir a los usuarios que están pagando por un servicio más cómodo, por ejemplo, ofreciéndoles un boleto en primera clase de una aerolínea o de un servicio de buses. Sin embargo, no es fácil comunicarles en forma clara que pueden comprar "seguridad", porque aunque escojan una alternativa más segura (y más cara), siempre existirá una probabilidad no nula de tener un accidente. A pesar de esta dificultad, hemos podido encontrar no sólo valoraciones subjetivas, sino también sociales para una de las externalidades más comunes e importantes producida por el sector transporte.

En síntesis, se ha extendido el enfoque de evaluación social de Gálvez y Jara-Díaz (1998) a la valoración social de accidentes de tránsito, encontrándose valores que creemos son más que ilustrativos, debido a que los resultados obtenidos en cada modelo provienen de un experimento de preferencias declaradas, donde los niveles utilizados para cada variable están basados en datos reales.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue parcialmente financiada por el proyecto Fondecyt 1970117. Agradecemos a Luis Rizzi y al Dr. Juan de Dios Ortúzar por su colaboración y comentarios.

REFERENCIAS

- Daniels, D. (1997) **A Stated Choice Framework for the Valuation of Environmental Externalities of Road Projects**. PhD Thesis, Institute of Transport Studies, University of Sidney.
- Engel, E., A. Galetovic y C. Raddatz (1998) **Taxes and Income Distribution in Chile: Some Unpleasant Redistributive Arithmetic**. Documentos de Trabajo. Series de Economía N°41. Centro de Economía Aplicada. Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

- Gálvez, T. y S.R. Jara-Díaz (1998) On the social valuation of travel time savings. **International Journal of Transport Economics**, Vol XXV, 205-219
- Janssen, W. H. y E. Tenkink (1988) Consideration on speed selection and risk homeostasis in driving. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 20, 137-142
- Jara-Díaz, S.R. (1990) Consumer's surplus and the value of travel time savings. **Transportation Research**, Vol 24B, 73-77
- Jara-Díaz, S.R. y M. Farah (1986) Transporte y gasto familiar en sectores de bajos ingresos en Santiago. **Actas del IV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**. 1-4 de Diciembre 1986 Santiago, 411-424.
- Jara-Díaz, S.R. y M. Farah (1988) Valuation of user's benefits in transport system. **Transport Reviews**, Vol 8, 197-218
- Kocur, G., T. Adeler, W. Hyman y B. Aunet (1982) **Guide to forecasting Travel Demand with Direct Utility Assessment**. Technical Report U.S. Department of Transportation. UMTA-NH-11-0001-82-1
- Louviere, J. J. y G.G. Woodworth (1983) Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments: an approach based on aggregate data. **Journal of Marketing Research**, Vol. 20, 350-367
- Noland, R.B. (1995) Perceived risk and modal choice: risk compensation in transportation systems. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 27, 503-521
- Noland, R.B. y H. Kunreuther (1995) Short-run and long-run policies to promote bicycle transportation. **Transport Policy**, Vol. 2, 67-79
- Rizzi, L.I. (1999) **Valor Social de la Seguridad en Carreteras: Un Enfoque Basado en el Comportamiento**. Documento de Trabajo N°69. Departamento de Ingeniería de Transporte. Escuela de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Small, K.A. y H. S. Rosen (1981) Applied welfare economics with discrete choice models. **Econometrica**, Vol. 49, 105-129.
- Underwood, G., C. Jiang y C. Howarth (1993) Modelling of safety measure effects and risk compensation. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 25, 277-288
- Viton, P. (1985) On the interpretation of income variables in discrete choice models. **Economic Letters** Vol. 17, 203-206