

Picasso, Emilio

Contribución de la economía ambiental al análisis del riesgo tecnológico

Tecnología & Sociedad, Vol. 1, N° 3, 2014

Revista del Centro de Estudios sobre Ingeniería y Sociedad

Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Picasso, E. Contribución de la economía ambiental al análisis del riesgo tecnológico [en línea]. Tecnología & Sociedad. 2014;1(3).

Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/contribucion-economia-ambiental-analisis.pdf>

[Fecha de consulta:]



Contribución de la economía ambiental al análisis del riesgo tecnológico

Emilio Picasso¹

RESUMEN

La cuestión del riesgo tecnológico es ciertamente controvertida, como se manifiesta en el ruidoso debate entre las organizaciones ambientalistas y las empresas promotoras de la tecnología. Uno de los elementos centrales es el valor de la ciencia para dirimir ese debate. Por un lado, su objetividad está en duda. Por otro, la cuestión del riesgo reintroduce la cuestión de la subjetividad. Aunque la ciencia lograra una cabal y objetiva comprensión de la probabilidad y la magnitud del daño que potencialmente produciría un riesgo tecnológico, las actitudes frente al mismo son de naturaleza subjetiva, y por lo tanto también la decisión correcta. Una sociedad puede tolerar un riesgo en pos del beneficio tecnológico asociado mientras otra no. La economía ambiental realiza un aporte valioso en esta cuestión. Mediante sus métodos más elaborados permite integrar el elemento subjetivo de la apreciación del riesgo en el análisis del riesgo tecnológico. De este modo es posible realizar un análisis científico de la cuestión que contemple las actitudes de los miembros de la sociedad frente el riesgo.

¹ Ingeniero Industrial, Universidad de Buenos Aires, doctor en Dirección de Empresas (Universidad del CEMA). Profesor de Estadística Aplicada en la Pontificia Universidad Católica Argentina, profesor de Estadística Superior en la Universidad de Buenos Aires y de Métodos Cuantitativos en el Master de la Universidad del CEMA. epicasso@uca.edu.ar

PALABRAS CLAVE

Riesgo tecnológico, economía ambiental, costo-beneficio, valuación hedónica, valoración contingente, experimento de selección.

ABSTRACT

The technological risk is certainly a controversial issue, as demonstrated by the loud debate between environmental organizations and technology-promoting companies. In the core of the debate is the capability of science to settle the debate. On the one hand its objectivity is questioned. On the other hand the risk aspect brings back the issue of subjectivity. Even if science would achieve a comprehensive and objective assessment of the probability and the magnitude of the potential damage that a specific technology may cause, the people attitude is subjective in nature; then the right decision is also subjective. One society can tolerate a risk to get the corresponding benefits from technology while another society would not. The environmental economics makes a valuable contribution to this issue. By means of sophisticated methods it can measure and integrate the subjective element of the risk assessment in the analysis of the technological risk; making it possible to take into account the society member attitudes towards risk in the scientific analysis.

KEYWORDS

Technological risk, environmental economics, cost-benefit, hedonic valuation, contingent valuation, choice experiment.

1. INTRODUCCIÓN

La cuestión del riesgo tecnológico es ciertamente controvertida, como lo demuestra la existencia de las instituciones ambientalistas, y su confrontación con las empresas industriales promotoras de la tecnología. En el medio se ubica la comunidad, a la que ambos grupos dicen atender, y los políticos que la representan. Éstos son los actores que interactúan en torno al desarrollo de la tecnología.

Las empresas, artífices de la revolución industrial, han materializado indudablemente un enorme progreso para la humanidad. Motorizadas por el

incentivo que los beneficios proveen a sus dueños, y por cascada a los gerentes y operarios, estas empresas hacen realidad a gran escala los cambios tecnológicos que señala la ciencia, beneficiando a su vez a la comunidad. Ambos objetivos van unidos: la obtención de beneficios sigue a la provisión de una mejor calidad de vida a los integrantes de la comunidad. Sin embargo, el desarrollo de la tecnología por lo general no es inocuo para el medio ambiente, sino que produce externalidades negativas, es decir consecuencias no deseadas que están fuera del negocio. La empresa inflige un daño a algún bien público, que perjudica a todos o algunos miembros de la comunidad, y no se hace cargo de repararlo porque no existe una instancia de negociación, ya que los bienes públicos, no apropiables, no participan en un mercado. La contaminación producida por el carbón, el petróleo, los plásticos, los efluentes químicos, los cementerios de productos durables desechados, etc., van gradualmente haciéndose notar. Hacia la década de 1960 la humanidad toma conciencia del impacto ambiental de aquel progreso (Carson, 1960; Commoner, 1966): La proliferación del desarrollo industrial está produciendo un daño significativo en el ambiente, en muchos casos irreversible. Se advierte que no es sustentable.

Surge entonces una disyuntiva en las empresas industriales: el bien de la comunidad ya no está totalmente alineado con los beneficios. Es importante comprender que esta disyuntiva no se limita a los propietarios de las empresas sino que alcanza también a los miembros de la comunidad. Un operario de una planta de carbón por ejemplo, sostiene su hogar gracias a esa tecnología, que también contamina el aire que respiran su familia y él.

Dos elementos complican la cuestión de la externalidad ambiental. En primer lugar la cuestión del riesgo tecnológico. El impacto ambiental de una actividad industrial tiene usualmente una componente cierta, como por ejemplo la inundación permanente que produce el lago de una represa. Esta componente no se debería prestar a gran controversia puesto que, siendo cierta, es relativamente sencillo arbitrar los medios para compensar a los damnificados. Sin embargo, el impacto ambiental también tiene componentes de riesgo, es decir eventos negativos para las cosas o la vida que son aleatorios. La contaminación del aire o del agua, dentro de ciertos límites, no tiene un efecto cierto sobre la salud, sino mediado por una probabilidad. Aun asumiendo que todos los miembros de la comunidad conocieran exactamente esta probabilidad, sus reacciones

serían diferentes como consecuencia de la variedad de susceptibilidades al contaminante, de preferencias y de actitudes frente al riesgo. El segundo elemento es que los beneficios y los riesgos de la tecnología suelen recaer sobre diferentes actores. En el caso de la explotación del carbón, por ejemplo, los beneficios están concentrados sobre los propietarios de las empresas, y secundariamente sobre los trabajadores, mientras que los perjuicios recaen sobre grandes sectores de la comunidad. En otros casos, como la minería a cielo abierto, los beneficios se extienden más allá de los propietarios y trabajadores hacia toda la comunidad vía impuestos y exportaciones que generan divisas que posibilitan un mejor nivel de ingresos; mientras que los perjuicios recaen principalmente sobre los pobladores de la zona donde se encuentran las operaciones. Es decir, la distribución demográfica de los riesgos generalmente no se corresponde con la de los beneficios.

La proliferación del daño ambiental derivado de la tecnología provocó el surgimiento del movimiento ambientalista y sus instituciones. La cuestión excedió el ámbito de las empresas industriales y se suscitó la controversia, cuya complejidad confunde a la comunidad y también a los políticos que la representan.

En el fragor de la controversia acerca del riesgo tecnológico han surgido ideologías extremas. Como señala Ortega en este número, siguiendo a Shrader-Frechette (1991), tanto el relativismo cultural como el positivismo «ingenuo» se manifiestan en estos debates. El primero plantea la imposibilidad de un abordaje científico libre de valores subjetivos. El riesgo sería un concepto construido por la sociedad, y por lo tanto no habría decisiones correctas o erradas acerca del mismo, tal como si fuera una cuestión estética. Cada sociedad decide trabajar para mitigar el riesgo o desestimarlos según sus preferencias subjetivas. La propuesta de resolver la cuestión del riesgo mediante el debate democrático luce atractiva. Sin embargo, dejar de lado todo argumento racional puede conducir a un debate salvaje dirimido por la fuerza con consecuencias negativas; ya sea de alguna empresa inescrupulosa con influencias políticas para conseguir la aprobación de un proyecto pernicioso para la sociedad, o bien de una masa equivocadamente enfervorizada contra una tecnología inocua que se privaría de sus beneficios. La asimilación de la cuestión del riesgo a la estética puede resultar en un deterioro de los derechos humanos, particularmente la vida.

El positivismo «ingenuo», en el extremo opuesto, asigna un valor absoluto a la ciencia. Cree en una ciencia neutral, totalmente despojada de

valores subjetivos, que ofrece evaluaciones de costo-beneficio que permiten dirimir la controversia entre empresarios y ambientalistas, guiando a los políticos hacia el bien común de la comunidad. Según Sunstein (2002), cuando hay desacuerdo entre los expertos y la opinión pública, generalmente los primeros tienen razón. Sunstein y Zeckhauser (2008) tratan la cuestión del miedo en la sociedad. Algunos riesgos tienen una fuerte componente emocional, como por ejemplo los atentados terroristas, o los ataques de tiburones. Normalmente éstos tienen muy baja probabilidad, de lo contrario serían catastróficos. Sin embargo, no importa lo baja que sea la probabilidad, su componente emocional tiene la capacidad de diseminar miedo y producir una sobre-reacción. La gente extrema la precaución, lo cual se refuerza por la aprobación social. Los políticos responden al miedo asignando recursos desmesurados a la prevención del riesgo, descuidando otros riesgos de mayor probabilidad u otros objetivos más importantes para la calidad de vida de la comunidad. Por ejemplo, las intensas medidas de seguridad en los aeropuertos que siguieron a los atentados terroristas condujeron a una mayor utilización del transporte terrestre, y esto incrementó el riesgo general de transporte. Todo esto supone que el riesgo es un concepto objetivo, medible mediante la estadística. Sin embargo, múltiples causas pueden debilitar la capacidad de la ciencia de medir el riesgo. Descartando la adulteración deliberada, es difícil para los diferentes actores de la sociedad aislar completamente el análisis científico de los valores subjetivos. En primer lugar los valores contextuales de la persona, como por ejemplo el beneficio de la institución donde trabaja, interfieren subrepticamente en el análisis. Más sutiles aún son los valores metodológicos, relacionados con el paradigma al que el científico suscribe, que indican qué teoría aplicar y cuál es la base empírica relevante en un estudio determinado. La propia imperfección de la ciencia empírica, puesta en evidencia por los trabajos de los epistemólogos modernos, como Karl Popper, Thomas Kuhn, o Imre Lakatos, justifica el adjetivo «ingenuo» para esta ideología.

Shrader-Frechette (1991) propone un punto intermedio entre ambas ideologías, que denomina procedimentalismo científico. En primer lugar rescata el valor de la ciencia en la medición del riesgo. Las teorías científicas, en su imperfección, pueden evaluarse por su capacidad predictiva, acotando el sesgo metodológico. La utilización de la mejor teoría existente por parte de representantes de los diferentes actores de la comunidad permite balancear, y posiblemente neutralizar, el sesgo contextual. El debate basado en estas evaluaciones constituye una forma de tratar los

riesgos que supera a las propuestas ideológicas. Además, Shrader-Frechette (1991) propone introducir la ética en la evaluación del riesgo.

En el centro de este debate ideológico se halla la cuestión de la subjetividad. Los relativistas culturales realzan los valores subjetivos descartando la intromisión de una ciencia que consideran de dudosa objetividad. Los positivistas ingenuos en cambio pretenden eliminar su influencia a través de una ciencia impecablemente objetiva. Sunstein y Zeckhauser (2008), más cercanos a esta segunda ideología que a la primera, proponen el análisis de costo-beneficio como la solución correcta a los problemas ambientales. En presencia de incertidumbre, el análisis costo-beneficio requiere una estimación estadística de la probabilidad además de la magnitud de los costos y beneficios. Estos autores plantean el problema de la heurística de disponibilidad. Los riesgos aterradores, como un atentado terrorista, activan este mecanismo que consiste en un sesgo cognitivo por el cual la gente desestima la baja probabilidad y queda frente al efecto aterrador con toda su connotación emotiva. Esto produce un intenso clamor social por una sobre-reacción para neutralizarlo, el cual muchas veces es atendido por los políticos e implementado, en desmedro de otros programas que producirían mayor beneficio para la calidad de vida de la población. Esta tesis se apoya en las investigaciones de Kahneman y Tversky (1979), quienes afirman, a partir de observaciones empíricas, que la gente no distingue las probabilidades muy pequeñas entre sí en la toma de decisiones. Entonces un evento aterrador gana disponibilidad en la mente gracias a sus facetas emotivas y la gente pierde la capacidad de ponderar su probabilidad. Esto genera una serie de medidas preventivas en la comunidad, y la misma heurística de disponibilidad hace que sus miembros se refuercen mutuamente en este comportamiento, produciendo una escalada sobre-reativa. En la opinión de Sunstein y Zeckhauser (2008) no es correcto que el gobierno reaccione en la magnitud reclamada por el público atemorizado. Sin embargo, las medidas preventivas del público pueden ser muy costosas para la sociedad, tanto pecuniariamente como en términos de utilidad o felicidad. Si el terrorismo despierta el pánico, aunque su probabilidad sea ínfima comparada con la de los accidentes de tránsito por ejemplo, puede tener un efecto social devastador. Se resquebrajaría la cohesión social, lo que redundaría en un decaimiento de la actividad económica; la gente realizaría desmesuradas e ineficientes inversiones en sistemas de seguridad; la gente se retraería de realizar algunas actividades lícitas que pudieran malinterpretarse como favorables al terrorismo («overdeterrence»), etc. Esto sugiere la siguiente pregunta: ¿Es socialmente conveniente una asignación de recursos superior a la que

propone el análisis de costo-beneficio «objetivo», con el propósito de evitar una escalada de pánico? ¿Es económicamente eficiente para la sociedad invertir en disolver el miedo, dados sus efectos nocivos? O, puesta en términos más precisos: ¿Hasta qué punto lo es? Es decir, cuál es el (dis) valor del miedo. Y la respuesta yace en la subjetividad, ya que la actitud al riesgo es profundamente subjetiva. Conviene aquí separar dos roles de la subjetividad. Por un lado está la subjetividad de los científicos que realizan el estudio. Esta es la que el procedimentalismo científico propone neutralizar mediante la selección de la mejor teoría y su aplicación por científicos de cada grupo interesado. Pero también está la subjetividad de los miembros de la sociedad dada por la variedad de susceptibilidad al daño potencial y de actitud frente al riesgo. Ante un riesgo de probabilidad 2%, por ejemplo, algunos pueden espantarse y otros convivir con él sin mayor preocupación. Un análisis «objetivo» que se queda en una probabilidad no puede captar esta realidad social, y presenta una limitación importante para servir como regla de decisión. Esto supone una exigencia mayor para la ciencia. ¿Es la ciencia capaz de incorporar los aspectos subjetivos en el análisis del riesgo? Es en este punto donde los modernos métodos de la economía ambiental prestan una colaboración invaluable.

2. LA ECONOMÍA AMBIENTAL Y SUS MÉTODOS

Entendemos la economía como la ciencia que estudia la forma de satisfacer las necesidades humanas mediante recursos escasos, posibilitando la supervivencia y prosperidad de las sociedades. En este contexto, la economía ambiental analiza las decisiones económicas que interactúan con el medio ambiente.

Una de sus principales aplicaciones prácticas es evaluar el impacto ambiental de los emprendimientos relacionados con el medio ambiente, a fin de incorporar esta dimensión a la evaluación de los proyectos. Si bien los efectos negativos que diversas industrias infligen al medio ambiente, ya sea en forma cierta o de riesgo tecnológico, son tema de preocupación relativamente reciente, ya desde tiempos inmemoriales el hombre ha realizado emprendimientos con el objeto de mejorar las condiciones ambientales. Bastan como ejemplo las obras de vaciamiento de los pantanos y los formidables acueductos que realizaba la antigua cultura romana para sanear las áreas urbanas.

Como los bienes y servicios que el medio ambiente provee a la sociedad: el aire, el agua, el silencio, la seguridad, la recreación, son generalmente

de carácter público, no apropiables ni generadores de rivalidad, no existen mercados que reaccionen mediante cambios de precios tendientes al equilibrio (Samuelson, 1954). Así, cuando una organización considera un proyecto rentable que deterioraría el medio ambiente, la sociedad no puede recuperar la calidad del ambiente perdida. O viceversa, si una organización considera un proyecto tendiente a mejorar la calidad del ambiente, no existe un mercado que le permita recuperar la inversión aunque el mismo fuera atractivo para la sociedad en su conjunto. La resolución de estas externalidades requiere frecuentemente la intervención del gobierno, idealmente para crear un mercado que asigne un valor al bien ambiental, como en el caso de las emisiones de dióxido de carbono. Otras veces tal cosa es imposible y es necesaria una intervención directa. En ambos casos es necesario medir o valorar el impacto ambiental. Es decir, determinar la magnitud económica requerida para restablecer el bien común de la sociedad, ya sea en forma de compensación para los damnificados o en forma de subsidios tendientes a viabilizar un proyecto de mejora ambiental (Baumol y Oates, 1988).

Así, la valuación del impacto ambiental se constituye en un elemento clave para lograr la congruencia entre muchos emprendimientos y el bien común de la sociedad.

Entre los diferentes tipos de impacto ambiental se destaca el riesgo para la vida, por lo cual es un tema central en la Economía ambiental, que permite valorarlo y sopesarlo en comparación a los otros bienes de la economía.

Siguiendo a Freeman (2003), la valuación de impacto ambiental de un proyecto comienza con la determinación del cambio en el ambiente en términos físicos y biológicos. Dado un determinado proyecto, ya sea que provenga de un agente del mercado o del gobierno, las ciencias naturales intervienen para determinar el cambio que provocará en el ambiente. Este trabajo puede ser bastante complejo e implica la delimitación espacio-temporal del impacto en todas las variables físicas y biológicas. Luego es necesario, con la ayuda de las ciencias naturales y de las ciencias de la salud, determinar el impacto que este cambio tendría sobre la vida humana y los recursos naturales, biológicos e inanimados. A partir de allí interviene la economía ambiental en la valuación de dos tipos de impacto. En primer lugar, del impacto sobre la vida humana y los recursos naturales surge el valor activo o “valor de uso”. En segundo lugar, del mero cambio ambiental, y sin referencia a la utilización que del mismo pueda hacerse, surge el valor pasivo o “valor de no-uso”, que consiste princi-

palmente en el deseo de legado a la humanidad, generaciones presentes y futuras. Por ejemplo, analizando el impacto ambiental de un proyecto de minería a cielo abierto, la potencial contaminación del agua tiene un (dis)valor activo para los pobladores del lugar; mientras que la destrucción de un glaciar tiene un (dis)valor pasivo para muchos miembros de la sociedad, aun residentes en lugares lejanos del mundo, que piensan que ese fenómeno natural debe ser preservado a pesar de que posiblemente nunca hagan personalmente uso de él.

Existe una variedad de tipos de bienes ambientales a la que corresponde una variedad de métodos de valuación. El agotamiento o depredación de recursos extractivos puede valorarse con técnicas económicas tradicionales. No deben desestimarse sin embargo los efectos secundarios o de equilibrio general. Por ejemplo, una restricción de uso de un recurso a una industria puede redundar en una modificación del equilibrio económico en la que los consumidores terminan enfrentando mayores precios y los productores experimentando una menor demanda. O una restricción a los consumidores puede generar inconvenientes con onerosas consecuencias de adaptación del comportamiento que traigan aparejado costos y tiempo perdido, e influyan sobre otros aspectos de sus patrones de consumo. Un caso paradójico son los controles a los pasajeros de avión que se implantaron para evitar los atentados terroristas, que generan demoras e incomodidad desincentivando el tránsito aéreo a favor del tránsito de superficie, como ya hemos señalado, bastante más inseguro. Es necesario en cada caso establecer un modelo de equilibrio particular, o general si el cambio afecta a varias industrias, para comprender el impacto en su total magnitud.

En cambio, los bienes ambientales que no se negocian en mercados, como la pureza del aire, del agua, la ausencia de ruido, la recreación, o la seguridad, requieren métodos más elaborados, ya que no existe un mercado para modelar. El valor pasivo es aún más difícil de medir y requiere métodos directos, como la valuación contingente o los experimentos de selección. El riesgo tecnológico está ligado a la misma vida humana. El valor de la vida humana, o más propiamente el riesgo de una prematura terminación de la misma, tiene una componente activa y otra pasiva, exigiendo las más elaboradas técnicas de medición.

En lo que sigue presentamos de manera sucinta los principales métodos de valuación ambiental, con el objeto de mostrar su aporte a la cuestión del riesgo tecnológico. Siguiendo a Freeman (2003), los métodos espe-

cíficos para la valuación ambiental se dividen en dos tipos según el tipo de base empírica empleada: Los métodos de preferencias reveladas y los de preferencias declaradas. La tabla 1 reúne los principales métodos de valuación ambiental.

Tabla 1 - Métodos de Valuación Ambiental		
Método de valuación		Tipos de bien ambiental afectado
Preferencias reveladas o Indirectos	Costo-beneficio	Valor de uso del ambiente • Extractivo. • De uso no excluyente o recreativo.
	Costos de viaje	
	Valuación hedónica	
Preferencias declaradas o directos	Valuación contingente	Valor de uso del ambiente Valor pasivo: • De opción de uso potencial. • De existencia o legado a la humanidad.
	Experimentos de selección	

Fuente: Elaboración propia basada en Freeman (2003).

Los métodos de preferencias reveladas utilizan información sobre el comportamiento humano en determinados mercados que están relacionados con el bien ambiental a valorar. Esta información puede provenir de registros previos o de una encuesta realizada ad hoc con preguntas sobre el comportamiento pasado, y es procesada mediante modelos estadísticos, como la regresión lineal, la regresión no lineal, los modelos logit o probit, o los modelos de selección discreta; con el objeto de interpretar los patrones de decisión del individuo y entre ellos su valoración por el bien ambiental en estudio.

Los métodos de preferencias declaradas utilizan información proveniente de decisiones hipotéticas. Consisten en plantear al individuo una situación hipotética que involucra al bien ambiental para que tome una decisión. Generalmente la situación hipotética incluye un vehículo monetario de manera de provocar una decisión de compromiso (*trade-off*) entre el bien ambiental y un egreso o ingreso; lo que permite valorar el bien ambiental en términos monetarios. Otras veces se incluyen dos riesgos distintos (*risk-risk analysis*) y el resultado se expresa como el valor de un riesgo en términos del otro.

2.1. MÉTODO DE LOS COSTOS INCURRIDOS O EVITADOS

El método más simple de preferencias reveladas es el de los costos incurridos o evitados. Es especialmente adecuado cuando el bien ambiental en estudio participa en un mercado. Los registros de precios y cantidades transadas en el mismo revelan las preferencias de los actores y permiten realizar valoraciones mediante técnicas de análisis económico tradicionales. Harrington y Portney (1987) desarrollaron el modelo que sustenta este método. El mismo estudia la forma en la que los individuos gestionan el riesgo para evitar la enfermedad, analizando las relaciones entre el tiempo de enfermedad, los gastos defensivos para prevenir el riesgo, los gastos médicos derivados de la contaminación ambiental con la utilidad y el ingreso. El modelo establece que, en el equilibrio, el gasto defensivo marginal es igual al gasto médico marginal, más el costo de la producción perdida (medido por el ingreso perdido durante el tiempo de enfermedad), más la des-utilidad derivada de la enfermedad. Como la medición de los gastos defensivos es difícil, y en muchos casos impracticable, el método procede por el otro lado de la ecuación, abordando la medición de los gastos médicos y el ingreso. Lamentablemente resulta inabordable para este método la medición de la des-utilidad, por lo cual es aproximativo. Cuando se trata de enfermedades con un alto riesgo de muerte esta solución es inadecuada, ya que la utilidad de la vida es, con toda probabilidad, un elemento preponderante.

En su aplicación empírica, el método de los costos incurridos o evitados conduce a la expresión de la fracción atribuible poblacional proporcional (*FAPP*) que se define como la porción de las enfermedades o decesos que pueden atribuirse al riesgo ambiental:

$$FAPP = \frac{\sum RR_i P_i - 1}{\sum RR_i P_i}$$

Donde el índice i recorre los diferentes escenarios de exposición al factor de riesgo ambiental que se observan en la comunidad. RR representa el riesgo relativo de los individuos en el escenario i frente a los no expuestos, y P es la prevalencia del escenario i .

Dado un cambio ambiental, ya sea positivo (obra de saneamiento) o negativo (proyecto industrial con impacto ambiental), el cambio en la *FAPP* de cada enfermedad puede calcularse mediante:

$$\Delta FAPP = \frac{\sum RR_i (P'_i - P_i)}{\sum RR_i P_i}$$

Donde P' es la nueva prevalencia del escenario de riesgo luego del cambio ambiental. El cambio de la FAPP multiplicado por la cantidad de enfermos previa y por el costo de la enfermedad (gastos médicos más producción perdida) produce una valoración del impacto ambiental del cambio en estudio.

Este método, aun con sus limitaciones, asiste adecuadamente en una variedad de problemas ambientales. Por ejemplo ha sido utilizado efectivamente por Conte Grand y Coloma para la evaluación de obras de infraestructura de agua y saneamiento en la Argentina. En ese estudio se analizan los siguientes escenarios de riesgo: 1: Situación ideal, 2: Disponibilidad de agua corriente y cloacas, 3: Disponibilidad de agua corriente pero no de cloacas, 4: Disponibilidad de cloacas pero no de agua corriente, y 5: Indisponibilidad de cloacas y agua corriente. El proyecto evaluado consiste en la construcción de obras de infraestructura de agua corriente y cloacas. El método de los costos incurridos o evitados permite valorar el beneficio para la población derivado de la reducción de riesgo de enfermedades causadas por el agua, que considerado junto a la inversión en infraestructura permite evaluar el proyecto. Esta evaluación económica es también social ya que considera el beneficio de una reducción de la prevalencia de enfermedades.

2.2. Método de los Costos de Viaje

En 1947, el US National Park Service, preocupado por el costo de los parques, solicitó a varios expertos ideas sobre cómo medir el valor que la sociedad le asigna a los mismos, siendo muchos de ellos gratis para el público. Harold Hotelling (1949) respondió mediante una carta en la que expone una idea sumamente original. Cuando una persona visita un parque es porque le asigna un valor mayor o igual que el costo asociado, incluyendo el precio de acceso, pero sobre todo los costos del viaje. Esta idea permite construir la curva de demanda del parque, analizando el costo y la probabilidad de visita de la población residente en sucesivos anillos concéntricos alrededor del parque. Con la curva de demanda es sencillo calcular el valor subjetivo del parque (una cota inferior en reali-

dad) como el excedente del consumidor.² Este método de valoración fue desarrollado por Clawson (1959) y se generalizó a cualquier bien recreativo: parques naturales, parques de diversiones, playas, montañas, etcétera

Este método se aplica a la economía ambiental cuando un proyecto industrial pone en riesgo un bien recreativo. La destrucción del mismo puede ser valorizada y contemplada en el proyecto, lo cual permite internalizar el costo social en la evaluación económica del mismo. Por ejemplo, es útil para valorizar el potencial impacto ambiental de las papeleras en el río Uruguay.

En su expresión más simple el método sólo exige conocer la residencia de cada visitante respecto al bien recreativo y datos censales. Esta información está generalmente disponible, lo cual realza el atractivo del método.

Se han escrito críticas a este método (Randall, 1994), por su abordaje presuntamente simplista, sin embargo se ha empleado en una buena cantidad de trabajos de investigación.

En su versión más elaborada el método de los costos de viaje incorpora variables demográficas al análisis. Esto se realiza mediante encuestas sobre muestras representativas de visitantes al bien recreativo, en las que se registra la frecuencia de visitas así como una serie de descriptores demográficos que permiten profundizar el análisis. Esta base empírica se trata mediante modelos lineales generalizados (por ejemplo la regresión de Poisson), que permiten calcular la valoración de manera más precisa.

2.3. Método de Valoración Hedónica

Esta metodología se basa en la teoría de los precios hedónicos desarrollada por Sherwin Rosen (1974), que generaliza el análisis económico clásico al caso de productos diferenciados. La idea consiste en analizar un mercado en el que el bien ambiental en estudio juegue algún rol en las decisiones, aunque sea secundario. Por ejemplo, el mercado inmobiliario para el estudio de la contaminación del aire o del agua en zonas urbanas, o el

² Excedente del consumidor se denomina a la diferencia entre el monto que están dispuestos a pagar los consumidores y el precio del bien.

mercado laboral para el estudio del riesgo de vida, o el mercado inmobiliario para el estudio del crimen.

Para fijar conceptos tomemos el caso de la contaminación ambiental por ruido. La teoría de los precios hedónicos establece que los precios de los departamentos dependen de una serie de variables como la superficie, la ubicación, el acceso al transporte, la categoría de la construcción, los servicios del edificio, la luminosidad, y también posiblemente del nivel de ruido. El bien ambiental en juego es el silencio. A mayor silencio mayor precio, *ceteris paribus*. Una compañía constructora exige mayores precios en lugares silenciosos. También puede intentar aislar el ambiente interior del ruido mediante muros aislantes, ventanas con doble vidrio, y otras técnicas constructivas, sin embargo el costo marginal crece a niveles mayores de silencio, ya que hay pocos lugares disponibles en la ciudad con esas características y las mejoras constructivas son crecientemente costosas; por lo cual la curva de precios ofrecidos en función del silencio (curva de oferta) es cóncava, es decir aumenta su pendiente positiva con el nivel de silencio. Cada compañía constructora tiene una curva de oferta propia, determinada por la ubicación y las características de los edificios que construye. Por otro lado los compradores de departamentos están dispuestos a pagar más por departamentos silenciosos, *ceteris paribus*. La utilidad del silencio también tiene rendimientos decrecientes ya que pasado cierto nivel un mayor silencio es imperceptible. Entonces la curva de disposición a pagar en función de la pureza del aire (curva de demanda) es convexa, es decir se satura a cierto nivel de silencio. Cada comprador tiene su propia curva de demanda, dependiendo de su tolerancia al ruido y la propia habilidad para neutralizar sus efectos.

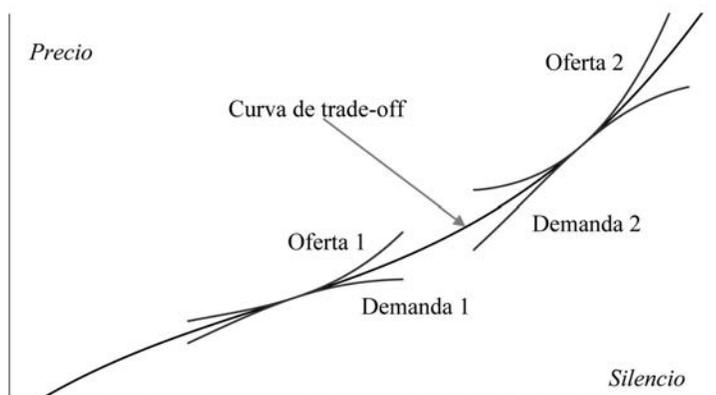


Figura 1. Modelo de Valoración Hedónica

Las curvas de oferta de las distintas empresas constructoras se encuentran con las curvas de demanda de los distintos compradores en puntos de tangencia, definiendo una asignación óptima de compradores a constructores. Los compradores más exigentes se encuentran con las empresas que construyen en zonas más silenciosas. Lo mismo ocurre con todas las demás características de los inmuebles, como superficie, categoría, etc., seguramente con mayor intensidad que con el nivel de ruido, pero si el mercado es competitivo el equilibrio se produce en estas zonas de tangencia. Las curvas de oferta y demanda de cada constructor y cada comprador no son observables. Sin embargo, el lugar geométrico de los puntos de tangencia entre las mismas constituye una curva de *trade-off* entre precio y nivel de pureza del aire que es observable en las transacciones realizadas. La figura 1 describe la relación entre el nivel de silencio y el precio de los inmuebles. La derivada (pendiente) de la curva de *trade-off* es el valor marginal del silencio. La estimación econométrica de esta curva de *trade-off* se puede realizar mediante una muestra de precios de las propiedades y niveles de silencio (o ruido), además de las restantes características de los departamentos. La estimación se realiza mediante modelos de regresión no lineal.³ La derivada de la curva de *trade-off* da el valor marginal del silencio, a cada nivel de silencio. Éste es un valor subjetivo, ya que parte de las decisiones de los sujetos en un mercado libre y competitivo, por lo tanto es una valoración social que permitiría evaluar económicamente una inversión para la mejora del nivel de silencio; como por ejemplo la colocación de parapetos laterales en las autopistas, la obligación de aislar los generadores eléctricos privados, mayores exigencias para los clubes nocturnos, etc. Gracias al modelo estadístico se consigue medir las preferencias implícitas en el comportamiento de la sociedad de una manera precisa.

Esta metodología también puede aplicarse, en algunos casos, para medir el valor del riesgo tecnológico. Obsérvese que el valor que arroja incluye los aspectos subjetivos. Por ejemplo, si hay dos puestos laborales con la misma probabilidad de accidentes fatales, uno más temido que el otro por parte de los trabajadores, el método verificaría una prima mayor en los salarios del primero que del segundo.

³ La no linealidad es técnicamente necesaria para que la derivada con respecto al nivel de silencio sea variable y permita entonces, en una segunda etapa, construir una curva de demanda.

Algunos ejemplos de trabajos de investigación que utilizan el método de precios hedónicos para medir el valor de la seguridad laboral son: Kniesner y Leeth (1991), o Moore y Viscusi (1988).

2.4. Métodos directos

Estos métodos, también llamados “de preferencias declaradas”, abordan directamente al individuo con preguntas o tareas de selección que permiten conocer sus opiniones acerca del bien ambiental en estudio de manera cuantitativa.

El primero es el de valoración contingente. Este método, en esencia, consiste en realizar una pregunta directa al individuo acerca del valor del bien ambiental en estudio. Originalmente se preguntaba al individuo cuánto pagaría por el bien ambiental, o qué nivel de compensación exigiría por su carencia. Esto presenta altos niveles de sesgo, por lo cual el método evolucionó hacia el formato referéndum, en el cual se presenta una mejora ambiental con un egreso asociado que el individuo puede aceptar o rechazar. La información resultante es una cota para el valor del bien, ya que si el individuo acepta también podría haberlo hecho por un importe mayor y viceversa, si rechaza, también podría haberlo hecho por un importe menor. Sin embargo la respuesta contiene información susceptible de ser aprovechada por modelos de regresión no lineal tipo logit o probit, o también por métodos no paramétricos, para producir una medida precisa del valor del bien ambiental. La respuesta a la pregunta genera información sobre la variación compensada, es decir mide la tasa marginal de sustitución entre el bien ambiental y el vehículo monetario,⁴ expresión del valor del bien ambiental.

Otro método de esta clase es el de comportamiento contingente, que es similar, sólo que en vez de un egreso propone un comportamiento determinado. Por ejemplo Conte Grand y Chidiak (2010) estudian el valor de las playas del río Uruguay proponiendo al individuo, frente a un hipotético

⁴ La tasa marginal de sustitución es la máxima cantidad de dinero que la persona está dispuesta a pagar por una unidad de un bien. Es decir el individuo es indiferente entre poseer una unidad del bien o el dinero que representa la tasa marginal de sustitución. Técnicamente son situaciones del mismo nivel de utilidad.

deterioro ambiental, un traslado a otra playa similar más lejana. El costo de traslado equivale al egreso propuesto en el método de valoración contingente, con la ventaja de ser una propuesta más natural y realista.

La forma más elaborada de los métodos de preferencias declaradas está dada por los experimentos de selección. Éstos consisten en presentar dos o más alternativas, definidas por varias características entre las cuales está el bien ambiental, para que el individuo elija. Por ejemplo, se plantea la selección entre dos rutas para cubrir un trayecto, cada una con su tiempo de viaje, su tasa de accidentes y su costo (peaje, combustible, mantenimiento, etc.). El individuo considera gestálticamente ambas alternativas y toma una decisión de compromiso en la que tolera por ejemplo un mayor costo a cambio de una menor tasa de accidentes, revelando de este modo algunos aspectos de sus preferencias. Las tareas de selección se suceden, en distintas condiciones, para obtener un conocimiento acabado de sus preferencias. Así, el individuo toma decisiones en condiciones similares a la realidad, sin ser obligado a incurrir en racionalizaciones analíticas artificiales, lo cual confiere al método un alto grado de fiabilidad. Otros experimentos pueden considerar el nivel de contaminación del aire o del agua, el silencio, la supervivencia de determinada especie biológica, etcétera.

Habitualmente, una de las características que definen las alternativas es un costo o ingreso, que opera como vehículo monetario para expresar las preferencias en dinero. Así se calcula la disposición a pagar (*willingness to pay* o WTP) por el tiempo de viaje, por el silencio, por la pureza del ambiente, o por la seguridad vial. A veces, cuando se trata de cuestiones delicadas, se evita la introducción de un vehículo monetario. Es el caso de los estudios risk-risk, cuyos resultados expresan el valor de un riesgo en términos de otro, como en Viscusi (2009) donde se determina que el valor del riesgo de vida por atentados terroristas duplica el valor del riesgo de vida por desastres naturales. También se pueden incluir políticas entre las características, de manera de medir la aceptación del público por diversas maneras de encarar el problema. Volviendo al ejemplo de las rutas, podrían incluirse entre las características la amplitud de carriles, el sistema de señalización, etc.

La diferencia con el método de valoración contingente radica en que los experimentos de selección permiten desagregar las preferencias en un conjunto de características que definen el estado ambiental, lo que permite medir el valor del impacto ambiental en distintas dimensiones, y además enriquecer el conocimiento con la evaluación de políticas.

La información generada en un experimento de selección se analiza mediante modelos de selección discreta (*discrete choice models*), que interpretan los patrones de decisión de los individuos mediante una formulación de utilidades aleatorias. Estos modelos fueron creados por Daniel Mc Fadden (1975) para resolver problemas de transporte. En la siguiente década comenzaron a aplicarse a problemas ambientales. Recientemente han recibido un fuerte impulso por la invención de nuevos métodos de estimación que, apoyados en la creciente capacidad computacional, permiten superar la complejidad de cálculo.⁵

La utilidad de cada alternativa se expresa en función del nivel de cada una de sus características (t : tiempo de viaje, a : tasa de accidentes, y c : costo) y de una componente aleatoria ($\tilde{\epsilon}$) que explica el efecto de otras variables no consideradas en el experimento y eventuales imperfecciones en la racionalidad del individuo:

$$\tilde{U} = \beta_t \cdot t + \beta_a \cdot a + \beta_c \cdot c + \tilde{\epsilon}$$

Los coeficientes β miden la sensibilidad del individuo a cada una de las variables, es decir el valor, en términos de utilidad, de un minuto de viaje, un accidente por año, y un peso de costo. La función de utilidad no necesariamente tiene que ser lineal, sino que pueden aplicarse curvaturas para representar saturación o aceleración de efectos.

La teoría económica establece que el valor de, por ejemplo, la seguridad vial viene dado por la tasa marginal de sustitución de ingreso por cantidad de accidentes:

$$MRS_i = - \frac{\partial U / \partial a}{\partial U / \partial I} = \frac{\partial U / \partial a}{\partial U / \partial c}$$

Es decir, la disposición de cada individuo a pagar para que se produzca un accidente menos por año. Cuando la utilidad es función lineal de las

⁵ Los métodos de máxima verosimilitud simulada y de estimación bayesiana permiten resolver las integrales de elevada dimensión que requieren los modelos de selección discreta.

características, el cociente entre la sensibilidad al nivel de accidentes y la sensibilidad al costo mide esta disposición a pagar:

$$MRS = WTP = \frac{\beta_a}{\beta_c}$$

Agregando este valor a través de todos los individuos de la población se obtiene el valor que la sociedad le asigna a la seguridad vial.

La estimación del modelo, mediante los procedimientos estadísticos correspondientes, permite determinar las sensibilidades de modo que el modelo matemático pueda reproducir las decisiones de los individuos en cada tarea de selección. Un buen modelo matemático es capaz de reproducir la mayor parte de las decisiones. En este caso se ha logrado una comprensión cabal del proceso de decisión, y por lo tanto de la valoración de cada característica por parte de cada individuo.

Nótese que si una población tiene un miedo particular por los accidentes viales, esto redundará en una mayor sensibilidad a esa variable. De esta manera, los experimentos de selección miden no solo el “deber ser” puramente probabilístico, sino también el “ser percibido” por la gente.

Existe una amplia gama de modelos de selección discreta con diferentes propiedades, como el Multinomial Logit, el Nested Logit, el Mixed Logit, etc.⁶ Es trabajo del especialista determinar cuál es el modelo que mejor representa el comportamiento de los individuos en cada situación, es decir el que permite reproducir una mayor parte de las decisiones expresadas en el experimento de selección.

La implementación de modelos sobre preferencias declaradas permite trabajar con alternativas inexistentes pero potencialmente interesantes, ampliando el área de la Economía al campo experimental. Por ejemplo: nuevos estados de perfección o deterioro ambiental nunca alcanzados hasta el momento.

⁶ Nested Logit se utiliza cuando las alternativas no están uniformemente próximas; por ejemplo cuando se proponen dos alternativas hipotéticas más el statu quo. Mixed Logit es un modelo capaz de interpretar los patrones de decisión de cada individuo de la muestra en particular. Esta flexibilidad es muy apreciada en las aplicaciones, ya que permite identificar grupos sociales más sensibles al fenómeno estudiado.

Los métodos de preferencias declaradas son sensibles no solamente al valor de uso del bien ambiental, sino que también captan el valor pasivo. Por ejemplo, una persona puede desear que una ruta sea segura aunque no la piense utilizar.

Ejemplos de aplicación de experimentos de selección son: Adamowicz *et al.* (2000). o Rizzi y Ortúzar (2006).

3. CONCLUSIONES

Como queda de manifiesto en las secciones precedentes, la ciencia económica tiene un importante aporte para realizar en la cuestión ambiental. La economía ambiental ha desarrollado metodología para medir el valor subjetivo y social del impacto ambiental de manera cuantitativa precisa. Este aporte permite responder la pregunta planteada en la introducción: ¿Hasta qué punto es conveniente invertir para resolver un problema ambiental por encima de lo que un análisis costo-beneficio objetivo exige, con el propósito de evitar la proliferación del miedo en la sociedad? Esto remite a la cuestión de la subjetividad, pero no a la de los científicos que es materia de discusión entre positivistas y relativistas, sino a la de los miembros de la sociedad. Desestimando esta subjetividad se ignorarían las poderosas consecuencias sociales del miedo. El relativismo cultural da lugar ilimitado a la subjetividad, aceptando inversiones en exceso pero también en defecto de lo indicado por el análisis de costo-beneficio, quedando la decisión sujeta al debate salvaje, sin parámetros racionales. La economía ambiental aporta una medida del (dis) valor subjetivo del riesgo tecnológico, incluyendo los efectos del miedo en la sociedad, complementando el análisis de costo-beneficio. Es decir, permite valorar hasta qué punto la sociedad está dispuesta a invertir para eliminar o mitigar el riesgo tecnológico, considerando tanto los elementos objetivos como los subjetivos de los damnificados.

4. REFERENCIAS

- Adamowicz, W., P. Boxall, M. Williams y J. Louviere (2000): *American Journal of Agricultural Economics* (80), pp. 64-75.
- Baumol, W. J. y W. E. Oates (1988): *The theory of environmental policy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Carson, R. (1960): *Silent spring*, Boston, Houghton Mifflin.
- Clawson, M. (1959): *Methods of measuring the demand for and value of outdoor*

- recreation*, Washington DC, Resources for the Future.
- Commoner, B. (1966): *Science and survival*, Nueva York, Viking.
- Conte Grand, M. y M. Chidiak (2010): “Cambios potenciales en los usos recreativos de la costa del río Uruguay ante la instalación de la planta de celulosa Fray Bentos: Un ejercicio de valoración contingente”, Documento de trabajo, UCEMA.
- Conte Grand, M. y G. Coloma (2009): “Infraestructura de agua y saneamiento en la Argentina: Valuación de la mortalidad y la morbilidad por diarrea”, Cámara Argentina de la Construcción, Área de Planeamiento Estratégico.
- Freeman, A. M. (2003): *The measurement of environmental and resource values*, Washington DC, Resources for the Future.
- Harrington, W. y P. Portney (1987): “Valuing the benefits of health and safety regulation”, *Journal of Urban Economics*, 22, (1), pp. 101-112.
- Hotelling, H. (1949): “In an economic study of the monetary evaluation of recreation in the national parks”, *Letter to the National Park Service*, Washington DC.
- Kahneman, D. y A. Tversky (1979): “Prospect Theory: an analysis of decision under risk”, *Econometrica* (47), pp. 263-291.
- Kniesner, T. J. y J. D. Leeth (1991): “Compensating wage differentials for fatal injury risk in Australia, Japan and the United States”, *Journal of Risk and Uncertainty*, 4, (1), pp. 75-90.
- Louviere, J., D. Hensher y J. Swait (2000): *Stated choice methods: Analysis and applications*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Mc. Fadden, D. (1975): *The measurement of urban travel demand*, Berkeley, University of California.
- Moore, M. J. y W. K. Viscusi (1988): “Doubling the estimated value of life: results using new occupational fatality data”, *Journal of Policy Analysis and Management*, 7, (3), pp. 476-490.
- Randall, A. (1994): “A difficulty with the travel cost method”, *Land Economics*, 70, (1), pp. 88-96.
- Rizzi, L. I. y J. D. Ortúzar (2006): “Estimating the willingness-to-pay for road safety improvements”, *Transport Reviews*, 26, (4), pp. 471-485.
- Rosen, S. (1974): “Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition”, *Journal of Political Economy*, 82, (1), pp. 34-55.
- Samuelson, P. A. (1954): “The pure theory of public expenditure”, *Review of Economics and Statistics*, 36, (4), pp. 387-389.
- Shrader-Frechette, K. S. (1991): *Risk and rationality. Philosophical foundations for populist reforms*, Oxford, University of California Press.

- Sunstein, C. R. (2002): *Risk and reason: Safety, law and the environment*, Cambridge University Press.
- Sunstein, C. R. y R. Zeckhauser (2008): “Overreaction to fearsome risks”, *The Irrational Economist*.
- Viscusi, K. W. (2009): “Valuing risks of death from terrorism and natural disasters”, documento de trabajo, Vanderbilt University, Law and Economics School.

