

Chapter Title: BENEFICIOS ECONÓMICOS POR MEJOR CALIDAD DEL AIRE

Book Title: Introducción a la contaminación atmosférica

Book Author(s): Héctor Torquera González

Published by: Ediciones UC

Stable URL: <http://www.jstor.com/stable/j.ctt1bhkqvz.13>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <https://about.jstor.org/terms>



JSTOR

Ediciones UC is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Introducción a la contaminación atmosférica*

Capítulo 10

Beneficios económicos por mejor calidad del aire

BENEFICIOS ECONÓMICOS POR MEJOR CALIDAD DEL AIRE*

10.1 Evaluación social de proyectos y cálculo de beneficios por la mejor calidad del aire

La evaluación social o el análisis costo-beneficio social de proyectos consiste en determinar la rentabilidad económica de proyectos que tienen impactos sobre los distintos agentes económicos que componen la sociedad. A diferencia de una evaluación privada, la evaluación social coteja los flujos de costos y beneficios que recaen sobre todos los agentes afectados por un proyecto a lo largo de su vida útil. La evaluación social de proyectos es particularmente adecuada para medir los beneficios que entrega un proyecto de mejora de la calidad de aire. Dado que no existen mercados en donde se transen de manera directa calidades de aire, un proyecto de mejora de calidad del aire difícilmente será rentable desde una óptica privada. Así, este tipo de proyectos suelen ser gestionados desde el Estado, pero el Estado debe velar por elegir aquellos proyectos de mejora de la calidad del aire cuyos beneficios superen sus costos.

¿Cómo debe proceder una evaluación social de proyecto asociada a una mejora en la calidad del aire? Establecer los costos de este tipo de proyectos puede ser una tarea tediosa, pero, en principio, no registra mayor dificultad conceptual. Por el contrario, determinar los beneficios sí es una tarea compleja conceptualmente. Bajo una visión restringida, los beneficios de un proyecto de mejor calidad del aire podrían contabilizarse como aquellos gastos que la sociedad dejará de incurrir una vez que mejore la calidad del aire. Ejemplo de ello serían los gastos de salud que se ocasionan por aquellos eventos de mortalidad o morbilidad adjudicados a la peor calidad del aire; los ingresos salariales que

* Este capítulo ha sido elaborado por Luis Rizzi Campanella.

dejan de percibirse por no trabajar cuando se sufre un evento de morbilidad o por ocurrencia de una muerte prematura. ¿Pero qué sucede si quien fallece ya está retirado del mercado laboral? ¿Esta muerte tendría costo cero? ¿Y qué pasa con los beneficios estéticos que entrega una mejor calidad del aire? ¿Y los beneficios por mayor actividad de recreación al aire libre?

Desde la evaluación social de proyectos, se sostiene que el beneficio en términos monetarios que entrega un proyecto corresponde a la máxima cantidad de dinero que una persona está dispuesta a pagar para que el proyecto se realice y su nivel de utilidad (satisfacción o felicidad) se mantenga constante en el nivel correspondiente a la situación sin proyecto. Este valor recibe el nombre de la disposición al pago (DAP). En el caso de un proyecto que empeorara la calidad del aire, el valor monetario relevante es la mínima cantidad de dinero que debería entregarse a quien se ve afectado por el proyecto de manera tal que si el proyecto se hiciera, el nivel de utilidad del individuo seguiría siendo el mismo que si el proyecto no se hubiese realizado. Este monto es conocido como la disposición a aceptar compensación (DAC). Bajo esta óptica⁶⁵, el valor de un proyecto de mejora de la calidad del aire está dado por la agregación⁶⁶ de las disposiciones al pago de las personas afectadas por el proyecto.

A primera vista pareciera que hemos resuelto de manera sencilla un problema complejo, aunque la determinación de la disposición al pago a nivel personal por una mejora en la calidad del aire es una tarea por demás ardua. Piense el lector en responder la siguiente pregunta (ver ejemplo 2.6): “Suponga un proyecto de mejora de calidad del aire, que reducirá la concentración media anual de MP_{10} de $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ¿Cuál sería la máxima cantidad de dinero que *usted* estaría dispuesto a pagar para que el proyecto se realice?”. Entregar una respuesta sensata a esta pregunta no es en absoluto trivial. ¿Qué es lo que valoramos cada uno de nosotros al hablar de una mejor calidad del aire? ¿Mejoras a la salud? ¿Beneficios estéticos en términos de visibilidad? ¿Poder realizar actividades al aire libre? ¿Combinaciones de ellos? Es muy probable que ni siquiera un experto en el tema ambiental pueda dar respuesta a esta pregunta. En la sección siguiente, veremos una metodología con buen sustento microeconómico

⁶⁵ Esta visión considera que las personas son racionales; es decir, las personas tienen la capacidad de tomar la decisión correcta según sea el caso y, por lo tanto, nadie mejor que uno mismo para tomar la decisión correcta. Este es el principio de soberanía del consumidor, sobre el que se construye la teoría microeconómica del comportamiento del consumidor.

⁶⁶ La agregación permite ponderar las disposiciones al pago, de modo tal que la evaluación social de proyectos pueda contribuir a la redistribución del ingreso. Si las disposiciones al pagos simplemente se suman, el proyecto es neutro en términos redistributivos.

que nos permitirá obtener la disposición al pago por una mejora en la calidad del aire; sin embargo, concluiremos que tal metodología no luce convincente y postularemos la necesidad de buscar un proceder alternativo.

10.2 Modelo de precios hedónicos para la valoración de beneficios por mejor calidad del aire

El razonamiento detrás del modelo de precios hedónicos es el siguiente. Cuando una familia está en proceso de compra o arriendo de una vivienda para residir, considera un conjunto de atributos o bienes hedónicos. Estos atributos determinan la vivienda; en otras palabras, las viviendas se diferencian entre sí por el paquete de atributos que ofrecen^{67,68}. Algunas viviendas contarán con mayor superficie, otras menor; algunas tendrán más ambientes y otras menos; algunas tendrán una orientación norte, otras, una orientación sur, etcétera; algunas viviendas serán más ruidosas, otras menos; algunas viviendas estarán más cerca de los buenos colegios y otras más lejos; algunas viviendas estarán cerca de los lugares de trabajo (lugares de compra) y otras más lejos. Además, habrá viviendas que estarán localizadas en zonas más contaminadas y otras, en zonas menos contaminadas. Un estudio de precios hedónicos busca inferir cuánto impacta cada uno de los atributos de la vivienda sobre su precio. Matemáticamente, se postula la siguiente ecuación:

$$p = f(x) = \alpha_1 f^1(x_1) + \alpha_2 f^2(x_2) + \dots + \alpha_N f^N(x_N), \text{ Ecuación 10.1}$$

donde p es el precio de la vivienda, x es el vector de atributos o bienes hedónicos y f es una función que suele ser aditiva en $f^n(x_n)$ ($n = 1, 2, \dots, N$). El impacto marginal que tiene el atributo x_n en el precio de la vivienda está dado por la siguiente ecuación:

$$\Delta p \approx \frac{\partial p}{\partial x_n} \equiv p_n = \alpha_n \frac{df^n}{dx_n} \Big|_{\hat{x}_n} \quad \text{Ecuación 10.2}$$

⁶⁷ Este enfoque de caracterizar un bien suele ser atribuido a Lancaster (1966).

⁶⁸ La explicación que se da a continuación sobre la teoría de precios hedónicos corresponde a la formulación propuesta por Rosen (1974). Para una exposición detallada y simple del modelo de precios hedónicos, se recomienda Freeman (2003, capítulo 11).

En otras palabras, se paga un diferencial de precio Δp por vivir, por ejemplo, en una zona cuyo nivel de atributo x_n sea \hat{x}_n . En el caso del material particulado (mp), se espera que $\alpha_{mp} f^{mp}(x_{mp})$ sea una función decreciente en x_{mp} , es decir, que el precio de la vivienda baje si aumenta el nivel de concentración promedio de material particulado que corresponde a la zona. Por ejemplo, Bajari et al. (2009, Tabla 5, Panel A) estiman la función de precios hedónicos para viviendas ubicada en la bahía de California. Para una vivienda, cuyo precio es 544.000 dólares, un aumento de la concentración de MP_{10} de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nivel base $22,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) deprime el precio de la vivienda en (valor esperado) 218 dólares; y un aumento de 1 ppb de O_3 (nivel base 0,0994 ppm), en (valor esperado) 61 dólares.

La ecuación 10.2 entrega un diferencial de precio para un cambio marginal en el nivel de un atributo. Si el cambio fuese no marginal, debe integrarse bajo la curva p_n a fin de obtener el cambio total en el precio de la vivienda. Lamentablemente, el cambio de precio para cambios no marginales en algún atributo de la vivienda entrega una sobrestimación de la verdadera DAP de los hogares cuando se valora una mejora ambiental y debe ser considerado como una cota máxima (Freeman, 2003). Si se trata de un cambio marginal, la aproximación es casi exacta y el cambio de precio puede ser considerado como la DAP sin necesidad de ajuste alguno.

¿Hasta qué punto es creíble el resultado obtenido? En la medida en que el estudio de precios sea hecho con rigor estadístico nadie negará los resultados obtenidos, pero así y todo, ¿son resultados válidos para una evaluación social de proyectos de mejora de calidad del aire? ¿Son realmente conscientes las familias del diferencial de precio que pagan por vivir en un barrio con mejor calidad del aire o simplemente se trata de un resultado estadístico que indica correlación pero no causalidad? Más allá de las críticas que pueda recibir un estudio de precios hedónicos desde el punto de vista metodológico, el consenso hoy entre los economistas es que esta diferencia de precios no entrega una medida de valor confiable sobre la DAP de los hogares por una mejor calidad del aire. En particular, se desconoce hasta qué punto los hogares internalizan en el precio de la vivienda una mejora en la calidad del aire en función de los verdaderos impactos que esta mejora produce (impactos a la salud, impactos estéticos, menores gastos en mantenimiento de los frentes externos de la vivienda, etcétera). Dada esta debilidad asociada al método de precios hedónicos, el método de la función de daño se ha erigido como la alternativa más robusta para evaluar los beneficios de un proyecto de mejora de calidad del aire. En la próxima sección, nos abocamos al método de la función de daño.

10.3 Modelo de la función de daño para la valoración de beneficios por mejor calidad del aire

El método de la función de daño tiene como principio rector la identificación de los principales impactos asociados a la contaminación atmosférica, su cuantificación y por último su monetización. Básicamente, el modelo de la función de daños consta de varios submodelos encadenados o en serie, siendo el resultado (*output*) del modelo precedente el insumo (*input*) del modelo posterior. En primer lugar, se requiere contar con un modelo de emisiones de contaminantes (capítulo 1); en segundo lugar, se tiene el modelo de dispersión de contaminantes (capítulo 5); en tercer lugar, se aplican los modelos dosis-respuesta que entregan el impacto que los cambios en las concentraciones de contaminantes generan —por ejemplo, en términos de mejoras a la salud (Capítulo 2) —; y, por último, se valorizan o monetizan estos impactos. Los beneficios de un proyecto de mejora de calidad del aire están dados por mejoras en la salud producto de la disminución de eventos de morbilidad y mortalidad, beneficios estéticos por mejor visibilidad urbana, mayores posibilidades de recreación al aire libre, menores daños a las construcciones, incremento de la productividad agrícola-ganadera. En este capítulo, nos concentraremos en la monetización de los beneficios de los impactos positivos de un proyecto de mejora de calidad del aire, focalizándonos principalmente en los beneficios a la salud por ser los de mayor cuantía.

10.4 Medición de beneficios a la salud

En esta sección, se describen las técnicas económicas que nos permiten valorizar los efectos sobre la salud. Comenzaremos tratando el tema de la monetización de muertes prematuras evitadas.

10.4.1 Beneficios por reducción de mortalidad

Determinar el valor de una vida humana es simple: seguramente todos los lectores coincidirán en que tal valor es infinito. Este valor tiene una simple explicación económica. Si a cualquiera de nosotros nos hicieran la siguiente pregunta: “¿A qué precio usted está dispuesto a ‘entregar’ su vida?”, la respuesta va a ser a precio “infinito”. Dado que la propia vida no tiene bien sustituto, la teoría económica predice que la DAC será igual a infinito (Hanemann, 1991). Sin embargo, un proyecto de mejora de calidad del aire no consiste en evitar

con probabilidad uno la muerte de tales o cuales personas; este tipo de proyectos simplemente entrega como beneficio pequeñísimas reducciones de riesgo de un pequeño riesgo de muerte. Por ejemplo, se trata de reducir un riesgo de muerte de $2 \cdot 10^{-6}$ a $1,5 \cdot 10^{-6}$, es decir, una reducción de $5 \cdot 10^{-7}$. Por lo tanto, a los efectos de un proyecto de mejora de calidad del aire debe monetizarse el beneficio entregado por pequeñísimas reducciones de riesgos de muerte.

Solemos realizar valoraciones de muy pequeñas reducciones de riesgo de muerte muy a menudo. Muchas veces decidimos comprar automóviles con mayor equipamiento de seguridad vial. Esto no lo hacemos porque creamos que de lo contrario vamos a fallecer en un accidente vial; compramos vehículos más seguros porque queremos reducir el riesgo de sufrir un accidente. Compramos también detectores de humo: no es que si no lo hiciéramos vayamos a morir por asfixia, simplemente queremos estar mejor prevenidos en caso de que hubiese algún problema que pueda derivar en un incendio o en emanaciones tóxicas que comprometan nuestra seguridad.

La pregunta clave es cuánto estamos dispuestos a pagar por reducir el riesgo de sufrir un evento de mortalidad originado en la mala calidad del aire. Para ello vamos a plantear un modelo microeconómico simple que permite obtener una sencilla respuesta (Freeman, 2003, capítulo 10). Se supone un individuo cuya función de utilidad esperada (UE) es

$$UE = (1 - p(q)) \cdot U(I) \quad \text{Ecuación 10.3}$$

Donde p es la probabilidad de sufrir un evento de mortalidad producto de la mala calidad del aire, q es un parámetro relacionado con la calidad del aire e I es el ingreso de la persona. En relación a $p(q)$, se supone que

$$p'(q) = \frac{dp}{dq} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{d^2p}{dq^2} > 0.$$

En cuanto al ingreso, este puede originarse por la actividad laboral, por rentas producidas por alguna inversión física o financiera, por pagos jubilatorios o por algún tipo de transferencia (subsidios). De esta manera, el análisis aplica a personas que disponen de ingresos aunque no trabajen (por ejemplo, pensionados). En caso de fallecimiento, el nivel de utilidad es cero⁶⁹.

⁶⁹ En algunos modelos, se supone que en caso de fallecimiento hay una utilidad asociada a dejar una herencia para los dependientes. Ignoraremos esta posibilidad en el análisis que continúa.

Diferenciemos la ecuación 10.3 totalmente con respecto a q e I e iguálemos a cero. De esta forma, obtendremos la DAP por una mejora marginal en q que generará una reducción marginal de p (o la DAC por un deterioro marginal de q).

$$-p'(q) \cdot U(I) dq + (1 - p_{mort}) \cdot U'(I) dI = 0 \Leftrightarrow TMS_{I,q} = \frac{dI}{dq} = \frac{p'(q)U(I)}{(1-p)U'(I)}$$

Ecuación 10.4

La expresión 10.4 recibe el nombre de tasa marginal de sustitución entre q e I ($TMS_{I,q}$) y nos entrega la DAP⁷⁰. Nótese que en estricto rigor, la DAP es un valor negativo, puesto que se trata de la cantidad de dinero que debe restarse del ingreso de la persona para devolverlo a su nivel de utilidad original. Esta cantidad de dinero es la cifra que el individuo está dispuesto a pagar por un proyecto que reduce marginalmente un pequeño riesgo de muerte *ex ante*; es decir, se trata de una cantidad de dinero que una persona está dispuesta a pagar por prevenir un riesgo. Si el proyecto se concreta, se habrán prevenido unas poquísimas muertes prematuras, pero nunca sabremos la muerte de quien se evitó. Cuando no puede determinarse la muerte de qué persona se evitó, decimos que se salvó una vida estadística, una vida a la que no se le puede poner nombre y apellido⁷¹.

Cabe preguntarse qué factores afectan la DAP. Claramente el ingreso es uno de ellos: a mayor ingreso, mayor es la DAP que se puede pagar. También afecta la DAP la percepción del riesgo. Si una persona ignora un riesgo o cree que a ella o él no le va a afectar, la DAP será muy baja o nula. Por otro lado, si una persona tiene proyectos interesantes a futuro (formar una familia, ver crecer a sus hijos, disfrutar de los nietos, reservarse tiempos para ocio, nuevos desafíos laborales, etcétera), seguramente su DAP por evitar riesgos de muerte presente se incrementará. La edad también condiciona la DAP: si una persona joven enfrenta menores riesgos de probabilidad, se asegura un incremento de

⁷⁰ La expresión $TMS_{I,q}$ es negativa. Dado que q es un bien que genera un incremento de utilidad, para devolver al individuo a su nivel de utilidad original debe restársele a su ingreso la DAP.

⁷¹ El emblemático caso del rescate de los 33 mineros atrapados durante 66 días en la mina San José, Tercera Región, Chile en el 2010, sirve para ilustrar este concepto. En este caso, se rescataron a 33 personas cuyos nombres e historias de vida se conocían. Si no se hubiera hecho nada, estas personas habrían muerto con total certeza. No se trataba entonces de salvar 33 vidas estadísticas.

su esperanza de vida mayor al que logrará una persona de mayor edad. La edad igualmente influye en el perfil de riesgos que se enfrentan: el principal riesgo que enfrenta una persona joven es el riesgo accidente vial fatal, mientras que los adultos mayores están expuestos principalmente a riesgo de enfermedades cardiovasculares que se agravan con la contaminación atmosférica. Por lo tanto, para una persona joven el riesgo de sufrir un evento de mortalidad por calidad del aire es muy lejano, al contrario que en el caso de una persona mayor, este riesgo es más cercano⁷².

Si $\sum p_i'(q)$ es igual a -1 ($i = 1, 2, \dots, J$, donde J es el total de individuos afectados por la mejora en la calidad del aire), entonces en valor esperado se reduce una fatalidad, que es lo mismo que decir que se salva una vida estadística. Si todas las personas tuviesen idéntico estado de salud, sería $p_i'(q) = -\frac{1}{J}$; sin embargo, sabemos que la contaminación atmosférica no afecta a todos por igual, siendo los niños, los adultos mayores y las personas afectadas por problemas crónicos cardiorrespiratorios los más perjudicados. Por lo tanto, el valor de $p_i'(q)$ variará según la persona. Por último, al sumar la ecuación 10.4 sobre los J individuos, obtenemos el beneficio económico por evitar una muerte por una mejora en la calidad del aire. Este valor recibe el nombre de valor de la vida estadística (VVE).

10.4.1.1 VVE de personas en relación de dependencia

En el caso de personas que no disponen de ingreso monetario alguno, como ser los niños, los familiares dependientes del jefe de familia, personas mayores que dependen de sus hijos, etcétera, se ha de considerar la DAP del jefe de familia o del sostén económico de la persona sin ingresos por disminuir riesgos de muerte de sus dependientes. Tal como un padre está dispuesto a pagar por la educación de sus hijos, también está dispuesto a pagar por la salud de sus hijos y en tal sentido existe una DAP por prevención de riesgos de personas dependientes.

10.4.1.2 Costo por pérdida de producción neta

Cuando las personas en edad laboral manifiestan su DAP, no contemplan el beneficio positivo que generan sobre el resto de la sociedad a partir de los impuestos recaudados por sus actividades laborales. Estos beneficios se calculan de la siguiente manera:

⁷² Para una interesante discusión sobre diferencias en el valor de la vida estadística según edades, se sugiere la lectura de Aldy y Viscusi (2007).

$$CPPN = \sum_{n=0}^N \frac{ITax_n p_n e_n}{(1+r)^n} \quad \text{Ecuación 10.5}$$

donde $ITax$ representa los impuestos al trabajo, p_n la probabilidad de estar vivo en el período n , e la probabilidad de estar empleado en el período n y r es la tasa de descuento para traer a valor presente ingresos futuros. El momento $n = 0$ suele corresponde a la edad de una víctima de edad promedio. Este valor recibe el nombre de costos por pérdida de producción neta (CPPN) y refleja el valor de la externalidad positiva que genera el trabajo de una persona sobre las posibilidades de consumo del resto de la sociedad.

Ejemplo 10.1

Supongamos que por cada reducción de la concentración media anual de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$, se evitan cinco muertes en promedio por cada millón de habitantes en una ciudad de seis millones de habitantes. Supongamos que la disposición al pago promedio por reducir la concentración media anual de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$ sea de CLP 5.000 al año. Supongamos además que los fallecimientos de personas en edad laboral que se evitan en promedio sean uno en diez muertes. El beneficio por reducción de fatalidades de un proyecto que reduce la concentración media anual de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$ se obtiene de esta manera:

1. En total se evitarán 30 muertes cada año;
2. En promedio, cada individuo está dispuesto a pagar por evitar una muerte un total de $(\text{CLP } 5.000 / 30 =) \text{CLP } 166,6$ al año y sumando este valor sobre el total de habitantes, el VVE asciende a CLP 1.000 millones.
3. Supongamos que el monto CPPN fuese igual a CLP 10 millones y dado que 3 de los 30 fallecidos están en edad laboral, se tiene un total de CLP 30 millones.
4. El beneficio por cada año del proyecto será igual a $\text{CLP } 1.000 \text{ millones} * 30 + \text{CLP } 30 \text{ millones} = \text{CLP } 30.030 \text{ millones}$.
5. Usando una tasa de descuento de 6% anual y suponiendo que los beneficios ocurrirán de modo indefinido año tras año, el valor actual total de los beneficios por reducción de mortalidad asciende a CLP 500.500 millones⁷³.

⁷³ Utilizando una tasa de descuento igual a 0,06 (6% anual), el valor presente de una suma de dinero a recibir año tras año de valor CLP 1 millón es igual a CLP 16,6 millones.

10.4.1.3 El valor del capital humano

Un concepto alternativo que suele utilizarse para determinar el valor económico de prevenir una fatalidad es calcular los ingresos que una persona deja de generar por su muerte prematura. Este método recibe el nombre de capital humano (CH); sin embargo, no tiene buen sustento económico. Se trata de un valor contable que ignora las preferencias de individuos racionales por mayor seguridad. El valor del capital humano tiende a entregar valores significativamente menores a los calculados según el VVE, lo que es fácil de demostrar bajo ciertas condiciones. En países donde la evaluación social de proyectos está establecida, este criterio suele ser ignorado y prima el uso del VVE. En Chile curiosamente se aplica el criterio del CH para valorar beneficios de proyectos de seguridad vial (Cima Ingeniería, 2007) y el VVE para valorar proyectos de mejora de calidad del aire (DICTUC, 2008). La fórmula para el cálculo del capital humano es la siguiente:

$$CH = \sum_{n=0}^N \frac{Ing_n p_n e_n}{(1+r)^n}, \quad \text{Ecuación 10.6}$$

donde Ing se refiere al ingreso salarial personal para el año n .

El método del CH no permite obtener un valor por disminuciones en los riesgos de fatalidad para personas que no poseen ingresos, ya sea se trate de niños, personas con incapacidad laboral o pensionados. Por el contrario, mediante la aplicación del VVE es sencillo obtener una medida de los beneficios que la mayor seguridad entrega a estas personas.

10.4.2 Beneficios por reducción de morbilidad

El esquema conceptual y metodológico desarrollado anteriormente es de inmediata aplicación a la valoración de reducción de eventos de morbilidad. Consideremos dos funciones de utilidad, la función de utilidad $U(I)$ correspondiente a la situación con estado de salud normal y la función de utilidad $V(I)$, correspondiente al estado de salud con efecto de morbilidad. Aquí haremos dos supuestos. En primer lugar, se supone que dado un nivel de ingreso cualquiera, I^0 , el nivel de utilidad $U(I^0) > V(I^0)$, es decir, la utilidad asociado a un idéntico nivel de ingreso es mayor si se está sano. En segundo lugar, supondremos que $U'(I^0) > V'(I^0)$, es decir, la utilidad marginal del ingreso es mayor cuando se

está sano que cuando se está enfermo, dado un mismo nivel de ingreso. Este segundo supuesto es más fuerte que el primero. Bajo estas condiciones, el nivel de utilidad esperado es el siguiente:

$$UE = (1 - p(q)) \cdot U(I) + p(q) \cdot V(I) \quad \text{Ecuación 10.7}$$

Diferenciando totalmente con respecto a q e I , igualando a cero y despejando, obtenemos

$$TMS_{I,q} = \frac{dI}{dq} = \frac{p'(q)(U(I) - V(I))}{(1-p)U'(I) + pV'(I)} \quad \text{Ecuación 10.8}$$

Puesto que $U(I) > V(I)$, la expresión anterior es negativa. Agregando esta cantidad sobre toda la población afectada, obtenemos el valor de la DAP individual por prevenir un evento de morbilidad estadístico. Cuanto mayor es la diferencia de utilidades, mayor será la DAP (en valor absoluto). A priori esta diferencia de utilidades será mayor cuanto más grave sea el evento de morbilidad. Reducir un evento de morbilidad que suponga una gran pérdida de calidad de vida podría ser prácticamente tan valorado como reducir una muerte estadística.

Una simple extensión de la ecuación 10.7 nos permite considerar el impacto que la pérdida de ingresos genera sobre la DAP a reducir un evento de morbilidad. Supongamos que además de la pérdida de calidad de vida, haya una pérdida de ingreso l ,⁷⁴ tal que el ingreso en caso de enfermedad sea $I - l$. En ese caso, la ecuación 10.8 se modificaría de tal manera de considerar tanto el efecto por pérdida de bienestar como por pérdida de ingreso. En este caso, si adicionáramos los ingresos que se dejan de percibir a la disposición al pago en 10.8, estaríamos incurriendo en un error de doble contabilidad de beneficios. Por lo tanto, si estimamos la DAP por reducir eventos de morbilidad, no será necesario incluir la pérdida de ingresos. Sí corresponde incluir el componente el CPPN, tal como fue definido en la sección 10.4.1.2.

Una pregunta interesante es qué ocurre en caso de que una persona tenga un seguro que lo proteja contra pérdidas de ingreso en caso de la ocurrencia de un evento de morbilidad. Una vez más, una simple extensión de la ecuación 10.7 nos permite entender como contabilizar la DAP. Supongamos que se contrata un seguro cuyo costo es s , que en caso de ocurrencia de un evento de morbilidad

⁷⁴ Esta pérdida de ingreso incluye los costos médicos que genera el evento de morbilidad.

genera un pago de t ($s < t \leq l$). En este caso, el ingreso en la situación de salud normal es igual a $I - s$; y en caso de salud afectada por enfermedad, el ingreso será $I - s - l + t$. Reemplazando en 10.7, obtenemos la DAP correspondiente. En caso de que exista la posibilidad de comprar un seguro, la DAP por una mejora de salud será algo menor, puesto que la pérdida de ingreso asociada al evento de morbilidad es atenuada por la compra del seguro. Por el contrario, no hay seguro que pueda devolver la pérdida de calidad de vida.

10.4.2.1 Otros beneficios asociados a la reducción de eventos de morbilidad

Los eventos de morbilidad llevan asociados además importantes costos en términos de tratamiento médico y/o hospitalizaciones. Estos costos, si no son afrontados por el propio paciente, deben ser considerados y para su monetización se utiliza un método llamado costo de la enfermedad. La cuantificación de estos costos es relativamente simple (aunque muy tediosa) y requiere tener acceso a los costos de los insumos médicos, costos de hora hombre de médicos/os, enfermeras/os, personal técnico hospitalario y costos de internación, y el requerimiento de cada uno de estos insumos por evento de morbilidad.

En el caso de un país como Chile, en donde parte de los gastos de salud son afrontados por el propio paciente a través del pago a una Isapre,⁷⁵ solo deben considerarse como costos a ser valorados por el método del costo de la enfermedad aquellos costos que no recaen sobre el paciente y que son afrontados por el sistema público de salud. De lo contrario se estaría contabilizando dos veces los costos.

10.4.3 Estimación de beneficios por reducción de mortalidad y morbilidad

La determinación de la DAP por reducir riesgos de mortalidad y/o morbilidad es una tarea compleja desde el punto de vista práctico. Para ello suele recurrirse a dos tipos de fuentes de datos: datos de preferencias reveladas y datos de preferencias declaradas. Los datos de preferencias reveladas se obtienen a partir de la observación de las toma de decisiones de individuos en mercados reales. Por ejemplo, los estudios de salarios hedónicos buscan determinar qué monto extra de dinero debe pagarse a un trabajador/a para que esté dispuesto a

⁷⁵ Las Isapres son empresas con fines de lucro que venden cobertura económica para atención de salud. Funcionan como seguros médicos. En caso de ausencia laboral por tiempos prolongados, las Isapres también funcionan como seguros contra pérdidas de ingresos.

aceptar un empleo que conlleva un mayor riesgo de muerte. Metodológicamente, un estudio de salarios hedónicos es análogo a un estudio de precios hedónicos. Una vez determinada la prima salarial, se divide este valor monetario por el incremento de riesgo que presenta este empleo en relación a un empleo catalogado como no riesgoso y se puede obtener una aproximación al VVE. Las críticas realizadas a los estudios de precios hedónicos igual aplican a los estudios de salarios hedónicos. Una de estas críticas es si realmente los trabajadores son conscientes de los riesgos asociados a diversos tipos de empleo.

Supongamos por unos instantes que no hubiese ningún reparo metodológico a este tipo de estudio de salario hedónico, entonces la pregunta que surge es si estos valores pueden ser adoptados como referentes para evaluar socialmente proyectos de mejora de calidad del aire que entreguen beneficios a la salud en términos de mortalidad y/o morbilidad. Es muy probable que las personas que elijan un empleo de alto riesgo sean aquellos individuos que están dispuestos a recibir una menor compensación económica por correr mayores riesgos. Este fenómeno en la literatura especializada recibe el nombre de *autoselección* y, en otras palabras, los trabajadores que mayor predisposición tienen para enfrentar riesgos laborales son quienes se terminan empleando en los trabajos más riesgosos. Si este fenómeno ocurre, entonces la prima salarial que estas personas están dispuestas a aceptar es menor que la prima que están dispuestas a aceptar personas más aversas al riesgo de accidente laboral. En este sentido, la prima salarial de mercado observada subestima el valor que el resto de las personas le otorgan a disminuir un riesgo de muerte y/o morbilidad. Lamentablemente, más allá de los estudios de salarios hedónicos hay muy pocas oportunidades para observar comportamiento de personas donde estén transando riesgo por dinero.

Los estudios de salarios hedónicos son ampliamente utilizados para estimar el VVE. Viscusi (1993) y Viscusi y Aldy (2003) presenta una revisión de la aplicación de estas metodologías a la estimación del VVE en contextos laborales. Sin embargo, la adopción de estos resultados para la evaluación social de proyectos de mejora de calidad del aire debe hacerse con mucho cuidado. Alternativamente, una vía muy explorada para determinar el VVE es recabar información de preferencias declaradas. Se trata de situaciones de elección virtuales o hipotéticas, donde a las personas se les presenta un contexto de elección en el que hay que tomar algunas decisiones que suponen un balance entre pagos monetarios y riesgos a la salud. A continuación veremos cuatro métodos de cuestionario destinados a obtener el VVE: valoración contingente, apuesta estándar, método de la cadena y preferencias declaradas.

10.4.3.1 Métodos de valoración contingente

Esta técnica de cuestionario consiste en preguntar a la gente su disposición al pago por un determinado bien o atributo en forma directa. En el caso de seguridad vial, la pregunta podría ser la siguiente:

“¿Cuánto está usted dispuesto a pagar por una disminución en el riesgo de contraer una enfermedad fatal cuyo riesgo es de dos en 100.000 por mes?”.

Esta pregunta es muy directa, pero de difícil comprensión por el hecho de incluir una probabilidad muy pequeña de accidente. La ventaja de una pregunta tan directa puede convertirse en una desventaja cuando el encuestado no tiene bien definidas sus preferencias.

En la literatura de transporte, los estudios de valoración contingente (VC) han sido ampliamente utilizados para determinar el VVE aplicable a medidas de seguridad vial (Jones Lee y otros, 1985; 1993; y Beattie y otros, 1998). El segundo de estos estudios también tuvo por finalidad estimar un valor por reducción de riesgos de accidentes no fatales. El libro editado por Schwab-Christe y Soguel (1995) contiene un resumen de varios estudios de VC realizados en países europeos destinados a obtener tanto el valor de la vida estadística como el valor de reducciones de accidentes graves. Describiremos con cierto detalle el estudio de Jones Lee et al. (1993). La encuesta comenzaba con una serie de preguntas referidas a la experiencia de conducción de la persona (por ejemplo, si manejaba o no, con qué frecuencia, etc.), y si la persona encuestada o algún pariente cercano había estado involucrado en accidentes.

En la segunda etapa, se presentaba un juego de 10 tarjetas, cada una de ellas describiendo distintos efectos sobre la salud a causa de un accidente y el encuestado debía escalarlas de mayor a menor según su orden de preferencia por estado de salud. Luego había que asignar una calificación a las tarjetas en una escala del 0 al 100, donde 0 correspondía al peor estado de salud y 100 al mejor estado de salud. Una vez finalizada esta etapa, se procedía a familiarizar al encuestado con los conceptos de riesgo expresados en tanto por cien mil. Para esto se hacía un pequeño ejercicio a fin de verificar si se entendía bien el concepto.

Luego se pasaba al ejercicio de VC propiamente tal. En este, se le decía al individuo que existía un dispositivo que si se instalaba en el auto, reducía el riesgo de determinado tipo de accidente asociado a algunos de los estados de salud indicados en la segunda etapa y se especificaba en cuánto se reducía dicho riesgo. Se le hacía notar al encuestado que si bien no existía dicho dispositivo,

lo importante era concentrarse en las reducciones de riesgo que implicaba. Se le recordaba que tenía que pensar que ese dispositivo solo afectaría a él/ella, no a otras personas, y que únicamente servía para ese riesgo en cuestión. El fraseo de la pregunta era del siguiente tipo:

“Supóngase que las consecuencias de un accidente sean las siguientes (se describe un estado de salud asociado a un accidente grave) y actualmente usted enfrenta un riesgo de 8 en 100.000. Imagine un aparato de seguridad que reduce dicho riesgo en 4 en 100.000 llevándolo a 4 en 100.000.

Mire las sumas de dinero (se acompañan en la hoja) e indique

- La suma que usted está seguro que pagaría
- La suma que usted está seguro que no pagaría
- La suma que usted cree es la mejor estimación de lo que pagaría”.

A continuación la persona tenía que indicar qué valores pagaría con certeza, cuáles dudaba que pagaría y cuáles no pagaría en absoluto dentro de una serie de valores que se acompañaban. Este ejercicio se realizaba seis veces para seis tipos de accidentes distintos. Después se preguntaba si había sido posible concentrarse solo en los efectos no financieros; esto es, si había sido posible pensar únicamente en dicho riesgo. Finalmente, se hacía una serie de preguntas sobre las características socioeconómicas de la persona.

Los autores del estudio detallan una serie de resultados contradictorios, pero a nuestro criterio la principal crítica está relacionada con la credibilidad de la encuesta: ¿es posible que los encuestados crean que la existencia de tal aparato exista?

10.4.3.2 Método de la cadena

Viscusi et al. (1991) utilizaron este método que consta de dos partes. Por un lado, se estiman compromisos entre distintos tipos de riesgos; por otro lado, se estiman compromisos entre uno de los riesgos evaluados y la disposición al pago. En el caso de este estudio, se consideró un riesgo de muerte por accidente vial (AV) y un riesgo de contraer bronquitis crónica (BC).

El primer tipo de compromiso respondía a la siguiente lógica. Consideremos una situación (a) en que existe un determinado riesgo de bronquitis crónica (p_a) y de riesgo de accidente vial (q_a), y otra situación (b) con distintos niveles de ambos riesgos (p_b , q_b), tal que la probabilidad de que sucedan los dos eventos conjuntamente es cero. En este contexto la función de utilidad esperada se plantea de la siguiente forma:

$$p_a U(BC) + q_a U(AV) + (1 - p_a - q_a) U(H) = p_b U(BC) + q_b U(AV) + (1 - p_b - q_b) U(H)$$

Ecuación 10.9

donde H corresponde al estado de salud normal. El compromiso entre riesgos supone variar los niveles de ambos riesgos, bronquitis crónica y accidente vial, p_a , q_a , p_b y q_b , en ambas situaciones, de modo que en el caso (A) sea siempre menor el riesgo de bronquitis crónica y en el caso (B) lo sea el de accidente vial fatal. Al encuestado se le presentó un primer juego de elección y, a partir de este, se ajustaron los niveles de los riesgos hasta lograr la indiferencia entre una y otra situación.

El segundo compromiso se daba entre uno de los riesgos; por ejemplo, bronquitis crónica, e ingreso personal, el cual se modela así:

$$p_a U(BC, I) + (1 - p_a) U(H, I) = p_b U(BC, I - Z) + (1 - p_b) U(H, I - Z)$$

Ecuación 10.10

En este caso los elementos variables son p_a , p_b y Z, es decir, los riesgos de contraer bronquitis crónica en ambas situaciones y el ingreso Z que se estaría dispuesto a pagar por un menor nivel de riesgo. Por último se encadenan ambos resultados y se obtiene la disposición al pago por reducciones de accidentes viales. La idea central del método de la cadena es que las personas encuentran más fácil responder a compromisos entre diversos riesgos que a compromisos entre ingreso y riesgo. Por lo tanto, si se dispone de un valor económico base para las reducciones de algún riesgo, a partir de encadenamientos es posible obtener el valor económico de un sinnúmero de otros riesgos, sean fatales o no.

En el trabajo de Viscusi et al. (1991), se agrupó un total de 389 individuos en dos submuestras. La primera, 194 personas, respondió el ejercicio recién descrito, mientras que los restantes 195 individuos respondieron a un compromiso entre riesgo de accidente vial y dinero en la segunda parte del experimento. A partir de los datos provistos en el trabajo, se puede hacer el siguiente análisis: comparar el valor por reducción de riesgo de contraer bronquitis crónica, obtenido en la primera submuestra, con el valor correspondiente al encadenamiento a partir de la segunda submuestra, bajo el supuesto de homogeneidad de las submuestras. Cuando se comparan las medianas para ambos casos, se obtienen valores de USD 457.000 versus USD 800.000 y al comparar las medias USD 883.000 versus USD 6.962.000. Como se ve, aunque el valor de las medianas difiere de manera importante al menos están en el mismo orden de magnitud, lo

que no ocurre con los valores de las medias. No obstante, es importante destacar que la diferencia en las medias se debe a la presencia de una persona extrema.

10.4.3.3 Método de la “apuesta estándar”⁷⁶

Este método es de uso común en la literatura médica y consiste en someter al encuestado a la siguiente disyuntiva. Se le pide que imagine que sufrió un accidente y se le detallan las consecuencias del mismo. Luego se le dice que existe un tratamiento que tienen una probabilidad de éxito, $p_{\text{éxito}}$, de que la persona recupere su estado de salud previo al accidente, pero que hay una probabilidad de fracaso, $p_{\text{fracaso}} = 1 - p_{\text{éxito}}$, de que el individuo muera instantáneamente.

Dadas estas condiciones, la persona tiene que indicar con qué probabilidad $p_{\text{éxito}}$ tomaría el tratamiento, con qué probabilidad $p_{\text{éxito}}$ dudaría y con qué probabilidad $p_{\text{éxito}}$ no lo tomaría en absoluto. Así se puede proceder con varios casos. Un ejemplo tomado de Jones Lee et al. (1995) ayudará a entender cómo funciona el método.

“Suponga que usted sufrió un accidente automovilístico y es llevado al hospital. Los doctores le dicen que si usted es tratado en la forma habitual, le acontecerá lo que se indica en la tarjeta R. Le dicen también que existe un tratamiento diferente, cuyo resultado es incierto; si el mismo tiene éxito usted recuperará su estado de salud normal en un breve tiempo, pero en caso contrario fallecerá (ver tarjetas J y K):

Tratamiento convencional	Tratamiento alternativo
Tarjeta R En hospital: – 1-4 semanas – dolor suave a moderado Después del hospital – Cierta dolor e inconvenientes, reduciéndose gradualmente – Algunas restricciones para trabajar y para actividades recreativas, mejorando sostenidamente – Después de un período de 1 a 3 años se vuelve al estado de salud normal, sin ningún tipo de consecuencia	Tarjeta J Si el tratamiento es exitoso: Recupera su estado de salud normal en un breve tiempo Tarjeta K Si el tratamiento fracasa: Estado de inconciencia inmediata, seguido por la muerte

⁷⁶ Esta es la traducción literal del término Standard Gamble. En idioma inglés, una de las acepciones de la palabra gamble es la disposición a aceptar un riesgo con la expectativa de que el resultado final será beneficioso.

¿Con qué posibilidad de éxito aceptaría usted el tratamiento?

Probabilidad de éxito: 99 en cien
 98 en cien
 97 en cien

 90 en cien

 80 en cien”

A partir de las respuestas de las personas, es posible determinar el nivel de riesgo que ellas están dispuestas a tolerar a fin de ser tratadas mediante el método alternativo. Con el objeto de llegar a un valor monetario, debe utilizarse alguna técnica de encadenamiento como acabamos de ver.

Según los encuestadores, el ejercicio de “apuesta estándar” resultó ser menos demandante en términos de esfuerzo por parte del encuestado que el ejercicio de VC. Dos razones se esgrimieron al respecto. Primero, la naturaleza del ejercicio de “apuesta estándar” era tal que para el individuo resultaba más fácil concentrarse en la respuesta, sin tener que pensar en los efectos monetarios. Segundo, los rangos de probabilidades eran del orden del tanto por ciento, magnitudes más fáciles de entender que en tanto por cien mil.

De ser cierto que los individuos encuentran más fácil realizar compromisos entre riesgo y riesgo que entre riesgo y dinero, podría concluirse en la siguiente alternativa:

- Realizar un estudio de VC o alguna técnica similar lo más robusta posible para obtener la disposición al pago por reducción de un riesgo específico bien entendido por el encuestado.
- Realizar estudios de riesgo-riesgo para valorar otros tipos de riesgos a partir del uso del encadenamiento.

Claramente se observa que es imposible escapar al uso del método de VC en alguna etapa del trabajo de campo y, por lo tanto, el tipo de problema propio de estos estudios es inevitable y el mismo se hará extensivo a las otras etapas.

10.4.3.4 Estudios de preferencias declaradas

En una encuesta de preferencias declaradas (PD), se presentan al individuo diversas opciones, cada una con valores distintos para los atributos que el experimentador considera relevantes. Cada opción debe presentar ventajas en algunos atributos y desventajas en otros, de manera que los individuos tengan

que enfrentar compromisos. Entre los atributos, se incluye una variable de costo que permite PD para estimar la DAP por reducir la frecuencia de ocurrencia de eventos de enfermedad respiratoria que derivan en una visita a una sala de urgencia y por mejoras de visibilidad. La **Figura 10.1** ilustra el concepto. Hay tres alternativas posibles, la primera de ellas representa la situación actual, correspondiente al año en que fue realizada la encuesta. Las alternativas A y B son de naturaleza hipotética; en ambas el costo se incrementa, pero las visitas a sala de urgencia se reducen y los días de alta visibilidad se incrementan. Si una persona está dispuesta a pagar por estas mejoras elegirá la alternativa A o B, mientras que si no está dispuesta a pagar preferirá la situación actual.

En estudios de PD, las personas encuestadas suelen responder varias situaciones de elección del tipo presentada en la **Figura 10.1** (Rizzi et al., 2007). Típicamente suelen ser entre 8 y 12 situaciones de elección que responde cada persona, logrando así incrementar el total de respuestas y permitiendo entonces la estimación de mejores modelos. En el estudio citado recientemente, se estimó el valor social de disminuir una visita a sala de urgencia por enfermedades respiratorias para niños, adultos y ancianos respectivamente en USD 14.390, USD 3.388 y USD 22.960⁷⁷.

FIGURA 10.1

Ejemplo de situación de elección en una encuesta de preferencias declaradas.
Fuente: Rizzi et al., 2014

Tarjeta N° 1		Situación actual	Alternativa A	Alternativa B
Visibilidad		Días al año con visibilidad alta o baja Alta, 70 Baja, 295	Días al año con visibilidad alta o baja Alta, 175 Baja, 190	Días al año con visibilidad alta o baja Alta, 100 Baja, 265
Visitas a salas de emergencia por enfermedades respiratorias	Niños < 18 años	19 % Porcentaje de niños que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años	17 % Porcentaje de niños que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años	18 % Porcentaje de niños que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años
	Adultos 18 a 64 años	9 % Porcentaje de adultos que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años	8,6 % Porcentaje de adultos que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años	8,4 % Porcentaje de adultos que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años
	Adultos > 64 años	53 % Porcentaje de adultos mayores que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años	51 % Porcentaje de adultos mayores que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años	49 % Porcentaje de adultos mayores que sufrirán el efecto en un periodo de cinco años
Costo mensual permanente		\$ 0	\$ 4.500	\$ 3.000

⁷⁷ Los intervalos de confianza para la variable visita a sala de urgencia por enfermedades respiratorias para niños, adultos y ancianos son, respectivamente [USD 10.598; USD 18.720], [USD 677; USD 6.263] y [USD 14.722, USD 32.041].

Las encuestas de PD hoy son aceptadas por los economistas como la mejor técnica de cuestionario destinada a estimar DAP por diversos bienes hedónicos. Para profundizar en su estudio se recomiendan leer Ortúzar y Willumsen (2011) y Rose y Bliemer (2009).

10.5 Cálculo de otros beneficios

Una vez monetizados los beneficios por salud, restaría cuantificar beneficios estéticos por mejor visibilidad urbana, mayores posibilidades de recreación al aire libre, menores daños a las construcciones e incremento de la productividad agrícola-ganadera. Los últimos dos beneficios son relativamente fáciles de cuantificar y requieren principalmente un muy buen detalle de todos los ítems involucrados. Por ejemplo, en el caso de la productividad agrícola deberá saberse cuánto más podrá producirse si mejora la calidad del aire. Esta información se podrá obtener a partir de las funciones dosis-respuesta. Una vez determinados los incrementos de productividad, se los deberá valorar a precios de mercado. Si la mejora en la productividad agrícola es marginal, la mayor producción no generará importantes cantidades adicionales de producto y, por lo tanto, se supone que los precios se mantienen constantes. Así, el beneficio está dado por una sencilla fórmula:

$$\text{Beneficio por mayor productividad agrícola} = \sum_i \Delta x_i \cdot p_i$$

Ecuación 10.11

donde i indexa los productos, Δx es el incremento en la producción por la mejor calidad del aire y p es el precio del respectivo producto. Si fuera el caso (situación poco probable) que la productividad agrícola aumentará de tal forma que los incrementos de producción fueran sustanciales, se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio por mayor productividad agrícola} = \frac{1}{2} \sum_i (x_i^0 + x_i^1) \cdot (p_i^0 + p_i^1)$$

Ecuación 10.12

donde los superíndices 0 y 1 se refieren respectivamente a la situación previa y a la situación posterior al proyecto de calidad de aire. A pesar de su

simpleza, esta fórmula tiene un sustento teórico y es aplicada comúnmente en evaluación social de proyectos. Su aplicación requiere hacer una proyección sobre el futuro precio de mercado y la futura cantidad de producto transada. La fórmula⁷⁸ es exacta si las curvas de demanda por los respectivos productos son lineales; en caso contrario, es de naturaleza aproximada.

En cuanto a la determinación de reducción de costos por menor mantenimiento de las estructuras civiles, una vez más se debe conocer la respectiva función dosis-respuesta. Con estos datos, luego es muy sencillo monetizar los costos ahorrados.

10.5.1.1 Beneficios por visibilidad

Al mejorar la calidad del aire, la visibilidad aumenta y las personas suelen experimentar una sensación de agrado que contribuye a generar mayor utilidad. Este incremento de la utilidad debe ser incluido en una evaluación social de proyectos, aunque su medición no es sencilla, puesto que no existe un mercado en que se transen los aspectos estéticos de la mayor visibilidad. Una vez más, puede recurrirse al uso de encuestas de preferencias declaradas a fin de valorar este bien ambiental. La encuesta de preferencias declaradas, descrita en la sección 10.4.3.4, también tuvo por finalidad valorar mejoras por visibilidad. Para ello se creó un atributo que contabilizaba la cantidad de días al año de visibilidad baja y la cantidad de días de alta visibilidad. A partir de los modelos estimados, se determinó que un día adicional al año de alta visibilidad produce un beneficio social de USD 690.000.⁷⁹

10.6 Transferencia de resultados

Debido a restricciones de presupuesto y /o tiempo, en muchas ocasiones no es posible realizar los estudios de valoración descritos en secciones anteriores. Por ejemplo, en países en desarrollo es difícil conseguir fondos que permitan llevar a cabo los estudios de campo necesarios para estimar el valor de una vida estadística. A pesar de ello, es deseable contar con un cálculo aproximado de

⁷⁸ Esta fórmula suele ser conocida como la regla del medio.

⁷⁹ A modo de ejemplo, el intervalo de confianza al 95% correspondiente al valor de visibilidad, calculado mediante simulación de Monte Carlo, es [USD 450.001; USD 956.029]. Para las variables visita a sala de urgencia por enfermedades respiratorias para niños, adultos y ancianos, respectivamente, tenemos los siguientes intervalos de confianza [USD 10.598; USD 18.720], [USD 677; USD 6263] y [USD 14.722; USD 32.041].

los potenciales beneficios que genere una medida tendiente a mejorar la calidad del aire.

Ante la imposibilidad de efectuar estudios locales, se recurre a la transferencia de valores. Para ello, se identifican estudios que hayan valorizado el bien en cuestión (por ejemplo, el valor de la vida estadística) en otros sitios (ya sea otros países u otras regiones del país) y haciendo uso de ciertas técnicas se transfiere un valor. Cuando se dispone de un conjunto numeroso y de buena calidad⁸⁰ de estudios, la técnica del meta-análisis permite determinar el valor a transferir. Un meta-análisis consiste en determinar el impacto que tienen ciertas variables que afectan el valor de la disposición al pago y que varían estudio a estudio. Para ello, se requiere contar con el valor estimado y un conjunto de datos relacionados con el caso de estudio que en teoría afectan el valor de la variable de interés. Entre estos datos se incluyen características demográficas de la muestra correspondiente a cada estudio como asimismo otros datos que condicionen la disposición al pago (por ejemplo, nivel base de concentración de contaminantes). Con esta información, se hace un análisis de regresión que calcula cómo cambia la disposición al pago en función de las variables explicativas. Una vez estimada la función, simplemente se insertan los valores de las variables explicativas que corresponden a la ciudad / área metropolitana / país en la función estimada y se obtiene el valor de la disposición al pago transferido. Miller (2000) presenta un estudio de meta-análisis para determinar el valor de la vida estadística para prevención de accidentes fatales.

Este tipo de estudios muchas veces no son útiles cuando se aplican a países en vías de desarrollo. Si el meta-análisis se basa en estudios realizados en países desarrollados, algunos de los valores que adopten las variables explicativas en los países en desarrollo estarán fuera del rango de valores considerados en el análisis y, por lo tanto, la transferencia de valores pierde confiabilidad estadística.

Si no puede realizarse un meta-análisis, un método de transferencia muy sencillo y usual, pero sujeto a márgenes de errores no menores, es el simple ajuste de valores mediante algún índice de ingreso per cápita relativo entre la ciudad / área metropolitana / país en que se origina el dato y la ciudad / área metropolitana / país al que se transfiere el dato. Una típica fórmula de ajuste es

⁸⁰ Por estudios de buena calidad, se entiende aquellos cuyos resultados han sido publicados: i) en revistas especializadas con revisión de pares; ii) por organizaciones como el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud, el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); o iii) por alguna autoridad gubernamental o institución privada con un historial de publicaciones en la vanguardia del estado de la práctica. Tanto en el caso ii) y iii), los estudios suelen estar a cargo de prestigiosos economistas.

$$DP_{Chile} = DP_{pd} \cdot \left(\frac{I_{Chile}}{I_{pd}} \right)^{\epsilon} \quad \text{Ecuación 10.13}$$

donde DP es disposición al pago, I es ingreso per cápita, pd significa país desarrollado y ϵ es la elasticidad de la disposición al pago con respecto al ingreso⁸¹. En relación a ϵ , suele recomendarse un rango de valores entre 1 y 2 (Hammitt y Robinson, 2011)⁸². Por ejemplo, si tomamos como valor de la vida estadística el estimador medio considerado por EPA (1990), $DP_{pd} = \text{USD } 4.800.000$, la relación de ingresos ajustado por poder de paridad de compra entre Chile y Estados Unidos, $I_{Chile} / I_{pd} = 0,27483$, y $\epsilon = 1,5$, se obtendrá un valor $DP_{Chile} = \text{USD } 688.441$. Implícitamente, esta simple manera de transferencia de valores supone que la percepción de riesgo es la misma en Chile que en el país en donde se obtuvo el valor de la disposición al pago; este supuesto es ciertamente dudoso.

10.7 Algunos casos de aplicación

A fin de concluir este capítulo, haremos referencia a dos casos de evaluación social de proyectos de mejora de calidad del aire. En primer lugar, comentaremos un estudio de gran magnitud realizado en Estados Unidos y, en segundo lugar, un estudio local. A grandes rasgos se observa una importante similitud en que los beneficios son calculados con alta incertidumbre, principalmente debido a la dificultad en la estimación de las funciones dosis-respuesta y de las disposiciones al pago para la reducción de eventos de mortalidad.

En los EE.UU., la Sección 812 de las modificaciones al Acta de Aire Limpio⁸⁴ exige a la Agencia de Protección Ambiental⁸⁵ evaluar los efectos del Acta de Aire Limpio sobre la salud pública, la economía y el medioambiente. En tal sentido, la Agencia de Protección del Medioambiente realizó un análisis costo-beneficio social sobre el Acta de Aire Limpio (EPA, 1999), a fin de estudiar

⁸¹ La elasticidad nos dice en qué porcentaje cambia la disposición al pago ante un incremento del ingreso del 1%.

⁸² En el caso de países con ingreso per cápita muy bajo, estos autores sugieren utilizar un valor $\epsilon = 1$.

⁸³ Según datos de The Economist (2007) para el 2004.

⁸⁴ Clean Air Act Amendments.

⁸⁵ Environmental Protection Agency.

su rentabilidad social entre 2000 y 2010. Este estudio calcula la razón beneficio / costo de implementar y operar los programas exigidos por los Títulos I a V del acta en el 2010. Su valor medio es de 4, y el rango de variación se encuentra entre un valor menor a 1 y valor máximo mayor a 10. Claramente el margen de incertidumbre es alto y esta incertidumbre se debe principalmente a la evaluación de los beneficios. Los beneficios están estimados con un valor central de USD 110.000 millones y con un intervalo de confianza al 90% entre USD 26.000 millones y USD 270.000 millones⁸⁶. El análisis considera dos tipos de incertidumbre: aquella asociada a las funciones dosis-respuesta sobre los efectos de la concentración de contaminantes y aquella relacionada con la valoración de beneficios. Este análisis no incluye la incertidumbre correspondiente a los modelos de dispersión de contaminantes, por lo que el intervalo de confianza sería aún mayor.

El efecto que más contribuye a la incertidumbre en la estimación de beneficios es la determinación de las muertes evitadas y su valoración monetaria. El valor central asociado a este beneficio es USD 100.000 millones, y su intervalo de confianza al 90% tiene su valor inferior en USD 14.000 millones y su valor superior en USD 250.000 millones. Efectivamente, este beneficio es clave, puesto que representa entre el 54% y el 93% de los beneficios del programa de mejora de calidad del aire impulsado por el Acta de Aire Limpio, según se trate del rango inferior o rango superior respectivamente de los beneficios estimados.

Existen otros beneficios con márgenes de incertidumbre similar, pero su importancia relativa en relación al monto total de beneficios es despreciable. Un ejemplo de ellos es la estimación de beneficios agrícolas cuyo intervalo de confianza al 90% está comprendido entre USD 7,1 millones y USD 1.100 millones, con un estimador central de USD 550 millones. La incertidumbre asociada a los beneficios por mejor visibilidad, por el contrario, se encuentra relativamente acotada. El intervalo de confianza al 90% tiene cota inferior y cota superior respectivamente en USD 2.500 millones y USD 3.300 millones, con un valor central de USD 2.900 millones. Su importancia relativa decrece a medida que crece el percentil considerado dentro de la estimación de beneficios totales. En el escenario de beneficios menos optimista, los beneficios por

⁸⁶ El margen de incertidumbre para la estimación de beneficios para el año 2000 también varían en un orden de magnitud al comparar el percentil 95 contra el percentil 5, pero con valores monetarios menores. Respectivamente, el percentil 5, el valor central y el percentil 95 son USD 16.000 millones, USD 71.000 millones y USD 160.000 millones.

visibilidad representan casi el 10% del total de beneficios, pero en el escenario más optimista, apenas el 1,2% del total de beneficios.

Dado que en el escenario más negativo la razón costo-beneficio es menor a 1, existe una pequeña probabilidad de que el costo del programa no se justifique socialmente y que tales dineros debieran ser dedicados a otros proyectos de mayor rentabilidad social. Dado el bajísimo costo relativo de los estudios necesarios para mejorar tanto la estimación de las funciones dosis-respuesta como la estimación de los valores de la disposición al pago por prevención de fatalidades, parece evidente la necesidad de invertir en este tipo de estudios a fin de acotar la incertidumbre.

En Chile, la Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente estipula en su artículo 44 el establecimiento de planes de prevención o de descontaminación ambiental (PPDA), cuyo cumplimiento será obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas. El artículo 45 requiere que los planes de prevención y descontaminación presenten una estimación de sus costos económicos y sociales. Extrañamente, la ley no requiere una estimación de los beneficios de manera explícita, aunque podría interpretarse que sí de forma implícita. El artículo 47 permite el uso de instrumentos económicos (como permisos de emisión transables o impuestos a la contaminación), cuya adecuada implementación requiere una estimación de beneficios sociales. Por otro lado, en relación a la dictación de las normas de emisión, el Decreto Supremo N° 93, de 1995, requiere un análisis general del impacto económico y social de la o las normas contenidas en sus respectivos anteproyectos. Considerando que un PPDA en muchos casos requiere normas de emisión más exigente, indirectamente también exige un análisis costo-beneficio.

Como ejemplo, DICTUC (2008) ha elaborado el estudio de evaluación social de un conjunto de nuevas normas en estado de anteproyecto. Para la valoración de los beneficios por mejoras a la salud, se utilizó el método simple de transferencia descrito en la sección 10.6, basado en la ecuación 10.13. El estudio entrega un estimador central de los posibles beneficios así como un intervalo de confianza al 90%. La razón costo/beneficio es estimada en 3,1 con un intervalo de confianza en el rango [1,1 - 5,1]. Tal como en el caso reportado para EE.UU., el componente salud presenta la mayor incertidumbre en la estimación de sus beneficios. La incertidumbre se registra tanto en la función dosis-respuesta como en la valoración económica de la reducción de eventos de mortalidad. En el escenario central, los beneficios de las medidas estimadas ascienden a USD 2.759 millones; los costos, a USD 897 y el beneficio neto a USD 1.859 millones.

Estos dos ejemplos de evaluación social de proyectos de normas de calidad del aire son ilustrativos del potencial de la aplicación del uso de técnicas de análisis costo-beneficio social. Es importante destacar que en ninguno de los dos casos descritos la evaluación social es vinculante. Simplemente, cumple un papel de informar tanto a los tomadores de decisión como a los distintos actores sociales sobre los costos y beneficios asociados, contribuyendo a una mayor transparencia. La disponibilidad de información, a su vez, debería contribuir a una mejor toma de decisiones, priorizando aquellas medidas que tienen el mayor potencial para lograr rentabilidad social.

En relación al tema de transparencia, un análisis costo-beneficio también debería entregar como resultado la distribución de costos y beneficios entre los distintos agentes económicos, prestando atención preferente a grupos humanos en especial situación de vulnerabilidad. Un proyecto puede ser rentable socialmente, pero si todos sus costos recaen sobre un grupo particular de agentes económicos, muy probablemente este proyecto contará con una feroz oposición de estas personas, si tienen capacidad de organizarse como grupo. Y si no la tuvieran, se les podría infligir un daño mayúsculo del que lleve muchos años (incluso generaciones) recuperarse. La importancia de contar con este tipo de análisis ya no puede soslayarse (Loomis, 2011). Ninguno de los dos estudios comentados realiza de modo explícito dicho análisis.

10.8 Referencias

- 1) Aldy, J.E. y W.K. Viscusi. "Age differences in the value of statistical life: revealed preference evidence". *Review of Environmental Economics and Policy* 1 (2007), 241-260.
- 2) Bajari, P., J. Cooley, K. Kim y C. Timmins. "Hedonic Price Regressions with Omitted Product Attributes", 2009: Disponible en <http://econ.duke.edu/~timmins/bckt.pdf> (accedido 24/01/2011).
- 3) Beattie, J., J. Covey, P. Dolan, L. Hopkins, M. Jones Lee, G. Loomes, N. Pidgeon, A. Robinson y A. Spencer. "On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 1 - caveat investigator". *Journal of Risk and Uncertainty* 17 (1998), 5-25.
- 4) Cima Ingeniería. *Análisis y definición de una metodología para la evaluación social de impactos de proyectos sobre la seguridad vial en rutas interurbanas*. Estudio realizado en 2007 para SECTRA. En: http://www.sectra.cl/Transporte_Interurbano/Metodologias_estudio_proyectos/metodologia_seguridad_vial.html (accedido 24/01/2011).

- 5) DICTUC. *Análisis y Evaluación del Impacto Económico y Social de Descontaminación de la Región Metropolitana*. Estudio realizado en 2008 para la Comisión Nacional de Medio Ambiente.
- 6) EPA. *The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1990 to 2010*. U.S. Environmental Protection Agency, 1999. En: www.epa.gov/oar/sect812 (accedido 24/01/2011).
- 7) Freeman, A.M. III. *The Measurement of Environmental and Resource Values*. 2nd ed. Washington DC: Resources for the Future.
- 8) Hammitt, J.K. y L.A. Robinson. "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 (2011). doi: 10.2202/2152-2812.1009. En: <http://www.bepress.com/jbca/vol2/iss1/1>. (accedido 4 de marzo de 2011).
- 9) Hanemann, W.M. "Willingness to pay and willingness to accept: how much can they differ?". *American Economic Review* 81 (1991), 653-647.
- 10) Jones Lee, M. "Safety and the savings of life". En R. Layard y S. Glaister (eds.), *Cost - Benefit Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, (1994).
- 11) Jones Lee, M. y G. Loomes. "Valuation of Safety". En D. Hensher y K. Button (eds.), *Handbook of Transport and the Environment*. Amsterdam: Elsevier, 2003.
- 12) Jones Lee, M., G. Loomes y P. Philips. Valuing the prevention of non-fatal road injuries: contingent valuation vs standard gambles. *Oxford Economics Papers* 47 (1995), 676-695.
- 13) Jones Lee, M., D. O'Reilly y P. Philips. "The value of preventing non-fatal road injuries: findings of a willingness to pay national sample survey". *TRL Working Paper WPSRC2*, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
- 14) Lancaster, K.J. "A new approach to consumer theory". *Journal of Political Economy* 74 (1966), 132-157.
- 15) Loomis, J. B. Incorporating distributional issues into benefit cost analysis: why, how, and two empirical examples using non-market valuation. *Journal of Benefit-Cost Analysis* 2 (2011): issue 1, Article 5. doi: 10.2202/2152-2812.1044. En: <http://www.bepress.com/jbca/vol2/iss1/5> (accedido 4 de marzo de 2011).
- 16) Miller, T.R. Variations between Countries in Values of Statistical Life. *Journal of Transport Economics and Policy* 34 (2000), 169-188.

- 17) Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. *Modelling Transport*. 3rd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2001.
- 18) Rizzi, L.I., C. de la Maza, L.A. Cifuentes, J. Gómez. "Valuing air quality impacts using stated choice analysis: trading off visibility against morbidity effects". *Journal of Environmental Management* 146 (2014), 470-480.
- 19) Rose, J.M. y M.C.J. Bliemer. "Constructing efficient stated choice experimental designs". *Transport Reviews* 29 (2009), 587-617.
- 20) Rosen, S. "Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition". *Journal of Political Economy* 82 (1974), 34-55.
- 21) Schwab Christe, N. y N. Soguel, eds. *Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 1995.
- 22) The Economist. *Pocket World in Figures*. Londres: Profile Books, 2007.
- 23) Viscusi, W. K. "The value of risks to life and health". *Journal of Economic Literature* XXXI (1993), 1912-1946.
- 24) Viscusi, W. K. y J.E. Aldy. "The Value of Statistical Life: a Critical Review of Market Estimates throughout the World". *Journal of Risk and Uncertainty* 27 (2003), 5-76.
- 25) Viscusi, W.K., W. Maga y J. Huber. "Pricing environmental health risks". *Journal of Environmental Economics and Management* 21 (1991), 32-52.

10.9 Problemas propuestos

- 1) Analice los siguientes documentos e identifique las metodologías de valoración económica de beneficios que aparecen en ellos, indicando en qué casos se tomaron elementos del análisis desde otros estudios y cuáles fueron los aportes originales en cada estudio:
 - a) Artículo de Jonathan I. Levy, Lisa K. Baxter y Joel Schwartz: "Uncertainty and Variability in Health-Related Damages from Coal-Fired Power Plants in the United States". *Risk Analysis* 29, N° 7 (2009), 1000-1014.
 - b) El anteproyecto de norma de emisión de centrales termoeléctricas en Chile, disponible en la página web: http://www.sinia.cl/1292/articulos-44963_informe_final_term.pdf
 - c) Artículo de X.R. Guo, S.Y. Cheng, D.S. Chen, Y. Zhou, y H.Y. Wang: "Estimation of economic costs of particulate air pollution from road transport in China". *Atmospheric Environment*, 44 (2010), 3369-3377.
 - d) Artículo de M. Pascal y otros: "Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekomp Project". *Science of the Total Environment* 449 (2013), 390-400.