

Manual de economía para los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales

Jeff K.Lazo¹
Robert S. Raucher²
Thomas J. Teisberg³
Carolyn J. Wagner²
Rodney F. Weiher⁴

Patrocinado por

Programa de Cooperación Voluntaria de la Organización Meteorológica Mundial gestionado por la Oficina de Actividades Internacionales del Servicio Nacional de Meteorología (NWS, por sus siglas en inglés) y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR, por sus siglas en inglés), Programa de repercusiones sociales

16 de enero de 2008

Nota: este documento será actualizado, revisado y ampliado cuando se disponga de más información. Si tiene alguna duda, quiere hacer alguna sugerencia o realizar alguna aportación relacionada con el contenido y la información de este documento, envíe los comentarios a Jeff Lazo por correo electrónico a lazo@ucar.edu (fax: 303.497.8401) o por correo postal a Jeff Lazo, NCAR, Box 3000, Boulder, CO 80307.

¹ Autor. NCAR, Box 3000, Boulder, CO 80307. lazo@ucar.edu

² Stratus Consulting, Boulder, Co

³ Consultor economista, Charlottesville, VA

⁴ Economista, Program Planning and Integration, NOAA, Silver Spring, MD

Índice

Preliminares	
Presentación.....	4
Agradecimientos.....	4
Lista de figuras.....	5
Lista de tablas.....	6
Siglas y acrónimos.....	7
Introducción.....	8
Motivos de la realización de análisis económicos.....	8
Estructura del documento.....	9
Análisis económico y SMHN: presentación general.....	11
¿Por qué es apropiado hacer un análisis económico para los SMHN?.....	11
Pasos para realizar un análisis económico.....	12
Paso 1: establecimiento de la base de referencia.....	13
Paso 2: identificación de las opciones de los SMHS.....	14
Paso 3: identificación de todos los costes y beneficios.....	15
Paso 4: clasificación de los costes y beneficios para aplicar un enfoque adecuado de análisis.....	15
Paso 5: análisis del valor de los costes y beneficios en términos monetarios.....	17
Paso 6: descripción cualitativa de los costes y beneficios clave.....	17
Paso 7: resumen y comparación de todos los costes y beneficios.....	18
Paso 8: confección de una lista de las omisiones, sesgos e incertidumbres.....	18
Paso 9: realización de un análisis de sensibilidad de los principales valores variables.....	18
Paso 10: comparación de los resultados de los análisis con la percepción del valor que tienen las partes interesadas.....	18
Análisis económico y SMHN: detalles.....	19
Definición de la base de referencia.....	19
Elección de las opciones del SMHN que se van a considerar.....	19
Determinación de las categorías de costes y beneficios aplicables a los SMHN.....	20
Clasificación de los resultados.....	20
Clasificación 1: ¿es el efecto relativamente pequeño?.....	20
Clasificación 2: ¿es el efecto incierto o cambiante?.....	20
Clasificación 3: ¿puede cuantificarse el efecto en términos económicos?.....	22
Métodos para determinar los valores monetizados.....	23
Precio de mercado.....	23
Valoración no basada en el mercado.....	23
Métodos primarios.....	23
Métodos secundarios.....	26
Otros aspectos de la valoración.....	29
Descuentos.....	29
Valor actualizado neto y criterios de viabilidad de los proyectos.....	31
Interpretación y uso de los análisis de sensibilidad.....	32
Análisis de sucesos y sensibilidad.....	33
Tratamiento de la incertidumbre.....	34
Estudios monográficos.....	35
Estudio monográfico 1: Sensibilidad de la economía estadounidense a la meteorología.....	36

Resumen	36
Metodología aplicada	37
Recursos utilizados	37
Datos requeridos	38
Conocimientos económicos requeridos	38
Estudio monográfico 2: Valor económico de las previsiones de temperatura en la producción eléctrica	39
Resumen	39
Metodología aplicada	40
Recursos utilizados	40
Datos requeridos	41
Conocimientos económicos requeridos	41
Estudio monográfico 3: Los sistemas de vigilancia y alerta de calor permiten salvar vidas; cálculo de los costes y beneficios para Filadelfia en 1995-98	42
Resumen	42
Metodología aplicada	43
Recursos utilizados	43
Datos requeridos	43
Conocimientos económicos requeridos	44
Estudio monográfico 4: Valor económico de los informes meteorológicos actuales y mejorados para el sector doméstico de EE.UU.	45
Resumen	45
Metodología aplicada	46
Recursos utilizados	46
Datos requeridos	47
Conocimientos económicos requeridos	47
Estudio monográfico 5: Análisis de los beneficios del sistema informático de alto rendimiento de la NOAA en sus actividades de investigación.....	48
Resumen	48
Metodología aplicada	49
Recursos utilizados	49
Datos requeridos	49
Conocimientos económicos requeridos	50
Referencias	51

Manual de economía para los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales

Jeff K. Lazo
Robert S. Raucher
Thomas J. Teisberg
Carolyn J. Wagner
Rodney F. Weiher

16 de enero de 2008
2008 Copyright University Corporation for Atmospheric Research

Presentación

El presente manual de teoría económica, métodos y aplicaciones está destinado principalmente a la comunidad meteorológica. Su objetivo es ayudar a los miembros de esta comunidad a entender mejor los métodos económicos y su aplicabilidad para evaluar los efectos de los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) y los beneficios y costes asociados a dichos servicios. Con este fin, en el documento (1) se explica la teoría y la práctica de un análisis de coste-beneficio (ACB), (2) se describe por qué es útil e importante llevar a cabo dichos análisis económicos, (3) se incluye una guía de cómo realizar los ACB y se indican los datos de entrada y resultados de dicho análisis y, por último, (4) se presentan varios ejemplos de análisis económicos de proyectos de SMHN en la forma de estudios monográficos.

Agradecimientos

Damos las gracias a la Oficina de Actividades Internacionales (IAO por sus siglas en inglés) del Servicio Nacional de Meteorología (NWS, por sus siglas en inglés) por apoyar este trabajo. Asimismo, damos las gracias a Julie Demuth y a Rebecca Morss por haber revisado y comentado todo el documento.

Lista de figuras

Figura 1. Pasos de un análisis económico.....	12
Figura 2. Secuencia de evolución de la calidad de la información hidrometeorológica.	13
Figura 3. Beneficios de la mejora del modelado medioambiental.....	15
Figura 4. Cadena de valor añadido de la información hidrometeorológica.....	16
Figura 5. Diagrama de clasificación de los efectos.....	22

Lista de tablas

Tabla 1. Lista parcial de beneficios de los servicios meteorológicos (por categoría)....	21
Tabla 2. Métodos principales de valoración económica de bienes y servicios no comerciales.....	24
Tabla 3. Ejemplo de descuento simplificado.....	32
Tabla 4. Análisis de sensibilidad aplicado al tipo de descuento.....	33

Siglas y acrónimos

ACB	Análisis coste-beneficio
TB	Transferencia de beneficios
DOE	Departamento de Energía de EE.UU. (siglas en inglés)
IAO	Oficina de Actividades Internacionales (siglas en inglés)
NCAR	Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (siglas en inglés)
SMHN	Servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales
NOAA	Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (siglas en inglés)
VAN	Valor actualizado neto
NWS	Servicio Meteorológico Nacional (de Estados Unidos) (siglas en inglés)
OMB	Oficina de Administración y Presupuesto (de Estados Unidos) (siglas en inglés)
VA	Valor actual
VVE	Valor de la vida estadística
WERF	Fundación de Investigación del Ambiente Acuático (siglas en inglés)
OMM	Organización Meteorológica Mundial
DAP	Disposición a pagar

Introducción

El presente documento está diseñado para utilizarse como un manual de teoría económica, métodos y aplicaciones. Está dirigido a los miembros de la comunidad meteorológica y tiene como fin ayudarles a entender mejor los métodos económicos utilizados para evaluar los efectos de los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales (SMHN) y los beneficios y costes asociados a dichos servicios¹. Con este fin, en el documento:

- se explica la teoría y la práctica de un análisis de coste-beneficio (ACB);
- se describe por qué es útil e importante llevar a cabo dichos análisis económicos;
- se incluye una guía de cómo realizar los ACB y se indican los datos de entrada y los resultados de dicho análisis; y
- se presentan ejemplos de análisis económicos de proyectos de los SMHN en la forma de estudios monográficos.

Dado el carácter semipúblico de las previsiones meteorológicas², el valor económico de la mayoría de este tipo de servicios no se observa directamente en el mercado. Por esta razón, es difícil determinar el valor económico de las mejoras en los pronósticos del tiempo. Así pues, en este manual se ofrece una guía sobre las teorías, los métodos y las aplicaciones que pueden utilizarse para valorar aquellos programas y proyectos que permiten mejorar las previsiones meteorológicas. En este apartado, se describe brevemente la motivación del documento y se explica su estructura.

Motivos de la realización de análisis económicos

Muchos programas de los SMHN tienen presupuestos limitados y los análisis económicos, y en concreto los ACB, son una herramienta útil para:

- **Justificación de los programas.** Mostrar los beneficios económicos netos de los proyectos y servicios de los SMHN es esencial para justificar los presupuestos asignados. A menudo, presentar una evaluación del valor económico de dichos servicios es determinante para las decisiones políticas y la asignación del presupuesto.
- **Evaluación de los programas.** Cada vez más agencias de financiación locales, nacionales e internacionales exigen presentar una valoración económica de los

¹ Utilizamos el término “SMHN” para referirnos, de forma general, a los organismos que prestan servicios relacionados con el tiempo, el clima o el agua y a los productos informativos generados por dichas agencias o institutos. Aunque en muchos países existen entidades, tanto públicas como privadas, que ofrecen servicios hidrometeorológicos, aquí nos centramos primordialmente en los servicios y productos informativos aportados por las entidades públicas. En los distintos países se ofrecen servicios distintos con diferentes nombres, pero en todos se ofrece algún tipo de servicio hidrometeorológico. Tal y como señala la Organización Meteorológica Mundial (OMM), “los SMHN son la única voz oficial con autoridad para emitir alertas meteorológicas en sus respectivos países y, en muchos, son también la institución responsable de emitir alertas sobre el clima y la calidad atmosférica, y alertas de seísmos y maremotos”. http://www.wmo.int/pages/governance/policy/ec_statement_nmhs.html

² Los servicios y los productos informativos relacionados con el tiempo, el clima y el agua se califican como bienes “semipúblicos”, ya que son bienes no concurrentes ni excluyentes. Para obtener más información sobre los bienes públicos, remítase al cuadro de texto de la página 3.

beneficios netos del programa hidrometeorológico (un ACB) para decidir si se invierte o se sigue invirtiendo en un programa.

- **Orientación de la inversión en investigación.** Las valoraciones económicas pueden ayudar a las agencias a decidir qué inversiones deben realizar (por ejemplo, observaciones, modelado, computación, investigación, tecnología) para mejorar (o incluso mantener) los servicios hidrometeorológicos. Conocer, identificar y cuantificar los resultados potenciales de las distintas opciones de inversión y los costes y beneficios asociados nos ayudará a elegir entre las distintas alternativas. Además, aunque, debido a la falta de datos económicos o las incertidumbres existentes, no sea posible realizar una cuantificación o análisis económico preciso, acotar la decisión mediante los beneficios y costes nos ayudará a seleccionar y a descartar proyectos.
- **Información a los usuarios sobre los beneficios.** Los usuarios potenciales necesitan saber para qué se utilizan las previsiones meteorológicas y cuáles son sus beneficios, para saber a su vez cómo y cuándo pueden utilizar ellos la información hidrometeorológica. Además, mostrar a los usuarios el valor económico de los programas ayudará a conseguir su implicación y apoyo.
- **Desarrollo de sistemas de extremo a extremo a extremo.** Idealmente, toda esta información económica se combinaría en unos sistemas de alertas y previsiones hidrometeorológicas de extremo a extremo a extremo. En este sistema ideal, la toma de decisiones se guiaría por las preferencias, necesidades y valores de los usuarios. Conocer las necesidades y valores de los usuarios ayudará, por un lado, a establecer un orden de prioridad en el tipo de información que debe generarse, y por otro, a determinar el mejor medio para divulgar dicha información. Además, esto puede ayudar a decidir qué tipo de investigación emprender y a qué programas apoyar.

Estructura del documento

En el siguiente capítulo se describe a grandes rasgos cómo llevar a cabo un análisis económico. El capítulo está estructurado de la siguiente manera:

- Importancia del análisis económico para los SMHN
- Pasos para llevar a cabo un análisis económico
- Métodos y tipos de análisis
- Formas de evaluar la distribución de los costes y beneficios

En el capítulo siguiente a la descripción general, se explica más detalladamente el proceso del análisis económico aplicado a los programas SMHN.

En el último capítulo del documento, se presentan cinco casos de programas SMHN analizados desde un punto de vista económico:

1. Sensibilidad de la economía estadounidense a la meteorología (Larsen et al. 2007)
2. El valor económico de las previsiones de temperatura en la producción eléctrica (Teisberg et al. 2005)
3. Los sistemas de vigilancia y alerta de calor permiten salvar vidas; cálculo de los costes y beneficios para Filadelfia en 1995-98 (Ebi et al. 2004)

4. Valor económico de los informes meteorológicos actuales y mejorados para el sector doméstico de EE.UU. (Lazo and Chestnut 2002)
5. Análisis de los beneficios del sistema informático de alto rendimiento de la NOAA en sus actividades de investigación (Lazo et al. 2003)

Estos estudios monográficos se basan en una serie de trabajos realizados en Estados Unidos. No obstante, a lo largo del trabajo para ampliar el manual, buscaremos e incluiremos los casos de otros países, especialmente de países menos desarrollados. En las futuras ampliaciones se tratarán asimismo los problemas y limitaciones de los análisis económicos, también con un énfasis especial en los países en desarrollo.

¿Qué es un bien público?

En palabras de Doering (2007:3): “Baumol y Blinder (p. 256) ‘bien público’ es ‘el bien o servicio cuyos beneficios no pueden ser agotados aunque se incorporen más usuarios y de cuyo disfrute es difícil o imposible excluir a ninguna persona aunque ésta no quiera pagar por los beneficios. Se trata de bienes con valor social cuya provisión no puede ser financiada por una empresa privada o no a un precio socialmente deseable’”. Así pues, en el mercado libre suele haber un déficit de bienes públicos y, para paliarlo, el gobierno debe pagar por ellos.

Los economistas suelen definir un “bien público” como aquel que presenta dos características:

- No concurrencia: el consumo del bien por parte de una persona no reduce el valor de ese bien para otros.
- No exclusividad: una vez establecido el suministro del bien, no es posible evitar que alguien lo consuma, o bien, los costes de esta exclusión no valen la pena.

Las previsiones meteorológicas suelen considerarse bienes públicos. Por ejemplo, aunque una persona sepa el pronóstico del tiempo para mañana, eso no disminuye el valor de que otra persona también lo conozca (no concurrencia). Además, el coste de evitar que alguien utilice esa previsión es excesivo (no exclusividad).

Esto es importante ya que, si las previsiones meteorológicas no son exclusivas, los productores no pueden evitar que alguien utilice el bien una vez suministrado. Si no pueden evitar que alguien los utilice, no pueden cobrar un precio por ellos y no pueden obtener ingresos, lo que hará en última instancia que no produzcan el bien.

Análisis económico y SMHN: presentación general

En primer lugar, es necesario definir y explicar algunos términos. Un “análisis económico” es una investigación completa de los costes y beneficios de un proyecto potencial. En el análisis económico se tienen en cuenta no sólo los costes e ingresos financieros, sino todos los costes y beneficios de un proyecto en el sentido más amplio, desde todos los puntos de vista, incluidos los usuarios y toda la sociedad (es decir, la comunidad en general). Por ejemplo, en el campo de los SMHN, esto puede incluir los efectos directos (como los costes evitados gracias a la evacuación por un huracán) y costes “no comerciales”³ (como reducción de la ansiedad durante la preparación ante un temporal).

Los ACB se utilizan para decidir si llevar a cabo o no un programa. El método de análisis también sirve para elegir entre las distintas alternativas que existen para alcanzar las metas de un programa. Un ACB significa hacer una evaluación sistemática de todos los costes y beneficios de un proyecto (sociales, económicos y medioambientales) para cuantificarlos en términos monetarios (cuando es posible).

¿Por qué es apropiado hacer un análisis económico para los SMHN?

Los SMHN suelen generar una amplia variedad de beneficios para la sociedad; sin embargo, muchos de estos beneficios no son reconocibles o no se aprecian debido, en parte, a su naturaleza menos tangible y menos cuantificable. No obstante, para decidir si un proyecto es interesante desde el punto de vista económico, es necesario tener en cuenta todos estos beneficios. Omitir alguno de ellos puede llevar a la falsa conclusión de que los beneficios no compensan los costes cuando, en realidad, puede ocurrir justo lo contrario. Lo ideal sería basarse en las áreas con mayor potencial de beneficio público a la hora de fijar las inversiones en investigación y justificar y evaluar los programas existentes. Los análisis económicos pueden ayudar a los gobiernos a entender y gestionar mejor las repercusiones del clima y el tiempo en una amplia variedad de actividades económicas, por ejemplo, mediante estrategias para la mitigación de desastres naturales o el alivio de sequías (Zillman 2005).

Aunque parezca que algunas categorías de beneficios no pueden cuantificarse o monetizarse, existen una serie de métodos de valoración económica bien consolidados que permite hacerlo. Además, hay una gran cantidad de documentación en la que se ofrecen ejemplos y se explica cómo utilizar estas técnicas y en algunas fuentes podemos encontrar datos empíricos sobre la magnitud potencial de estos valores. Aunque un elemento concreto nunca haya sido analizado, puede que la misma situación, o una parecida, haya sido tratada en otro contexto. Así, puede que los resultados obtenidos puedan transferirse a otro contexto.

En teoría, un análisis económico permite comparar todos los costes asociados a un proyecto con todos sus beneficios. Si no se identifican y tienen en cuenta todos los beneficios y todos los costes, un político puede tomar una decisión errónea (por ejemplo, un proyecto con beneficios sociales puede ser rechazado por motivos económicos). Los objetivos del análisis económico de las opciones de los SMHN dependen del uso previsto de dicho análisis. En estos momentos, estos análisis se

³ El término “no comercial” se refiere a que muchos de los resultados más importantes no se valoran en precios concretos de mercado (por ejemplo, la reducción del número de evacuados por una alerta de huracán, la reducción de contaminantes gracias al ahorro de combustible conseguido con una mejor planificación de los vuelos o el ahorro de tiempo de ir y venir al trabajo para la gente)

utilizan fundamentalmente para justificar el presupuesto de un programa ante los responsables de la toma de decisiones.

Por otro lado, en los análisis económicos se tiene en cuenta el “momento” de los beneficios y costes: éstos se expresan en su valor actual (VA) a lo largo de la vida del proyecto (más adelante en el documento se describirán los valores actuales y los descuentos). Si el VA de los beneficios es mayor que el VA de los costes, el valor actualizado neto (VAN) es mayor que cero y el proyecto puede considerarse netamente beneficioso. Este tipo de evaluación también es útil para establecer la asignación de costes y la responsabilidad de financiación de forma equitativa.

Pasos para realizar un análisis económico

En los siguientes apartados, presentamos una guía pormenorizada de cómo realizar un análisis económico de un proyecto SMHN. En la figura 1 aparecen esquematizados todos estos pasos. En algunos proyectos, no será posible realizar ciertos pasos debido a la cantidad de información disponible o necesaria. Para elaborar esta guía hemos tomado como base la obra de Raucher et al. (2007) y otros materiales de referencia citados en dicho trabajo. A lo largo del documento, se describirá con más detalle cada uno de los pasos.

Con el cuadro vertical situado a la derecha de la figura 1, se quiere enfatizar la importancia de la implicación de las partes interesadas a lo largo del proyecto de identificación y valoración. En ciertas fases del proyecto (sobre todo al comienzo y luego en la fase de revisión y debate de los resultados) sería necesaria una mayor implicación (en la figura esta necesidad de una mayor implicación se representa con una flecha continua en oposición a la flecha discontinua).

1. Establecimiento de la base de referencia	
2. Identificación de las distintas opciones SMHN	
3. Identificación de todos los costes y beneficios	
4. Clasificación de los costes y beneficios para aplicar un enfoque adecuado de análisis	
Análisis de los costes y beneficios	
Cuantitativo	Cualitativo
5. Análisis del valor de los costes y beneficios en términos monetarios en la medida en que sea posible	6. Descripción, mediante un enfoque cualitativo, de aquellos costes y beneficios clave en los no es posible o apropiado aplicar una análisis cuantitativo
7. Resumen y comparación de todos los costes y beneficios	
8. Confección de una lista de las omisiones, sesgos e incertidumbres	
9. Realización de análisis de sensibilidad de los principales valores variables	
10. Comparación de los resultados de los análisis con la percepción del valor que tienen las partes interesadas	
Implicación de las partes interesadas	

Figura 1. Pasos de un análisis económico

Paso 1: establecimiento de la base de referencia

Para establecer el caso o base de referencia, en primer lugar definimos los resultados que tendría “no actuar”; es decir, qué ocurriría si no se pusieran en marcha la opción u opciones que se están considerando. Este caso de referencia puede suponer no hacer nada, poner en marcha las acciones que ya están previstas o, simplemente, no aplicar algún proyecto. La base de referencia es el listón que utilizaremos para medir los cambios que se conseguirían mediante el programa SMHN propuesto. En este paso, es importante definir la magnitud y el momento de los efectos de la base de referencia, describir los problemas que se pretenden solventar con el programa propuesto e indicar explícitamente las suposiciones utilizadas.

Una valoración consiste siempre en comparar el valor de una situación con el de otra situación. En el caso de los programas SMHN y la valoración de las previsiones meteorológicas, a menudo queremos comparar dos niveles, dos calidades o dos tipos de información meteorológica distintos, siendo todo lo demás igual. En la figura 2, se muestra una secuencia de evolución de la calidad de la información meteorológica, desde información nula a información perfecta. Cuando hablamos del valor de la información meteorológica, debemos especificar qué se está comparando exactamente en esa secuencia. En la mayoría de los casos de los SMHN, la base de referencia suele ser, o bien la información existente, o bien la evolución que probablemente experimentará la calidad de las previsiones si se mantienen la financiación o los programas de desarrollo actuales. Aunque en estos casos la base de referencia puede incluir mejoras a corto plazo, el programa propuesto puede suponer una aceleración de las mejoras o un tipo distinto de mejora de las previsiones.

Información nula	Climatología	Persistencia	Información actual	Información mejorada	Información perfecta
-------------------------	---------------------	---------------------	---------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Nota: el valor de la climatología puede ser superior o inferior al de la persistencia, pero por razones relacionadas con este trabajo la trataremos como si tuviera un valor inferior

Figura 2. Secuencia de evolución de la calidad de la información hidrometeorológica⁴

En la base de referencia, también se deben especificar exactamente qué actividades SMHN se están evaluando y con qué se están comparando. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y tal y como se indica en Zillman (2005), los sistemas y servicios meteorológicos pueden ser los siguientes:

- **Sistemas básicos.** Conforman la infraestructura básica nacional de procesamiento y recopilación de datos en la que se sustentan todos los servicios ofrecidos a escala nacional. Esta infraestructura puede considerarse por sí sola un servicio básico para las generaciones presentes y futuras.
- **Servicios básicos.** Estos servicios son prestados en cumplimiento de la responsabilidad soberana de un gobierno de proteger la vida y las propiedades de sus ciudadanos y de contribuir a su bienestar general y a la calidad del entorno, así como en cumplimiento de las obligaciones internacionales contraídas en virtud del Convenio de la Organización Meteorológica Mundial y de otros tratados o acuerdos internacionales relacionados. En general, los servicios

⁴ La climatología se refiere básicamente al estado medio del tiempo a largo plazo en un lugar específico. La persistencia se refiere a la expectativa de que el tiempo que hace un día se mantendrá a corto plazo.

básicos incluyen: información sobre amenazas inmediatas para la vida o la propiedad de las personas y pronósticos aeronáuticos de conformidad con lo exigido por los acuerdos internacionales.

- **Servicios especiales.** Son aquellos que sobrepasan los servicios básicos y que están diseñados para satisfacer las necesidades especiales de un usuario o de un grupo de usuarios. Pueden incluir datos y productos especiales (así como su interpretación, distribución y divulgación), investigaciones destinadas a un propósito especial y asesoramiento. Estos servicios pueden incluir previsiones a medida para actividades especializadas agrícolas o de construcción⁵.

En general, cuando evaluamos el valor de los resultados de un SMHN, lo que nos interesa es el valor de un producto o programa específico y los cambios en la calidad de las previsiones y servicios disponibles. Los economistas se refieren a esto como determinar el valor “en el margen” o determinar el valor de un cambio “marginal” en los servicios o productos suministrados. Normalmente, esto supone un cambio relativamente pequeño cuando se compara con el conjunto completo de productos y servicios suministrados por un SMHN.

Valorar un SMHN completo es un problema conceptualmente distinto; además, sería algo difícil de lograr en aquellas situaciones en las que no fuera razonable suponer que la alternativa a la base de referencia sería la no prestación de servicios o productos por parte del SMHN. De acuerdo con la figura 2, el valor total de un SMHN equivaldría a la diferencia entre la información actual y, o bien la persistencia, o bien la climatología (aquella que creamos que es en la se basarían los usuarios finales si el SMHN no suministrara tales servicios). En algunos casos, la información de la base de referencia puede no proceder del SMHN en cuestión sino de otro SMHN (por ejemplo, de un país vecino).

Paso 2: identificación de las opciones de los SMHS

Para determinar qué se está valorando, debemos identificar cuáles son las opciones principales que se están considerando y qué alternativas razonables o potenciales también deberían considerarse en el análisis. Las opciones de interés para los SMHN suelen incluir cambios o mejoras en:

- Sistemas de observación
- Asimilación de datos
- Modelos de predicción
- Instalaciones y capacidad informática
- Divulgación de las previsiones

Ampliando el alcance tradicional de los SMHN, las opciones consideradas también pueden referirse a utilizar mejor o de otra forma la información; por ejemplo:

- Comunicación de las previsiones
- Desarrollo de herramientas de ayuda a la toma de decisiones
- Respuesta de emergencia ante alertas meteorológicas graves

⁵ Hay que resaltar que muchos servicios especiales, sobre todo aquellos suministrados por encargo o por agencias privadas de previsión meteorológica, se comercializan en un mercado y, por tanto, no pueden ser considerados bienes públicos.

Paso 3: identificación de todos los costes y beneficios

Esta fase consiste en elaborar un inventario completo de todos y cada uno de los costes y beneficios que están relacionados con el programa propuesto. En general, se deben incluir todos los costes y beneficios independientemente de a quién correspondan y dónde surjan. Por ejemplo, un gobierno puede ser sólo responsable de los costes y beneficios que afectan a los ciudadanos que están bajo su jurisdicción. Si los responsables de las decisiones deciden incluir en el análisis sólo un conjunto limitado de beneficios y costes, esto deberá indicarse explícitamente durante la fase de negociación. En la figura 3, se muestra un ejemplo del trabajo realizado para identificar a todas las partes interesadas y beneficiarios potenciales de la inversión en un superordenador destinado a mejorar la investigación de las previsiones meteorológicas (Lazo et al. 2003; véase el estudio 5).

Nuevo superordenador	Mejora del modelado medioambiental	Beneficios para la gestión de los recursos marinos		Beneficios totales
		Beneficios para el sector privado (por ejemplo, autopistas)	Beneficios para la agricultura	
		Beneficios internacionales	Beneficios para el transporte por mar	
		Mejores previsiones operativas (beneficios para NWS)	Beneficios para los hogares	
		Beneficios para el DOE (viento)	Beneficios para los minoristas	
		Beneficios para el ejército del aire	Beneficios para la aviación	
		Beneficios para el ejército de tierra	Beneficios energéticos (viento, temporal)	

Figura 3. Beneficios de la mejora del modelado medioambiental

Nota: DOE = Departamento de Energía de EE.UU.

Fuente: Lazo et al. (2003)

Paso 4: clasificación de los costes y beneficios para aplicar un enfoque adecuado de análisis

Esta fase consiste en identificar qué costes y beneficios pueden y deben analizarse cuantitativamente y cuáles sólo pueden analizarse cualitativamente. En el caso de aquellos que sean muy pequeños, no hace falta realizar un análisis más exhaustivo (pueden eliminarse). Más adelante se explica detalladamente el proceso de clasificación.

Análisis de costes y beneficios

En un programa SMHN, los costes suelen ser los costes monetarios que implica la financiación del programa⁶. Para poner en marcha el programa, serán necesarios unos costes iniciales, incluidos los costes de los bienes de equipo. Luego, una vez en marcha, su ejecución requerirá unos gastos continuos.

Los beneficios de un programa SMHN suelen proceder de la información que se genera mediante dicho programa. Normalmente, esta información puede clasificarse directamente (por ejemplo, un pronóstico de precipitaciones con una precisión y un horizonte temporal concretos). Lo que es más difícil, pero en última instancia más importante, es clasificar la información según sus usuarios potenciales y según para qué y en qué tipo de decisiones la utilizan. Por ejemplo, un pronóstico de lluvias a largo plazo se utilizará, entre otros, en la agricultura y en la gestión de los recursos hídricos. Aunque determinar los efectos últimos de un programa SMHN en los usuarios puede ser difícil (por ejemplo, determinar los efectos de la inversión en un sistema de observación sobre la calidad de las previsiones y sobre la toma de decisiones), para asignar un valor económico a los esfuerzos realizados, debemos entender la relación causal.

Así pues, para determinar los beneficios de un proyecto, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos del problema de la valoración:

- Tipo de información que se está valorando (por ejemplo, información hidrometeorológica o sólo información sobre temperaturas)
- Tipo de decisiones que se van a tomar mediante dicha información y qué peso tiene la información en esas decisiones
- Beneficiarios (por ejemplo, usuarios de la información)
- Escalas temporales y espaciales de los valores que se están generando

Asimismo, antes de calcular el valor económico, debemos conocer el proceso de información hidrometeorológica y la cadena de valor asociada (tal y como se muestra en la figura 4). Aunque los programas SMHN se centran principalmente en el cuadro “proyectos de previsión meteorológica”, gran parte de las variaciones del valor (ganancias o pérdidas) tienen lugar en realidad en las casillas de “divulgación” y “usuarios y toma de decisiones”. En última instancia, la acumulación de valor depende de la conducta de los usuarios y de los resultados de sus decisiones.

Tiempo	Proyectos de previsión meteorológica	Divulgación	Usuarios y toma de decisiones	Resultados y valores
---------------	---	--------------------	--------------------------------------	-----------------------------

Figura 4. Cadena de valor añadido de la información hidrometeorológica

⁶ En este documento, por comodidad utilizamos el término “dólar” para referirnos a las unidades monetarias cuantificadas. No obstante, normalmente la valoración se realizará en la divisa nacional del país en el que se esté analizando el programa SMHS.

Paso 5: análisis del valor de los costes y beneficios en términos monetarios

Esta fase consiste en expresar, en la medida de lo posible, los costes y beneficios de un programa SMHN propuesto en términos monetarios (cuantitativamente). Por lo general, los costes ya vienen dados en términos monetarios; el reto para los programas SMHN es expresar los beneficios de esta forma.

La información producida por un SMHN tiene, normalmente, más de un uso (y más de un usuario). Además, la información de los SMHN puede sufrir transformaciones y ampliaciones antes de llegar a las manos de los usuarios finales. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando los medios de comunicación o la agencia de radiodifusión añaden formatos o incluso información distinta a la información básica suministrada por el SMHN. Lo idóneo sería identificar todos los usos y determinar el beneficio aportado por cada uno de ellos. No obstante, por lo general, esto requiere conocer los usos en cuestión (por ejemplo, gestión de los recursos hídricos) y conocer a fondo los métodos utilizados para valorar la información. Establecer cuál es la contribución de los SMHN y de los intermediarios al valor del proyecto es una tarea difícil.

Para asignar un valor a la información, debemos establecer primero cómo actuarían los usuarios con y sin el acceso a esa información. A continuación, debemos encontrar una forma de estimar el aumento de valor, o la reducción de costes, conseguido cuando dicha información está disponible y puede utilizarse.

Hay tres métodos generales para calcular el valor de la información en el contexto de los SMHN. Uno es el modelado económico de la situación en la que se utiliza la información (Teisberg et al. 2005; estudio 2). La realización de un modelo económico significa representar de forma matemática la toma de decisiones y el valor o los costes generados, tanto con acceso como sin acceso a la información. De esta manera, se puede calcular el aumento de valor o la reducción de costes conseguidos gracias a la información. Otro método es un análisis de datos, consistente en analizar los registros históricos para demostrar la diferencia que supone contar con esa información (Ebi et al. 2004; estudio 3). En este tipo de análisis, los datos corresponden a un periodo de tiempo, espacio o circunstancias, es decir, la información disponible se corresponde a algunas, pero no a todas, las situaciones. El tercer método consiste en solicitar directamente a los usuarios de la información (Lazo y Chestnut 2002; estudio 4) o, aunque es muy raro, a expertos familiarizados con el uso de los datos (estudio 5) que evalúen subjetivamente el valor de los datos. Este último método debe ser diseñado y ejecutado escrupulosamente; de lo contrario, los resultados no serán creíbles.

Paso 6: descripción cualitativa de los costes y beneficios clave

En el caso de algunos costes y beneficios, expresar su valor cuantitativamente o en términos monetarios es imposible o no es apropiado (paso 4). En todo caso, sí es importante que estos costes y beneficios no cuantificables sean descritos de una forma cualitativa y representativa. Una forma de hacer esto es mediante una escala simple que indique el efecto potencial en los beneficios netos. Podemos clasificar los efectos cualitativamente en una escala de cinco puntos (desde -2 hasta +2) y, a partir de ella, calificar los resultados relativos no cuantificados desde muy negativos a muy positivos (por ejemplo, “- 1” puede equivaler a un resultado con costes no cuantificados moderados y “+2” puede equivaler a un beneficio no cuantificado alto). Estas escalas cualitativas deben ir acompañadas de una descripción sobre el impacto y deben realizarse de forma explícita a lo largo del análisis.

Paso 7: resumen y comparación de todos los costes y beneficios

Si es posible, descontaremos los beneficios o los costes cuantitativos previstos a lo largo del tiempo (del paso 6), de acuerdo con un tipo de descuento adecuado, para obtener el VA. Este tipo de descuento, que es similar a un tipo de interés, se describe detalladamente más adelante.

Por lo general, reunimos los beneficios y costes monetizados netos (valor anual o actual) en un lugar (el cuadro resumen) junto con la lista y la clasificación de los beneficios que sólo podían describirse cualitativamente (paso 6). Así pues, una tabla resumen debe incluir los beneficios y costes monetizados junto con una lista y algún tipo de evaluación cuantitativa de los beneficios y costes no cuantificados, de modo que la persona que revise los resultados empíricos no pase por alto otros efectos potencialmente importantes. Asimismo deben incluirse los criterios de distribución (explicados más adelante).

Paso 8: confección de una lista de las omisiones, sesgos e incertidumbres

Aquí hay que documentar de forma explícita todas las omisiones, sesgos e incertidumbres asociados con los costes y beneficios calculados. Debe indicarse el efecto que esto puede tener en los resultados finales del análisis (por ejemplo, probabilidad de que los beneficios netos aumenten o disminuyan, cambio en los beneficios netos).

Paso 9: realización de un análisis de sensibilidad de los principales valores variables

En esta fase, realizaremos análisis de sensibilidad de las principales variables o estimaciones de costes y beneficios. El objetivo es analizar y mostrar los efectos de las suposiciones, incertidumbres o variabilidad natural. Los análisis de sensibilidad sirven para identificar cuáles son las suposiciones o incertidumbres que tienen el mayor peso en los resultados del análisis (por ejemplo, para identificar qué suposiciones pueden hacer variar los beneficios netos de positivos a negativos o alterar la clasificación de las opciones en cuanto a sus beneficios netos relativos). Esto se explicará con detalle más adelante.

Paso 10: comparación de los resultados de los análisis con la percepción del valor que tienen las partes interesadas

La última fase consiste en comparar los valores cuantitativos y cualitativos que se han obtenido mediante el análisis y mediante los diversos análisis de sensibilidad con las expectativas de las partes interesadas. Esta comparación sirve, por un lado, para comprobar la racionalidad de los resultados del análisis, y por otro, para trabajar con las partes implicadas y ayudarles a darse cuenta de los beneficios que les aporta el proyecto. Esta visión de los beneficios puede ser la base de un acuerdo con las partes interesadas para el reparto de los costes (que se dividirían según las proporciones relativas de los beneficios derivados del proyecto).

En el contexto de los SMHN, las partes interesadas suelen ser los usuarios de la información que se va a generar mediante el programa propuesto. Por lo general, estos usuarios son diversos y puede ser difícil identificarlos. Además, algunas veces estos usuarios no disponen de los sistemas o capacidad necesaria para aprovechar la nueva información.

Análisis económico y SMHN: detalles

En este apartado, se describen con más precisión los pasos del análisis económico que se han descrito anteriormente. Asimismo, se incluye más información sobre los métodos económicos utilizados para evaluar los costes y beneficios y para realizar las comparaciones necesarias a lo largo de la vida del proyecto.

Definición de la base de referencia

Tal y como se señaló en el apartado anterior, definir la base de referencia es el primer paso del análisis económico. Esta fase es crítica. La base de referencia establece el “marco de referencia” que utilizaremos para evaluar y comparar los sistemas y servicios SMHN; además, define el contexto de la resolución de problemas en el que consideraremos (la agencia, la comunidad al completo) la opción planteada (y otras alternativas). Así pues, la base de referencia debe definirse con precisión, explícitamente y de forma adecuada para las circunstancias locales. Es la base por la que se va a guiar el propio ACB y que va a limitar el diálogo político con los gobiernos, los clientes y otras partes interesadas.

Desde el punto de vista técnico de establecer el “marco de referencia” adecuado para el análisis económico, en nuestro caso, la base de referencia se define como el *statu quo* o la situación existente si se dejaran las cosas como están en lugar de poner en marcha el sistema o servicio (u otra alternativa) que se esté evaluando. Pondremos como ejemplo una situación relativamente simple: una agencia SMHN está considerando la posibilidad de ampliar algún servicio (por ejemplo, ofrecer pronósticos, vigilancia y alertas de huracanes) y poner en marcha un sistema nuevo y mejor (por ejemplo, instalar un nuevo sistema de observación y modelado para acelerar el tiempo de diagnóstico de la vigilancia y las alertas). En este ejemplo, la base de referencia sería la situación *futura* para la comunidad si el SMHN siguiera ofreciendo los mismos servicios. En otras palabras, debemos imaginar cuál será la situación en el futuro si se sigue disponiendo del mismo sistema de alertas, teniendo en cuenta las condiciones futuras (cambios en el clima y en la población, vulnerabilidad ante los sucesos meteorológicos extremos). Incluso en contextos relativamente simples, la base de referencia debe reflejar el futuro. *No* es la misma situación que la actual. Aunque no se vaya a poner en marcha ningún sistema o servicio nuevo, la base de referencia debe tener en cuenta las condiciones futuras.

Definir la base de referencia significa mirar con varios años de antelación. Así, puesto que la duración de los programas SMHN varía, debemos aplicar un marco de tiempo a largo plazo equivalente en la base de referencia y las opciones alternativas. De este modo, en la mayoría de los casos, es necesario incluir los cambios meteorológicos que probablemente se vayan producir a lo largo de la vida útil del sistema o servicio (aumento del número y de la intensidad de los huracanes). Asimismo, debemos indicar claramente las suposiciones que se han utilizado en estos pronósticos, ya que pueden ser el punto central de las discusiones con las partes implicadas y servir como base en los análisis de sensibilidad.

Elección de las opciones del SMHN que se van a considerar

Este marco económico está diseñado para ser general y, por tanto, puede utilizarse para:

- Comparar los distintos sistemas o programas SMHN

- Evaluar y o justificar un sistema SMHN existente
- Evaluar un sistema o servicio utilizando una base de referencia que refleje qué es lo que pasará en el futuro si no se pone en marcha ningún programa SMHN adicional

Obviamente, cuantas más opciones se consideren, mayor será la complejidad del análisis. No obstante, si se evalúan todas las opciones posibles, los resultados serán más valiosos. Por otro lado, lo más útil suele ser limitar el análisis a las opciones técnica, política y legalmente factibles. Si incluimos opciones que no son factibles, deberemos indicar claramente cuáles son y explicar la causa (técnica, ética, legal).

Determinación de las categorías de costes y beneficios aplicables a los SMHN

Tal y como se muestra en la figura 3, en los SMHN puede haber numerosos tipos o categorías de costes y beneficios. La magnitud potencial de esos beneficios está muy ligada al lugar y a las circunstancias. En la tabla 1, encontrará una lista preliminar y parcial con diversas categorías de costes y beneficios. Los importantes beneficios incluidos en la lista no siempre pueden analizarse cuantitativamente (es decir, a menudo no es posible asignarles un valor monetario), pero muchas veces son el motivo fundamental para seleccionar o justificar un programa SMHN. Si alguno de estos elementos (o todos) es esencial para un SMHN, es importante identificarlo e introducirlo en el análisis. Así, aunque alguno de estos beneficios (o incluso todos) no pueda valorarse con facilidad en términos monetarios, puede que tenga un valor importante, que deberemos describir (como mínimo) cuantitativamente en el resumen final de resultados.

Clasificación de los resultados

Clasificar la lista de costes y beneficios potenciales de un proyecto sirve para determinar: (1) qué efectos son tan insignificantes (o reducidos) que pueden eliminarse el análisis; (2) qué efectos deben describirse cualitativamente (porque no es posible valorarlos cuantitativamente); (3) qué efectos pueden y deben cuantificarse. En los siguientes apartados, se describen más detalladamente estos tres criterios de clasificación. En la figura 5, encontrará un diagrama que muestra el proceso de clasificación de los resultados. El proceso de clasificación descrito aquí es además una forma de determinar cuánto esfuerzo debemos dedicar al cálculo de los distintos costes y beneficios.

Clasificación 1: ¿es el efecto relativamente pequeño?

En esta fase se evalúa si el coste o el beneficio es muy pequeño, bien en términos absolutos, bien en términos relativos (comparado con los otros efectos). Si el efecto es muy pequeño e insignificante, podemos eliminarlo del análisis para así ahorrar o concentrar los recursos. Se trata de una cuestión de percepción y es importante documentar las razones de la decisión que tomemos.

Clasificación 2. ¿es el efecto incierto o cambiante?

Aquí se determina si el efecto es tan cambiante, tan incierto (por ejemplo, debido a la incertidumbre científica o a la demora en los procesos naturales) o tan sensible (por ejemplo, a las circunstancias políticas, a los cambios legales o culturales), que es imposible o inútil hacer una evaluación económica. En este caso, debemos indicar

explícitamente que la valoración económica no ha sido posible o no era útil. A pesar de esto, debemos resaltar el efecto mediante una descripción cualitativa.

Tabla 1. Lista parcial de beneficios de los servicios meteorológicos (por categoría)

Sociales	Medioambientales	Económicos
Prevención de pérdida de vidas debido a desastres naturales	Seguimiento a largo plazo de los indicadores básicos del estado meteorológico	Prevención de pérdidas de cosechas debido a heladas o pedrisco
Seguridad de los viajeros	Minimización de la emisión de sustancias tóxicas y otros contaminantes	Aumento de la producción y las ventas agropecuarias
Mejor información y mejores datos para la comunidad científica	Gestión de la calidad medioambiental local	Planificación más eficiente del uso de la maquinaria agrícola
Contribución a la seguridad, confort, bienestar y conveniencia general de los ciudadanos, incluidos: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo libre • Viajes y desplazamientos casa-trabajo • Preparación ante el mal tiempo • Mejora de las decisiones familiares • Otras formas directas e indirectas de beneficios sociales 	Ayuda para afrontar los principales problemas medioambientales del mundo	<p>Reducción del consumo de combustible en el transporte gracias a la planificación de las rutas</p> <p>Mejor planificación de las llegadas y salidas de vuelos</p> <p>Reducción de los costes aéreos debidos al desvío de aviones</p> <p>Reducción de los costes de búsqueda y rescate</p> <p>Reducción de los costes de las ayudas de emergencia en situaciones de seguía</p> <p>Organización eficiente de las instalaciones de carga en puertos marítimos</p> <p>Prevención de cierres innecesarios de las operaciones petrolíferas y gasíferas costa afuera</p> <p>Prevención de daños en las propiedades privadas debidos a acontecimientos meteorológicos</p> <p>Planificación más eficiente de la producción y suministro de energía</p>

Fuente: Adaptado de Zillman (2005)

CLASIFICACIÓN	ACCIÓN
Clasificación 1: ¿es el efecto relativamente pequeño?	No es necesario hacer un análisis más exhaustivo del efecto, pero sí se incluirá en la tabla resumen. Se detallará por qué el efecto ha sido eliminado.
Clasificación 2: ¿es el efecto demasiado incierto para monetizarlo?	Se realizará una descripción cualitativa del efecto. Describiremos las razones por las que el impacto no puede o no debiera monetizarse.
Clasificación 3: ¿puede monetizarse el efecto?	Se puede proceder a la monetización del efecto.

Figura 5. Diagrama de clasificación de los efectos

Clasificación 3: ¿puede cuantificarse el efecto en términos económicos?

En esta fase de clasificación, determinaremos si, con los datos y métodos disponibles, es posible monetizar el efecto. Si, efectivamente, contamos con los datos y métodos pertinentes, podemos proceder a cuantificar el efecto y a expresarlo en términos monetarios. En algunos casos, es posible cuantificar los efectos en términos físicos. No obstante, no todos los resultados que hemos podido cuantificar mediante unidades físicas, pueden luego transformarse en unidades monetarias. Por ejemplo, los efectos emocionales y psicológicos de una evacuación por un huracán o de los daños causados por una tempestad pueden contabilizarse por el número de personas afectadas, pero es difícil cuantificarlos en términos monetarios. En estos casos, los resultados se anotarán en las unidades físicas cuantificadas.

Descripción cualitativa de los costes y beneficios

Aunque no sea posible cuantificar de forma fiable o sin demasiados problemas un beneficio o coste importante, debemos asegurarnos de que dicho efecto quede bien patente en el análisis e incluirlo sistemáticamente en todas las tablas resumen o documentación de los resultados. Es más importante centrarse en “lo que cuenta” que en aquello que sólo puede “contabilizarse”.

Al elaborar una descripción cualitativa, por lo general lo más conveniente es hacer una descripción breve pero clara del tipo de beneficio que se genera y de por qué es importante para la comunidad. Asimismo, aunque un beneficio no pueda ser monetizado (o no sea deseable hacerlo), a menudo sí es posible demostrar que dicho beneficio (o coste) tiene una importancia o valor *relativamente* altos. Así, al resumir los resultados de los costes-beneficios, incluidos los cualitativos, es recomendable utilizar alguna indicación de magnitud.

Métodos para determinar los valores monetizados

Existen numerosos métodos para estimar el valor monetario de los costes y beneficios asociados a un programa o servicio SMHN. A continuación, describimos los más comunes.

Precio de mercado

En los casos en los que exista un mercado en pleno funcionamiento para un bien o un servicio asociado a un proyecto SMHN, el precio de mercado observado será el valor en dólares que introduciremos en el cuadro de costes-beneficios (pasos descritos anteriormente). Los precios de mercado se utilizan normalmente para los costes directos del proyecto (o sus alternativas), como el coste de los bienes de equipo, la mano de obra, y otras partidas similares. Estos precios de mercado son suficientes para cubrir las necesidades de un análisis financiero. Algo difícil en este análisis de costes es determinar qué parte de los costes SMHN está asociada a los servicios existentes y qué parte corresponde de verdad al programa propuesto. Por ejemplo, es difícil determinar qué parte del tiempo y del salario de un empleado debe considerarse parte del nuevo proyecto frente a las actividades anteriores o de base de referencia. Asimismo, será difícil determinar el coste total real que supone utilizar las instalaciones informáticas para el desarrollo del nuevo modelo o los nuevos pronósticos cuando los costes de esos ordenadores, edificios, energía y programas están divididos entre varios programas diferentes.

Los precios de mercado también pueden utilizarse en los beneficios si la información sobre el tiempo, el agua o el clima procede del sector privado. No obstante, a la hora de hacer una evaluación económica de los costes y beneficios, nos encontramos con que muchos de los resultados más importantes corresponden a bienes y servicios no comerciales. Por ello, en muchos beneficios, y también en algunos costes, es necesario aplicar una valoración no basada en el mercado.

Valoración no basada en el mercado

Los economistas utilizan diversos métodos ya establecidos de valoración no basada en el mercado. Estos métodos permiten hacer una valoración en dólares de ciertos beneficios importantes relacionados con los SMHN, lo cual contribuye a que los responsables de la toma de decisiones y el público puedan juzgar mejor el valor de una opción del SMHN. En los siguientes apartados describimos brevemente estos métodos de valoración no basada en el mercado⁷. Aquí hemos clasificado los métodos como “primarios”, cuando los datos son suministrados directamente por un sujeto o la persona encuestada, y “secundarios”, cuando los datos se extraen de publicaciones, documentos especializados, medios de comunicación y otras fuentes.

Métodos primarios

Muchos bienes y servicios relacionados con los SMHN no se comercializan en un mercado. Por ejemplo, no existe un mercado claramente definido para el beneficio asociado al aumento de la seguridad en los viajes y en el transporte diario. En los métodos primarios, existen dos estrategias fundamentales para calcular el valor fuera del

⁷ Muchos de los métodos de valoración no basada en el mercado originariamente fueron creados para cuantificar el valor de los bienes y servicios medioambientales y, por ello, aquí se tratan también dentro de ese contexto. Recientemente, estos métodos se han empezado a aplicar para la valoración de las previsiones meteorológicas, tal y como se muestra en los estudios monográficos.

mercado: métodos de **preferencias expresadas** y métodos de **preferencias reveladas**. Los métodos de preferencias expresadas se basan en las encuestas e incluyen a su vez dos métodos: valoración contingente y análisis conjunto. Los métodos de preferencias reveladas incluyen el modelo “coste del viaje” y “precio hedónico” (véase la tabla 2).

Tabla 2. Métodos principales de valoración económica de bienes y servicios no comerciales

Métodos de preferencias reveladas	
Costes del viaje	
+	Utiliza la conducta observada en los individuos en viajes de turismo y placer
-	Mide sólo los valores de uso; la recopilación de los datos pertinentes suele ser un proceso caro que conlleva además mucho tiempo
Precio hedónico	
+	Se observan las variaciones en los precios del sector inmobiliario, mercado laboral, etc., para determinar la influencia de la calidad medioambiental en ellos
-	Mide sólo los valores de uso, exige disponer de muchos datos de mercado y da por supuesto que los precios de mercado incluyen el valor medioambiental del bien
Métodos de preferencias expresadas	
Valoración contingente	
+	Consiste en identificar mediante encuestas las preferencias de los consumidores y el valor que asignan a los bienes (p.ej. disposición a pagar, DAP). Permite calcular valores de uso y de no utilización
-	Es un método caro que conlleva a además mucho tiempo. Problema: que las preguntas de la encuesta den respuestas válidas; sesgos potenciales en las respuestas
Análisis conjunto	
+	Similar a la valoración contingente, con la salvedad de que en la encuesta los interrogados deben elegir entre una serie de opciones en lugar de responder a una sola pregunta DAP
-	Es un método caro que conlleva a además mucho tiempo. Problema: que las preguntas de la encuesta den respuestas válidas; sesgos potenciales en las respuestas

*Ventajas comparativas indicadas con +; desventajas comparativas indicadas con –

Los métodos de preferencias reveladas consisten en observar la conducta de los consumidores y averiguar el precio que estarían dispuestos a pagar por un determinado bien o servicio no comercializado y, según esto, establecer el valor de dicho bien o servicio. Por ejemplo, no hay un mercado en el que se compren y se vendan los días de ocio al aire libre, pero los consumidores sí asumen unos costes para poder realizar estas actividades de uso directo. Así pues, podemos calcular los costes asumidos en este tipo de usos y, a partir de ahí, establecer un precio representativo para la actividad. A continuación, utilizamos esa información para crear la curva de demanda (y por tanto el valor) de estos servicios de ocio. Mediante la observación de la conducta de las personas o de los gastos que asumen, se deducen las preferencias de los consumidores por ese bien. Los métodos más comunes de preferencias reveladas son el método de precios hedónicos y de coste de viaje. Los precios hedónicos se utilizan para valorar una gran cantidad de factores que influyen en los precios observados. Por ejemplo, en teoría, para establecer el valor de un pronóstico meteorológico, podríamos comparar la diferencia de precio entre dos periódicos cuya única diferencia es que uno incluye la previsión del tiempo y el otro no (si esta situación existiera).

¿Por qué es importante que exista un mercado que “funcione correctamente”?

Otra expresión que utilizan los economistas para referirse a un mercado que funciona adecuadamente es un mercado “perfectamente competitivo”. Un mercado perfectamente competitivo presenta las siguientes características:

- Gran número de productores y consumidores. Ninguno tiene el poder suficiente para influir en los precios de mercado (se dice que son “seguidores de precios”)
- Libertad de entrada y salida. Si una empresa está consiguiendo unos beneficios especialmente altos, no hay nada que impida que otras empresas entren en el mercado (lo cual provocará al final que los precios bajen)
- Productos homogéneos. Un consumidor puede comprar sin ningún problema y a su entera discreción el producto ofrecido por la Empresa A o por la Empresa B.
- Información completa. Los participantes disponen de toda la información necesaria para tomar las decisiones “correctas”.

El resultado de esta interacción entre tantos productores y consumidores, en un mercado donde cada uno actúa según sus propios intereses, es un precio de equilibrio y una oferta de equilibrio (punto donde se cortan la curva de oferta y la curva de demanda, tal y como se enseña en las clases de introducción a la economía).

Lo que esto implica, a la hora de hacer un análisis económico, es que el *precio* de un bien suministrado en un mercado perfectamente competitivo refleja el *valor* marginal (beneficio marginal) para el consumidor y el *coste* marginal (coste marginal de producción) para el productor. Así pues, los precios existentes en un mercado perfectamente competitivo pueden utilizarse en un ACB, siempre y cuando la situación que se está analizando no implique un gran cambio (es decir, no marginal) en las cantidades de bienes producidos o consumidos.

De acuerdo con estas características, los bienes y productos de los SHMN no se ajustan a este modelo de productos que se venden y compran en mercados competitivos por dos razones fundamentales:

- “Gran número de productores y consumidores”: debido a los altos costes que

supone entrar en el mercado, hay pocos productores de información meteorológica

- “Libertad de entrada y salida”: el alto precio de los equipos (satélites, superordenadores, etc.) constituye un obstáculo para entrar en el mercado del suministro de información meteorológica.

Tal y como se indicó en el recuadro “¿Qué es un bien público”, las previsiones hidrometeorológicas presentan las características de un bien público. Además, no se comercializan en mercados perfectamente competitivos.

Para aquellas actividades en las que no se da un uso directo del recurso y, por tanto, no existe una conducta o un gasto por parte de los consumidores que pueda utilizarse como medida de sus preferencias, los economistas han creado los métodos de preferencias expresadas para obtener directamente las preferencias y estimar el valor.

Los dos métodos más usuales de preferencias expresadas son la valoración contingente y el análisis conjunto. Aplicado a los recursos naturales y medioambientales, el método de valoración contingente permite asignar no sólo valores de uso directo sino también valores de no utilización (por ejemplo, existencia y legado). Los valores de no utilización son aquellos elementos de valor que no están vinculados a un uso físico o real (ya sea un uso actual, futuro o potencial). El valor de existencia se refiere al beneficio de saber simplemente que un cierto bien o servicio existe; el valor de legado se refiere a los beneficios que supone conservar un cierto bien o servicio para las generaciones futuras. En el método de análisis conjunto, se presenta un conjunto de opciones en lugar de, como suele ser el caso de las valoraciones contingentes, utilizar una sola pregunta DAP. Este método también puede utilizarse para calcular valores de uso y de no utilización.

Métodos secundarios

Por lo general, ejecutar correctamente un método primario es caro y, en muchos casos, dados el presupuesto, los plazos y otras limitaciones, ni siquiera es factible. Por ello, generalmente es más práctico recurrir a los métodos secundarios que se explican en este apartado. No obstante, si algún valor en concreto es esencial, puede que sea recomendable que invirtamos en un estudio primario para determinar con mayor precisión ese valor. Los métodos secundarios incluyen los siguientes: **transferencia de beneficios, costes evitados, costes de respuesta y análisis de decisiones.**

Un método muy común para valorar los bienes y servicios no comerciales es la *transferencia de beneficios* (TB). Este método consiste en tomar los resultados de un estudio de valoración existente y transferirlos a otro contexto (por ejemplo, una zona geográfica o un contexto político distintos). Al utilizar una TB debemos tener en cuenta una serie de precauciones y problemas. Aunque es bastante fácil hacer una estimación monetaria mediante TB de muchos tipos de beneficios —por ejemplo, aunque no es muy numerosa, sí existe una bibliografía destacable sobre los valores económicos del efecto que tienen las previsiones meteorológicas en la productividad agrícola—, este método puede dar resultados potencialmente imprecisos (engañosos), aunque el análisis pretendiera ser objetivo y bienintencionado. Obtener unos resultados precisos y creíbles mediante el método TB puede ser bastante difícil, ya que muchas veces existen importantes diferencias entre las condiciones del estudio empírico primario (es decir, el

contexto de la estimación monetaria publicada) y el contexto SMHN al que se quieren transferir los resultados.

Una de estas dificultades es definir el “mercado” apropiado para el sitio en cuestión. Por ejemplo, ¿qué límites aplicamos para definir a cuántos hogares asignamos un valor basado en TB (por ejemplo, la cantidad de dólares anuales para mejorar la seguridad en los desplazamientos)? Otra de las dificultades estriba en que es muy frecuente tener que transferir un cálculo BT a un resultado importante (por ejemplo, evitar una evacuación por huracán) utilizando un cálculo de un beneficio fraccionado (por ejemplo, milla marginal de evacuación evitada).

Aunque existe una bibliografía muy desarrollada sobre el método de transferencia de beneficios, que podemos utilizar como referencia (por ejemplo, Desvousger et al. 1992), lo difícil puede ser encontrar unos estudios previos de buena calidad. Si se ha realizado correctamente, y teniendo en cuenta que los valores estimados no tienen por qué ser precisos, la TB sí es un método válido para estimar los beneficios de uso y de no utilización que traerá el cambio propuesto en el nivel o calidad de los productos SMHN. Las TB pueden ahorrar tiempo y dinero, ya que realizar un estudio original es caro y conlleva mucho tiempo. Por supuesto, si se cuenta con los fondos y el tiempo suficientes, siempre será mucho mejor realizar un estudio primario centrado en el problema y el sitio actuales.

Recomendamos seguir estos pasos al realizar un TB (EPA 2000):

- Descripción de la cuestión a tratar, incluidas las características y consecuencias, y de la población afectada (por ejemplo, ¿los efectos repercutirán en la población general o en grupos específicos de individuos, como los usuarios de un producto de previsión meteorológica?)
- Recopilación de los estudios previos sobre el tema mediante una búsqueda bibliográfica
- Revisión de los estudios disponibles para comprobar su calidad y aplicabilidad. La calidad de las estimaciones de estos estudios determinará la calidad del análisis TB. Por otro lado, los estudios deberán revisarse para comprobar si son comparables con la nueva situación. A la hora de evaluar la utilidad de un estudio determinado para realizar una TB, es conveniente aplicar las siguientes indicaciones (basadas en la guía aportada en EPA 2000)
 - Evaluar la calidad técnica del estudio. Los estudios fuente deben estar basados en datos adecuados, métodos científicos y económicos sólidos y técnicas empíricas correctas.
 - Comprobar que los cambios esperados en las condiciones del sitio del nuevo proyecto sean similares (en cuanto a tipo y magnitud) a los del proyecto del que se han tomado los datos.
 - Si es posible, utilizar estudios en los que se analicen el mismo tipo de lugares y poblaciones que en el proyecto que se está evaluando.
 - Analizar minuciosamente las diferencias culturales y económicas entre el lugar del proyecto y el lugar del estudio fuente.
- Transferencia de las estimaciones de beneficios. Este paso consiste en la transferencia propiamente dicha de los beneficios para la población afectada para hacer una estimación general de los beneficios. La transferencia puede consistir

simplemente en aplicar un valor, derivado de un estudio primario, a un hogar medio o bien ser un proceso más complejo, que implique la transferencia de una función de beneficios derivada empíricamente por los investigadores originales. La transferencia también puede hacerse desde un metanálisis de múltiples estudios.

- Evaluación de la incertidumbre. Se trata de describir claramente todos los juicios y suposiciones incluidos en la TB, así como cualquier otra fuente de incertidumbre, y evaluar el efecto potencial en las estimaciones finales.

Los *costes evitados* pueden ser una parte importante de la valoración de los beneficios que se supone que va a generar un programa SMHN y, además, se calculan fundamentalmente mediante datos de mercado. Por ejemplo, los beneficios del programa serán mayores si tenemos en cuenta la reducción o total eliminación de los gastos relacionados con la producción de energía —por ejemplo, una compañía eléctrica aumenta la producción anticipándose a las altas temperaturas— o la reducción de los costes de una evacuación. Estos costes pueden diferirse varios años. Un análisis del VAN nos permite hacer una comparación homogénea de los beneficios acumulados en varios años. No obstante, debemos tener cuidado cuando utilicemos los costes evitados para establecer los valores de los beneficios. Los costes evitados pueden utilizarse como medida de los beneficios si de verdad se va a incurrir en ellos en caso de no aplicar el programa (por ejemplo, una compañía eléctrica aumenta la producción por cautela, pero hubiera cambiado de decisión si hubiera dispuesto de unas mejores previsiones).

Los *costes de respuesta* pueden ser **defensivos** o **reparadores**. Con el enfoque defensivo, lo que hacemos es examinar los gastos en los que incurren los ciudadanos para evitar los daños de un fenómeno hidrometeorológico. Si se cuenta con unas mejores previsiones del tiempo, estos gastos podrán evitarse en muchos casos; así pues, este enfoque permite medir los beneficios de una mejora en las previsiones. Estos gastos incluyen, por ejemplo, la instalación de contraventanas para tormentas o diques temporales alrededor de la casa para evitar los efectos de una posible riada. Con el enfoque reparador, analizamos los gastos en los que incurre la gente para corregir un problema. Con esta estrategia, las medidas se toman *a posteriori*, de modo que no sirven como medida del valor de un pronóstico meteorológico.

Los *análisis de decisiones* nos proporcionan medios para cuantificar y establecer el valor de la información. Estos métodos exigen estructurar meticulosamente las posibles incertidumbres, las decisiones que hay que tomar y los valores obtenidos. En los análisis de decisión, lo que hacemos es analizar las decisiones, las incertidumbres y los valores obtenidos cuando los individuos contaban con la información y cuando no. También podemos comparar un nivel de calidad de la información con otro nivel superior (por ejemplo, unas previsiones meteorológicas más precisas). Los valores que se comparan son: por un lado, el valor esperado cuando no se dispone de información, por otro, el valor esperado cuando sí se dispone de la información. Normalmente, el valor es superior (o los costes menores) cuando los individuos toman decisiones teniendo la información o una mejor información. El aumento del valor (o la reducción de los costes) es el valor de la información.

Desde el punto de vista económico, podemos considerar unas mejores previsiones meteorológicas como una mejor información y utilizar el método de análisis de decisiones para valorar dichos pronósticos. Además, este método permite determinar el valor de una información perfecta e imperfecta para la persona que toma las decisiones. Aunque una información perfecta significa que siempre es correcta y esto es algo

prácticamente imposible en la realidad, este concepto sí nos puede ayudar a determinar el aumento de valor que supone disponer de más información. En el contexto de las previsiones meteorológicas, aunque aún pueden existir incertidumbres en otros aspectos no relacionados con la meteorología, un pronóstico perfecto permitiría a la persona que toma las decisiones maximizar los beneficios relacionados con el tiempo y minimizar los costes (por ejemplo, aplicación o no de protección contra heladas en los cultivos).

Otros aspectos de la valoración

En economía, solemos utilizar el **valor estadístico de la vida (VEV)** para estimar el beneficio monetario que supone reducir el riesgo de mortalidad prematura; se calcula utilizando estimaciones de lo que estarían dispuestos a pagar (DAP) los individuos por una reducción en los riesgos de mortalidad, expresado “por vida salvada”. El punto clave de esto está en que no asignamos un valor en dólares a la vida en sí de una persona, sino que los valores reflejan el valor que los individuos conceden a una pequeña reducción del riesgo de muerte prematura. En otras palabras, el VEV es la DAP (o disposición a aceptar, DAA) por unos pequeños cambios en ciertos riesgos también pequeños que afectan a una amplia población.

Al analizar los costes y beneficios de un servicio SMHN, también debemos considerar la perspectiva **distributiva** o de **equidad**. Esto significa preguntarse quién se beneficia y quién paga. Por ejemplo, un sistema que proporcione pronósticos meteorológicos a zonas remotas, tendrá pocos beneficiarios, pero los costes serán iguales o incluso superiores a los de un sistema que ofrezca pronósticos de zonas muy pobladas. De igual manera, un agricultor, con la decisión de regar o no regar, puede ganar más que un ciudadano común a pesar de pagar los mismos impuestos por el servicio.

Descuentos

A menudo, los costes y beneficios de un proyecto SMHN son un flujo de valores cuya magnitud puede cambiar con el tiempo. Por lo general, la mayoría de las opciones SMHN presentan unos costes de capital altos que se pagan, bien por adelantado, bien (más comúnmente) a lo largo de un periodo de amortización al principio del proyecto. Además, a lo largo de la vida del proyecto puede haber importantes costes de mantenimiento, procesamiento de datos y personal. Sin embargo, los beneficios no empezarán a generarse hasta mucho después de la inversión inicial y se irán acumulando a lo largo de la vida económica del proyecto, que puede ser sustancialmente más larga que el periodo de amortización. Por esta razón, los valores que se van a generar en distintos periodos de tiempo deben ajustarse a su valor actual (VA).

Al calcular el VA, debemos tener en cuenta dos factores que están interrelacionados: la inflación y el valor temporal del dinero. Si la inflación no se ha descontado de los registros o las proyecciones de valores en el tiempo, decimos que estos valores están en “términos nominales”. Muchos análisis financieros se realizan en dólares “nominales”. No obstante, en los análisis económicos utilizamos dólares “reales” (es decir, ajustados a la inflación). Esto facilita el análisis y evita que las consideraciones sobre la inflación empañen el análisis. En dólares reales, un dólar de hoy presenta el mismo poder adquisitivo que un dólar de dentro de 10 años.

En segundo lugar, debemos tener en cuenta que la mayoría de la gente prefiere un dólar de hoy a un dólar futuro. La mayoría de la gente prefiere utilizar ese dólar para consumir o invertir hoy que tener un dólar en el futuro. Esta preferencia por el consumo

a corto plazo frente al consumo diferido se denomina “tasa de preferencia temporal social” o valor temporal del dinero. Esta tasa social es el tipo de interés real (descontada la inflación), impuestos excluidos, y sin riesgo, que tendría que pagarse a una persona para compensarle por la recepción aplazada de un dólar real.

El tipo anual que se aplicaría a la preferencia por el VA frente a los valores diferidos se denomina “tipo de descuento”. Es similar a un tipo de interés. Cuanto mayor es el nivel de preferencia por los beneficios inmediatos (preferencia temporal) o cuanto mayor es la tasa de rendimiento esperada en una inversión realizada hoy (coste de oportunidad), mayor es el tipo de descuento. El tipo de descuento puede expresarse en términos reales o nominales. El tipo de descuento real es el tipo de descuento nominal menos la tasa de inflación. Aquí, la clave está en utilizar un tipo de descuento real cuando analizamos dólares en términos reales y utilizar un tipo de descuento nominal cuando analizamos valores en términos nominales.

La teoría económica sugiere que en un mundo sin impuestos, sin costes financieros y sin riesgos, estaría claro qué tipo de descuento utilizar. Si consumir hoy nos impidiera invertir en el futuro, deberíamos utilizar el coste de oportunidad para descontar el flujo de costes y beneficios futuros. En ese caso, el tipo de descuento sería igual a la tasa de rendimiento que se obtendría si se invirtiera el dinero. Por ejemplo, si se prevé una inflación en el futuro del 4% y el retorno real sobre la inversión, sin riesgos, es del 3%, el tipo de descuento real sería del 3% y el tipo de descuento nominal sería del 7% (3% + 4%). No obstante, si el hecho de utilizar hoy los fondos impide un consumo en el futuro (en lugar de inversiones), sería más adecuado utilizar como tipo de descuento la tasa de preferencia temporal social.

La elección del tipo de descuento implica consideraciones de índole práctica y filosófica. De hecho, los economistas y políticos no siempre se ponen de acuerdo sobre cuál es el tipo de descuento que se debe aplicar en la evaluación de un proyecto. En el caso de los ACB de los SMHN, que generalmente son inversiones destinadas al beneficio de la sociedad, quizá lo más apropiado sea utilizar una tasa de preferencia temporal social real, impuestos excluidos, como tipo de descuento real para convertir las cifras a su valor actual. No obstante, hay argumentos a favor y en contra de numerosas opciones (desde un tipo de descuento nulo a un tipo de descuento que refleje los costes privados de capital). Por ejemplo:

- Algunos abogan por no aplicar ningún tipo de descuento (tipo nulo) argumentando que con este descuento se infravaloran aquellos costes y beneficios que van a registrarse a muy largo plazo (para las generaciones futuras) o aquellos relacionados con resultados irreversibles (por ejemplo, la extinción de una especie).
- Otros sugieren que el tipo de descuento debería calcularse según los tipos de interés imperantes en la renta fija de bajo riesgo, ya que estos tipos (con impuestos excluidos y sin riesgos) son los que mejor reflejan la tasa de preferencia temporal social. Como referencia podría tomarse: el coste real de capital para las instituciones municipales de aumentar el capital mediante la emisión de títulos, o el coste de los títulos de renta fija a largo plazo emitidos por el gobierno federal.
- Algunos abogan por utilizar el coste privado de la inversión al creer que, de lo contrario, los fondos del proyecto se hubieran invertido en empresas privadas y, por lo tanto, esta medida refleja el verdadero coste de oportunidad.

En Estados Unidos, varias entidades gubernamentales han fijado los tipos de descuento que deben utilizarse en los análisis. La Oficina de Administración y Presupuesto de Estados Unidos (OMB por sus siglas en inglés) actualiza regularmente los tipos de descuento en el Anexo C de la Circular Número A-94, *Guidelines and Discount Rates for Cost Benefit Analyses of Federal Programs* (OMB 1992)⁸. Para el tipo de descuento real, la OMB recomienda utilizar los tipos de interés reales que se aplican en los bonos y letras del Tesoro de Estados Unidos, de acuerdo con el periodo de tiempo del proyecto. A fecha de enero de 2007, el tipo de interés real para un título (*note*) a 30 años era del 3,0%.

Valor actualizado neto y criterios de viabilidad de los proyectos

Para comparar la evolución temporal de varios conjuntos de valores de distintos proyectos, se utiliza el tipo de descuento para rebajar el conjunto de valores de cada proyecto a su VA. Cuando se manejan tanto costes como beneficios, hay que restar el VA de los costes del VA de los beneficios para obtener el VAN del proyecto. Si el VAN de un proyecto es positivo, el VA de los beneficios es mayor que el VA de los costes. Puede compararse el VAN de distintos proyectos si se ajustan los valores de modo que aparezcan expresados en dólares del mismo año. La evaluación del VAN de distintos proyectos permite realizar comparaciones homogéneas del valor de los mismos sean cuales sean las posibles diferencias existentes en la distribución temporal de los costes y beneficios de cada proyecto.

El criterio general de viabilidad es el siguiente: si el VAN es positivo, el proyecto es aceptable y debe llevarse a cabo, y si el VAN es negativo, el proyecto no ofrece ninguna mejora del bienestar social y no debe ponerse en marcha.

En la Tabla 3 se presenta un ejemplo numérico simplificado de la rebaja y el cálculo del VAN. La primera columna (año) indica el año en que se prevé que se registren los costes y beneficios. Las dos columnas siguientes que figuran bajo el encabezamiento de "Tipo de descuento = 0%" indican el flujo temporal de costes y beneficios anuales calculados según el precio del dólar del año en curso. Implícitamente, la presentación de estos datos como no descontados equivale a aplicar un tipo de descuento del 0%. A continuación, mostramos los costes y beneficios descontados correspondientes a cada año cuando se utiliza un tipo de descuento del 3,0% y del 7,0%, respectivamente. Estos valores se calculan por medio de la siguiente fórmula en el caso de los beneficios:

$$PVBenefits_t = \frac{B_t}{(1+r)^t}$$

El valor $PVBenefits_t$ es el VA de los beneficios del año t . B es el valor del dólar del año en curso, y r es el tipo de descuento. Por ejemplo, con referencia a la Tabla 3, si se utiliza el VA del año 5, los beneficios son los siguientes:

$$PVBenefits_5 = \frac{50}{(1+.03)^5} = \frac{50}{1.1593} = \$43.13.$$

⁸ Véase la página http://www.whitehouse.gov/omb/circulars/a094/a94_appx-c.html, actualizada por última vez en enero de 2007.

Como es de esperar, el VA de los costes se calcula del mismo modo, pero utilizando los costes C en lugar de los beneficios.

En la Tabla 3, se suma el valor total descontado de los beneficios y los costes, que se introduce en la fila de "VA total". El VAN se calcula entonces restando los costes totales del VA de los beneficios totales del VA; el resultado se consigna en la fila donde figura el encabezamiento "VAN".

Se observa que, si no se aplica ningún descuento ($r = 0,0\%$), el VAN es de 35,00 dólares. Cuando se aplica un tipo de descuento del 3%, ese VAN disminuye hasta los 20,08 dólares. Con un tipo del 7,0%, el VAN pasa a ser de -8,16 dólares. Si se utiliza el criterio de que un VAN positivo indica que un proyecto es rentable y que un VAN negativo indica que no debe llevarse a cabo, este ejemplo muestra la importancia de elegir un tipo de descuento adecuado. En este caso, con una cifra de costes y beneficios constante e idéntica, un incremento del tipo de descuento del 3,0% al 7,0% haría variar la decisión de emprender o no el proyecto.

Tabla 3. Ejemplo de descuento simplificado

Año	Tipo de descuento = 0,0%		Tipo de descuento = 3,0%		Tipo de descuento = 7,0%	
	Beneficios	Costes	VA beneficios	VA costes	VA beneficios	VA costes
0	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
1	25,00	50,00	24,27	48,54	22,68	45,37
2	50,00	10,00	47,13	9,43	41,16	8,23
3	50,00	10,00	45,76	9,15	37,35	7,47
4	50,00	10,00	44,42	8,88	33,89	6,78
5	50,00	10,00	43,13	8,63	30,75	6,15
VA total	225,00	190,00	204,71	184,63	165,84	174,00
VAN		35,00		20,08		-8,16

Como observación final sobre el cálculo del descuento, cabe indicar que la fórmula del VAN es simplemente la suma de las diferencias entre los beneficios y los costes en el VA:

$$NPV = NP\text{Benefits} - NP\text{Costs} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Interpretación y uso de los análisis de sensibilidad

Queremos indicar las dos fuentes principales de imprecisión que intervienen en los cálculos del valor. La primera es la *variabilidad*, que son las variaciones naturales que se registran en una estimación a causa de sus propiedades o de las influencias que actúan sobre ella. La otra es la *incertidumbre* existente en una estimación como consecuencia de nuestra falta de conocimiento del valor real de una variable (es decir, de si el valor asociado a la mejora de las predicciones meteorológicas es de 25 dólares por hogar o de 250 dólares). Tanto la variabilidad como la incertidumbre pueden provocar hacer que los cálculos resulten imprecisos, y son dos motivos por los que las estimaciones deben representarse a través de un intervalo de valores, no de un valor

concreto. Aunque podemos utilizar un único valor de estimación óptimo, o valor medio, debemos aplicar el análisis de sensibilidad para examinar y conocer el intervalo de posibles valores. Mediante el uso de un intervalo de valores, en lugar de un único valor de estimación, se puede evitar la percepción de que el análisis está encaminado a obtener un resultado concreto.

Análisis de sucesos y sensibilidad

En muchos casos, es importante analizar los efectos de las incertidumbres o las suposiciones básicas realizadas (como la elección de los tipos de descuento, el uso de estimaciones basadas en la TB, o incluso si un programa del SMHN servirá para mejorar la calidad de los datos que reciben los usuarios) por medio del análisis de sensibilidad. Este procedimiento permite modificar sistemáticamente el valor de una cierta variable de entrada fundamental para comprobar cómo afecta al resultado del análisis. La variación de los resultados puede ilustrar la importancia de los efectos de la incertidumbre de una variable concreta sobre el resultado. El análisis de sensibilidad suele llevarse a cabo modificando el valor de una variable en una cantidad igual o menor que su valor actual.

Por ejemplo, si escogemos un tipo de descuento del 9% para llevar a cabo el análisis principal, podríamos efectuar el análisis de sensibilidad haciendo variar ese valor a intervalos de 3 puntos porcentuales, desde el 0% hasta el 15%. En la Tabla 4 se muestra un ejemplo de un análisis de sensibilidad del tipo de descuento aplicado de esta forma al intervalo de beneficios y costes.

Tabla 4. Análisis de sensibilidad aplicado al tipo de descuento

Tipo de descuento (%)	VA beneficio monetizado*	VA coste*	Beneficio neto monetizado (VAN)*
0	49.000–51.500	30.000	19.000–21.500
3	39.500–41.700	26.000	13.500–15.700
6	29.500–34.000	22.000	7.500–12.000
9	15.950–21.300	16.000	(50)–5.300
12	8.500–14.000	11.000	(3.500)–3.000
15	2.500–8.000	8.000	(5.500)–0

*En miles de dólares.

El análisis de sensibilidad (también llamado análisis de sucesos) es una herramienta importante para conocer el efecto de la incertidumbre. Mediante el estudio de diferentes supuestos con distintos valores del intervalo de incertidumbre de las variables más relevantes, es posible determinar si la incertidumbre de las variables subyacentes es importante para el resultado final del análisis o para las decisiones que se van a adoptar en función de dicho análisis. Esta información puede ayudarnos a concentrar nuestros futuros trabajos de investigación en los aspectos más productivos, y a mejorar el ACB al mismo tiempo. Un método útil para el análisis de sucesos se llama **simulación de Monte Carlo**.

Este tipo de simulación es útil en aquellas situaciones en que múltiples fuentes de variabilidad o incertidumbre pueden tener un profundo impacto en la estimación de los beneficios, riesgos, costes o en las tres magnitudes. Podemos aplicar el modelo de Monte Carlo cuando conocemos el intervalo de valores plausibles de las variables más importantes y su probabilidad lo suficientemente bien como para caracterizar esos valores por medio de una distribución de probabilidad. También podemos aplicar el

modelo cuando podemos reproducir fácilmente el propio análisis a través de un algoritmo informático. El análisis de Monte Carlo puede resultar especialmente útil cuando existe la posibilidad de que un conjunto de variables interaccionen y condicionen las características del riesgo que se está analizando.

Mediante el uso de una serie de datos y conocimientos obtenidos a través de la experiencia, empezamos por caracterizar las distribuciones de probabilidad de las variables de entrada más importantes. En muchos tipos de fenómenos, y en una primera aproximación, normalmente se pueden tomar unas distribuciones relativamente sencillas (por ejemplo, distribuciones uniformes, triangulares, normales o logarítmicas normales). Las distribuciones de dos variables cualesquiera, sin embargo, deben ser independientes entre sí. Si las variables varían siempre simultáneamente (ya sea en la misma dirección o en sentidos opuestos) las variables no pueden ser independientes y debemos tener en cuenta su dependencia en el análisis. En la simulación de Monte Carlo, se utilizan ordenadores para obtener un número muy elevado (más de 1.000, por ejemplo) de muestras aleatorias para cada posible combinación de valores de las variables. Las muestras extraídas están condicionadas por las distribuciones de probabilidad, para que los resultados más probables aparezcan con más frecuencia que los menos probables. El análisis se repite entonces con cada muestra extraída de variables de entrada, y se obtiene un resultado final concreto para dichas variables de entrada. Cuando se agrupan los resultados finales de todas las muestras extraídas, el resultado es una distribución de probabilidad del resultado final, basada en la combinación de las probabilidades de cada valor de entrada subyacente. Este resultado puede permitir a los encargados de la toma de decisiones conocer la probabilidad de que se produzca un resultado determinado (por ejemplo, cuál es la probabilidad de que el VAN de un proyecto sea positivo cuando el resultado del VAN depende de varias variables cuyo valor es incierto).

Tratamiento de la incertidumbre

Lo ideal es disponer siempre de los datos necesarios para calcular estadísticamente los intervalos de confianza de las estimaciones de los costes o beneficios. Sin embargo, normalmente no es posible realizar el cálculo estadístico de esos intervalos de confianza. Cuando se dispone de los datos requeridos para ello, se calcula el intervalo correspondiente a un valor de estimación estableciendo el límite superior e inferior del mismo. Aunque no se puedan establecer los límites de dicho valor de estimación, al menos siempre existe la posibilidad de caracterizar la incertidumbre cualitativamente, describiendo las fuentes de incertidumbre e indicando si es más probable que un valor de estimación obtenido sea superior o inferior al valor real (véase el paso 9 del proceso de referencia descrito anteriormente).

Estudios monográficos

En esta sección, presentamos cinco ejemplos de análisis económicos relacionados con el valor de los SMHN. Estos análisis abarcan toda la gama de métodos de estimación, desde la elaboración del modelo económico hasta la evaluación subjetiva, pasando por el análisis de datos. También incluyen una amplia variedad de objetivos. Por ejemplo, el objetivo del estudio monográfico 1 es calcular la posible magnitud de los efectos de la variabilidad meteorológica, así como indicar los sectores económicos donde es probable que ese impacto sea mayor. El objetivo del estudio monográfico 3 es ofrecer una evaluación tradicional de los costes y beneficios de un programa concreto.

Estudio monográfico 1: Sensibilidad de la economía estadounidense a la meteorología

Referencia: Larsen, P.H., M. Lawson, J.K. Lazo, and D.M. Waldman, 2007: *Sensitivity of the US Economy to Weather*. Boulder, CO: NCAR.

Resumen

Este estudio emplea análisis estadísticos para estimar en qué medida la producción económica de un estado, un sector económico y el conjunto de la economía estadounidense depende de las variables meteorológicas. En el análisis se tienen en cuenta las variables relacionadas con la temperatura y las precipitaciones. Los autores llegan a la conclusión de que la producción económica total de EE.UU. puede variar en un año hasta en 260.000 millones de dólares en función de las condiciones meteorológicas.

En este análisis, los autores utilizan la producción por sectores económicos de cada uno de los 48 estados de la zona continental de EE.UU. a lo largo de 24 años como datos básicos. La producción está relacionada estadísticamente con los recursos utilizados (capital, mano de obra y energía) y con cuatro variables meteorológicas (precipitaciones, variabilidad de las precipitaciones, días de mucho calor y días de mucho frío). Los autores emplean una ecuación de regresión que incorpora tanto los efectos directos de las variables independientes y los efectos de interacción (en los que la producción puede depender del producto de dos variables independientes).

A partir de los resultados del análisis de regresión, los autores calculan las “elasticidades” de la producción con respecto a los recursos y las variables meteorológicas. Estas cifras representan la variación porcentual de la producción atribuible a un 1% de variación de la correspondiente variable económica o meteorológica. Estas elasticidades, calculadas para cada uno de los 11 sectores de actividad principales de la economía estadounidense, muestran que las variables meteorológicas poseen un efecto estadísticamente significativo en la producción de todos esos sectores⁹.

Para evaluar el efecto de la variabilidad meteorológica en la economía, los autores llevaron a cabo un análisis de sensibilidad. En este análisis, se ajustaron los valores medios recientes de los recursos productivos durante los últimos 5 años del periodo de estimación. A continuación, se obtuvieron los datos meteorológicos correspondientes al periodo de 70 años comprendido entre 1931 y 2000. Con estos datos meteorológicos, se utilizaron las relaciones estadísticas obtenidas entre la producción, los recursos y la meteorología para calcular las producciones previstas en función de la meteorología de cada año, según los recursos y la tecnología existente en cada momento. Estas producciones “previstas” por las ecuaciones estimadas estadísticamente se sumaron de varias formas para mostrar el modo en que la meteorología afecta a la producción económica de cada sector, de cada estado y del conjunto de Estados Unidos.

Mediante la suma de las producciones previstas de cada sector y cada estado, los autores obtuvieron una estimación de la sensibilidad de la producción estatal a los

⁹ Los 11 sectores son (1) agricultura; (2) comunicaciones; (3) construcción; (4) finanzas, seguros e inmobiliaria; (5) fabricación; (6) minería; (7) comercio minorista; (8) servicios; (9) transportes; (10) servicios públicos; y (11) comercio mayorista.

factores meteorológicos. Eso indica que, en términos absolutos, la producción de California es la más sensible a la meteorología; el intervalo de variación de la producción de California se calcula en 111.900 millones de dólares. En términos porcentuales, sin embargo, Nueva York es el estado más sensible, con un intervalo de variación productiva del 13,5%.

Al sumar la producción prevista en todos los estados por sectores, se obtuvo la sensibilidad sectorial a las variaciones meteorológicas. En términos absolutos, el sector financiero, de seguros e inmobiliario es el más sensible, con un intervalo de variación de 132.000 millones de dólares. La sensibilidad porcentual también se calculó, y los investigadores descubrieron que la agricultura es muy sensible a las meteorología en términos porcentuales. En esos términos, no obstante, la minería es el sector más sensible. La minería incluye la producción de recursos económicos, como el gas natural, cuyo precio y demanda puede ser muy sensible a la meteorología debido a que esos productos se utilizan en sistemas de calefacción y refrigeración.

Finalmente, los investigadores sumaron las producciones previstas en los distintos estados y sectores para calcular la sensibilidad global de la economía estadounidense a la meteorología. Se calcula que esa sensibilidad global se cifra en 260.000 millones de dólares, un 3,36% del valor de la producción. Ese es el intervalo de producción comprendido entre la cantidad más pequeña y la cantidad más grande prevista durante los 70 años de datos meteorológicos utilizados.

Estos resultados, que cuantifican la sensibilidad de la producción económica estadounidense a la meteorología, sugieren que los informes meteorológicos ofrecen importantes ventajas. Las previsiones son especialmente valiosas si la meteorología afecta al bienestar económico y si es posible responder a su contenido de algún modo que permita mitigar el impacto de las inclemencias meteorológicas o aprovechar la llegada del buen tiempo. La principal contribución de este estudio consiste en mostrar claramente que la meteorología tiene un efecto considerable en el bienestar (medido a través de la producción económica).

Metodología aplicada

En este estudio se ha recurrido al análisis de los datos, aunque la naturaleza de dicho análisis es distinta a la que se habría utilizado si se pretendiera determinar la diferencia que establece un informe meteorológico en las producciones económicas observadas. En este caso, el análisis de los datos se ha centrado en la cuantificación de la relación entre las variables meteorológicas y las producciones económicas, que permite sugerir la posible importancia de las predicciones meteorológicas.

Recursos utilizados

Este trabajo ha requerido el manejo de muchos datos y ha dependido sobre todo de la recogida de los datos publicados y de la realización de análisis económicos. Los datos se obtuvieron de diversas fuentes oficiales, incluida la Oficina del Censo, el Departamento de Agricultura, el Departamento de Trabajo, el Oficina de Análisis Económicos, el Departamento de Energía, y el Centro Nacional de Datos Climáticos. Los datos se recopilaron y ajustaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y se analizaron con SAS.

El estudio requirió unas 200 horas de trabajo por parte del responsable del estudio, un economista profesional, con un coste aproximado de 40.000 dólares durante un periodo de tiempo de 2 años. Un ayudante de investigación llevó a cabo la revisión inicial de la documentación, la recogida de datos, y el análisis econométrico a lo largo de un año y con un coste aproximado de 117.000 dólares. Se subcontrató además a un

económetra y personal de análisis y programación SAS, con un coste aproximado de 39.000 dólares, lo que elevó el coste total del proyecto hasta los 196.000 dólares. Con la metodología y los programas desarrollados para este proyecto, podrían emprenderse otros estudios similares con un coste considerablemente menor.

Datos requeridos

Los datos son un elemento esencial para este estudio. La existencia de datos contables sobre los ingresos nacionales y datos meteorológicos cuidadosamente recogidos por diferentes organismos oficiales a lo largo de los años ha sido crucial para este estudio.

Conocimientos económicos requeridos

Para llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza, los analistas debían poseer amplias nociones de análisis estadístico. También era preciso disponer de un profundo conocimiento de los modelos económicos que intervienen en este análisis para poder desarrollar un modelo de cálculo estadístico válido. El manejo previo de los datos utilizados en el análisis (cómputo de los ingresos nacionales y datos meteorológicos) era otro factor importante.

Estudio monográfico 2: Valor económico de las previsiones de temperatura en la producción eléctrica

Referencia: Teisberg, T.J., R.F. Weiher, and A. Khotanzad, 2005: The economic value of temperature forecasts in electricity generation. *B. Am. Meteorol. Soc.* **86**, 12, 1765–1771.

Resumen

En este estudio se calcula el ahorro de costes que comporta el uso de los pronósticos diarios de las temperaturas para planificar la producción de electricidad del día siguiente en Estados Unidos. Dicho ahorro es posible porque la energía eléctrica puede producirse con diversos tipos de grupos electrógenos. Estas unidades suelen tener distintos costes y plazos de producción, así como diferentes costes de explotación durante su funcionamiento. Un buen pronóstico diario de las temperaturas permite realizar una previsión más exacta de la demanda eléctrica, para reducir así los costes de producción escogiendo la mejor forma de atender la demanda de electricidad. La conclusión más destacada de este estudio es que la disponibilidad de los pronósticos diarios de las temperaturas genera un ahorro anual de costes de 166 millones de dólares en Estados Unidos con respecto a las predicciones de la temperatura basadas en la persistencia.

En este estudio, los autores tuvieron que elaborar un complejo modelo del comportamiento económico. Conceptualmente, la elaboración del modelo de ahorro de costes derivado de los pronósticos de las temperaturas que utilizan las empresas productoras de electricidad es un proceso que consta de tres pasos. En el modelo debe representarse (1) la relación entre los pronósticos de la temperatura y la demanda eléctrica prevista; (2) la elección de los grupos electrógenos que se van a utilizar en función de dicha demanda eléctrica prevista; y (3) los ajustes que deben realizarse para resolver las discrepancias que, inevitablemente, surgirán entre la demanda eléctrica real y la demanda eléctrica prevista que se utiliza a la hora de seleccionar los grupos electrógenos. Puesto que son decisiones complejas que las empresas eléctricas deben adoptar todos los días, se han desarrollado diversas herramientas de toma de decisiones para facilitar su labor.

Un estudio destacado que realizaron Hobbs et al. (1999) calculó el ahorro de costes de producción de electricidad derivado de la mejora de las previsiones de la demanda eléctrica. Para realizar ese cálculo, Hobbs et al. utilizaron un “modelo de asignación de grupos” previamente publicado para seleccionar los grupos electrógenos en función de una previsión de la demanda eléctrica. También desarrollaron un “modelo de recursos” para solventar las discrepancias entre la demanda prevista y la demanda real. Hobbs et al. emplearon estos modelos para calcular el ahorro de costes en la demanda eléctrica en función de la calidad de las previsiones de dicha demanda en cuatro sistemas eléctricos representativos. Estos sistemas se definieron a través de dos configuraciones de grupos electrógenos distintas y dos patrones de la demanda eléctrica diferentes, uno correspondiente a una empresa eléctrica del norte del país y otra del sur.

A partir del trabajo de Hobbs et al. (1999), Teisberg et al. (2005) estimaron la relación entre las previsiones diarias de la temperatura y la demanda eléctrica prevista. En este análisis, recurrieron a otro modelo ya existente, similar al descrito en Khotanzad et al. (1995), que ayuda a los productores de electricidad a predecir la demanda eléctrica en virtud de una serie de factores, incluidas las previsiones de la temperatura. Teisberg y sus colaboradores utilizaron este modelo para crear una serie de pronósticos de

temperatura que representaran distintos grados de precisión, desde las previsiones basadas en la “persistencia” (la temperatura del día siguiente será la misma que la del día anterior) hasta un pronóstico perfecto (en el que se conoce de antemano con precisión la temperatura del día siguiente). Se utilizaron estos pronósticos para determinar las implicaciones de estas predicciones alternativas de la temperatura sobre la exactitud de las previsiones de la demanda eléctrica. A continuación, también a partir del trabajo de Hobbs et al., Teisberg et al. calcularon el ahorro de costes asociado a estas previsiones de la temperatura con los cuatro sistemas de producción representativos que figuraban en el estudio de Hobbs. Finalmente, se extrapolaron esos resultados al caso de Estados Unidos en su conjunto. Para ello se promediaron los ahorros de costes del estudio de Hobbs et al. en los dos tipos de sistemas de producción que abarcaba, y se aplicaron esos resultados promediados a los valores de la producción eléctrica regional de Estados Unidos correspondientes a los patrones de la demanda en la zona norte y la zona sur.

Teisberg et al. concluyeron que el ahorro total de costes que conlleva el uso de unos pronósticos diarios de la temperatura tan precisos como los que se manejan actualmente para la producción anual de electricidad con respecto a las previsiones basadas en la persistencia, es de 166 millones de dólares. También calcularon que una mejora del 1% en la precisión de las previsiones haría aumentar el ahorro anual en 1,4 millones de dólares, y que un pronóstico perfecto incrementaría ese ahorro en 75 millones de dólares. Esas cifras implican que la mayor parte del ahorro potencial derivado del manejo de las previsiones de la temperatura ya se obtiene con los pronósticos actuales.

Metodología aplicada

Estos investigadores utilizaron varios métodos de modelado económico, que implican la representación del comportamiento de los sistemas o actores económicos a través de una serie de conjuntos de relaciones matemáticas. Para que esos modelos sean útiles para estimar el valor de la información, es necesario definirlos de una forma que permita que los datos meteorológicos desempeñen un papel importante en el comportamiento del modelo. De ese modo, el modelo puede utilizarse con diferentes datos (es decir, con un volumen o un tipo de información distinta), para simular las implicaciones de esas diferentes estructuras informativas. Eso posibilita el cálculo de los beneficios económicos derivados de dichas estructuras informativas.

Recursos utilizados

Este estudio se ha podido elaborar a partir de otros trabajos anteriores, lo que ha permitido reducir considerablemente los recursos necesarios para su confección. El aprovechamiento de otros trabajos previos ha hecho posible calcular el ahorro de costes derivado de unos datos más completos sobre el consumo o la demanda eléctrica. Por eso, la labor de modelado que hubo que realizar en el estudio consistió en establecer la relación entre la calidad de los datos meteorológicos y la calidad resultante de los datos de consumo.

El modelado de la relación existente entre la información meteorológica y los datos de consumo también se simplificó gracias a la existencia de los modelos que utiliza el sector productor de electricidad. En sus actividades diarias, los productores de electricidad suelen emplear modelos de predicción del consumo eléctrico del día siguiente, y esos modelos generalmente utilizan las previsiones meteorológicas del día siguiente como una de las variables a partir de las que se genera la previsión de la demanda del día después. Teisberg y sus colaboradores recurrieron a un modelo de este

tipo para establecer la relación entre la estructura de los datos meteorológicos interesantes para los investigadores y la previsión de la demanda resultante.

El estudio requirió unas 250 horas de trabajo por parte del responsable del proyecto, un economista profesional, con un coste aproximado de 30.000 dólares a lo largo de un periodo de 4 años. Ese es el trabajo total que implicó el estudio desde la concepción inicial del diseño del proyecto hasta su publicación completa en una prestigiosa revista de meteorología con revisión por pares. Aproximadamente el 60% de ese tiempo y trabajo se invirtió en la realización de los análisis reales y la redacción del primer borrador de los resultados; el resto del tiempo y trabajo se dedicó a depurar y publicar el artículo en la revista con sistema de revisión por pares.

Además del coste derivado de la participación del economista responsable del proyecto, se destinaron unos 9.000 dólares a financiar el trabajo de un coautor del estudio, que tuvo acceso a un sistema comercial de previsión de la demanda eléctrica, así como a los datos requeridos por dicho sistema, para poder modelar los efectos de varios pronósticos meteorológicos alternativos.

Datos requeridos

Este estudio requirió el uso de los datos de la tasa de utilización eléctrica y de diversos factores necesarios para predecir el consumo eléctrico, incluidos los pronósticos meteorológicos. Dichos datos tienden a estar a disposición de ciertas empresas eléctricas, normalmente porque se utilizan en el desarrollo inicial del sistema de predicción de la demanda que dichas empresas emplean posteriormente en sus actividades diarias.

Para el estudio, los investigadores evaluaron la función que podía desempeñar en el análisis un sistema de predicción de la demanda eléctrica, y recabaron la ayuda de un experto en dichos sistemas. Esa persona, que fue uno de los coautores del artículo que se publicó finalmente, pudo suministrar los datos necesarios, además de comprobar la aplicación del modelo para determinar los efectos de las diferentes previsiones meteorológicas para ciertas empresas productoras de electricidad en diversos lugares de Estados Unidos. Como condición para poder utilizar en este estudio unos datos que se consideraban confidenciales de las empresas, los investigadores no podían revelar determinados datos concretos ni los nombres de las empresas propietarias de los datos.

Conocimientos económicos requeridos

Para llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza, era preciso poseer experiencia en tres ámbitos: (1) familiaridad con el tipo de información meteorológica que se utiliza para predecir la demanda eléctrica; (2) conocimiento del sector de producción de energía eléctrica; y (3) conocimientos generales sobre los aspectos económicos del valor de la información.

Estudio monográfico 3: Los sistemas de vigilancia y alerta de calor permiten salvar vidas; cálculo de los costes y beneficios para Filadelfia en 1995-98

Referencia: Ebi, K.L., T.J. Teisberg, L.S. Kalkstein, L. Robinson, and R. Weiher, 2004: Heat watch/warning systems save lives: Estimating costs and benefits for Philadelphia 1995–98. *B. Am. Meteorol. Soc.* Agosto, 1067–1073.

Resumen

En este estudio se analizan los datos de mortalidad registrados en la ciudad de Filadelfia durante las olas de calor ocurridas entre 1995 y 1998. El estudio reveló que la mortalidad fue menor cuando las autoridades emitieron una alerta de ola de calor y adoptaron medidas para mitigar los efectos del calor extremo. Según los cálculos del estudio, durante ese periodo de 4 años se evitaron 117 muertes prematuras como consecuencia del calor gracias a las alertas de calor emitidas y las medidas adoptadas al respecto. Se calcula que el beneficio económico derivado de evitar esas muertes alcanzó los 468 millones de dólares durante los 4 años, lo que supera con mucho el módico coste de las medidas introducidas.

Cuando Filadelfia registró una grave ola de calor en 1993, la Oficina Forense determinó que al menos se habían producido 118 muertes como consecuencia de ella. En 1995 Filadelfia empezó a aplicar un sistema de vigilancia y alerta de calor para avisar a los residentes de su peligrosidad y puso en marcha una serie de medidas paliativas. Debido a la forma de emisión de las alertas, no se realizaron todos los días en que se registraron condiciones potencialmente peligrosas para la salud. De resultados de ello, los datos de mortalidad de ese periodo contienen tanto los datos de los días peligrosos en que se emitieron alertas de ola de calor, como de los días peligrosos en que no se emitió ninguna alerta. Eso permite analizar esos días peligrosos mediante una serie de herramientas estadísticas para determinar si las alertas afectaron a la mortalidad observada.

En este análisis estadístico, los investigadores utilizaron los datos de mortalidad correspondientes a las personas de más de 65 años durante un total de 210 días de riesgo potencial por el calor (incluidos los 3 días posteriores a cada episodio de calor para tener en cuenta el lapso existente entre un episodio de calor y la mortalidad resultante). En ese intervalo de tiempo, hubo 21 días en los que se emitió una alerta de ola de calor y 45 días (incluidos los 3 días de margen) en que las alertas pueden haber reducido la mortalidad. Los análisis estadísticos revelaron que dos de las variables estaban muy correlacionadas con los datos de mortalidad correspondientes a ese conjunto de datos. Una era el momento de producirse la ola de calor dentro de la estación estival (cuanto antes se presente la ola de calor durante la estación, mayor es su peligrosidad, ya que las personas todavía no se han aclimatado al calor), y la otra era si se había emitido o no la alerta de ola de calor. El coeficiente de la variable de alerta de ola de calor indicaba que las alertas tendían a reducir la mortalidad en 2,6 vidas cada día en que se mantenía en vigor la alerta de ola de calor (incluidos los 3 días posteriores a la finalización de la ola de calor). La probabilidad de que un resultado estadístico tan categórico sea producto de la casualidad y, por tanto, de que el efecto de las alertas sea nulo, es del 8%. Ese porcentaje es superior al límite convencional del 5% que permite declarar que un resultado es estadísticamente significativo. Ebi et al. argumentan, no obstante, que se trata de una situación en la que los beneficios potenciales de las alertas superan tan holgadamente su coste, que la conveniencia de los sistemas de alerta está garantizada a

menos que se publiquen datos estadísticos que indiquen claramente que las alertas no reducen la mortalidad.

En el estudio se revisaron otros trabajos publicados sobre lo que la gente está dispuesta a pagar para evitar el riesgo de morir, y cómo varía esa DAP a medida que aumenta la edad de las personas o su salud empeora. A partir de esa labor de revisión, los investigadores llegaron a la conclusión de que el coste de esas muertes prematuras en el segmento de las personas mayores de 65 años debía ser de 4 millones de dólares por difunto, por lo que el ahorro derivado de evitar esas 117 muertes prematuras relacionadas con el calor es de 468 millones de dólares.

Cuando se declara una alerta en Filadelfia, las autoridades municipales ponen en marcha diversas medidas paliativas. Estas abarcan desde la realización de anuncios públicos en televisión, radio y prensa, que aumentan la concienciación del público sobre la peligrosidad del calor y sugieren varias formas de protegerse de él, hasta el incremento de la dotación de personal de los servicios médicos de urgencia para que puedan responder mejor a los problemas médicos relacionados con el calor. Muchas de estas medidas no tienen un coste directo, y se calcula que en el caso de las demás el coste es de 10.000 dólares al día, lo que supone un coste total de 210.000 dólares durante los días en que se ha mantenido una alerta de ola de calor a lo largo del periodo estudiado. Si se compara esta cifra con los 468 millones de dólares de ahorro del sistema, se comprueba que su coste es tan pequeño que resulta despreciable.

Metodología aplicada

Estos investigadores recurrieron a la utilización de una serie de métodos de análisis de datos, que pueden aplicarse cuando hay un conjunto de datos que da lugar a una serie de consecuencias importantes en presencia o en ausencia de un factor de interés determinado. En este caso, el factor de interés fueron las alertas, y debido a la forma de adoptarse las decisiones de declarar las alertas, estas se emitieron en algunos casos, pero no en otros, durante los periodos caracterizados por la existencia de un calor potencialmente peligroso. Eso permite a los analistas examinar dichos datos para comprobar si el factor de interés (la emisión de alertas, en este caso) ha tenido algún efecto en las consecuencias medidas.

Recursos utilizados

Los datos de este estudio ya se habían recogido e introducido en una hoja de cálculo antes de comenzar el estudio. El estudio implicaba el desarrollo de un plan de análisis de los datos, la ejecución del análisis propiamente dicho, la presentación de los resultados en un artículo, y el seguimiento del artículo durante el proceso de verificación del mismo de cara a su publicación en una revista con sistema de revisión por pares. Este proceso duró 2 años y medio.

La planificación y ejecución del análisis de datos y la redacción de los resultados requirió unas 340 horas de trabajo por parte de un economista profesional, y tuvo un coste aproximado de 42.000 dólares. El responsable del estudio dedicó bastante tiempo a gestionar el proyecto y a realizar su contribución al artículo (tanto labor de redacción como de edición), y menos tiempo a la planificación y supervisión de las contribuciones de otros participantes en el estudio, algunos de los cuales pueden haber recibido una remuneración por su asesoramiento especializado.

Datos requeridos

Los datos han sido un elemento de importancia fundamental en este estudio. Uno de los coautores (L. Kalkstein) había trabajado en la gestión de riesgos sanitarios

relacionados con el calor y en sistemas de mitigación del calor (incluido el sistema de Filadelfia) a lo largo de muchos años. Durante el desarrollo de este trabajo, recopiló los datos que se emplearon en el estudio.

Conocimientos económicos requeridos

Para llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza, era preciso poseer experiencia en dos ámbitos económicos: (1) conocimientos sobre la aplicación de técnicas estadísticas y (2) familiaridad con la documentación publicada sobre el valor asociado a la reducción del riesgo de mortalidad.

Estudio monográfico 4: Valor económico de los informes meteorológicos actuales y mejorados para el sector doméstico de EE.UU.

Referencia: Lazo, J.K., and L. Chestnut, 2002: *Economic Value of Current and Improved Weather Forecasts in the U.S. Household Sector*. Boulder, CO: Stratus Consulting.

Resumen

En este estudio se ha empleado la metodología de los sondeos de opinión, dado que se plantearon diversas preguntas a los participantes en el estudio con el fin de conocer el valor que asignan a los informes meteorológicos que utilizan o a la posible mejora de dichos informes. El estudio calcula que el valor total de los actuales informes meteorológicos para los hogares estadounidenses es de 109 dólares al año por hogar, lo que supone un total de 11.400 millones de dólares para el conjunto de Estados Unidos. El cálculo del valor de la introducción de un conjunto de posibles mejoras en los informes meteorológicos actuales es de unos 16 dólares por hogar al año, lo que representa un total de 1.730 millones de dólares a escala nacional.

Los resultados del sondeo muestran que los aspectos más valorados por los encuestados eran los siguientes: (1) la mejora de la precisión de los pronósticos diarios, seguida (en orden descendiente de importancia) por (2) la mejora de la precisión de las previsiones correspondientes a varios días, (3) el aumento de la segmentación geográfica, y (4) el incremento de la frecuencia de emisión de las previsiones.

El proceso de diseño de las preguntas utilizadas en este estudio comenzó con una fase de reuniones de grupo. A continuación, los investigadores diseñaron, probaron y depuraron un instrumento de sondeo inicial durante una serie de sesiones de entrevistas personales. Durante estas sesiones, los entrevistadores acompañaron a los entrevistados durante la realización de la encuesta. Los entrevistados expresaron verbalmente sus opiniones mientras iban contestando las preguntas, lo que permitió saber si entendían las preguntas de la encuesta, cómo las interpretaban y cómo podían mejorarse.

A continuación, 84 personas realizaron una encuesta piloto en el mismo lugar. En esta fase, se pidió a varios expertos independientes en la realización de sondeos de opinión que evaluaran la encuesta y los resultados del estudio piloto, y propusieran otras mejoras adicionales. Por último, se puso nuevamente a prueba el instrumento de sondeo en fase de desarrollo en una zona distinta del país para comprobar si había algún aspecto de carácter local que era preciso tener en cuenta.

Se entregó la encuesta definitiva a varios grupos de personas situadas en nueve ciudades de Estados Unidos. Cada una de esas ciudades pertenecía a una de las nueve regiones del Centro Nacional de Datos Climáticos para realizar un muestreo por varias regiones geográficas con distinto tipo de meteorología. Dentro de cada región geográfica, la elección de la ubicación concreta del estudio se hizo de forma que el muestreo abarcara distintos estratos sociales, económicos y demográficos.

Se convocó a los participantes a realizar la encuesta en una sede central situado a un máximo de entre 7 y 10 millas de su hogar. La elección de los participantes en la encuesta comenzó con la realización de llamadas aleatorias a una serie de números de teléfono pertenecientes a cada una de las ciudades seleccionadas para la encuesta. Se llamó a unos 1.500 números en cada localidad. Muchos de esos números no dieron respuesta (por ser números de fax o números desconectados), y muchas personas rehusaron participar en el estudio, lo cual es un hecho habitual. Al final, unas 40 personas fueron seleccionadas para realizar la encuesta en nueve lugares distintos. La

realización de la encuesta tuvo una duración comprendida entre 30 minutos y 1 hora en la mayoría de los casos, y se pagó 40 dólares a cada participante por el tiempo dedicado.

Los resultados de la encuesta indican que la valoración de un conjunto de posibles mejoras en los informes meteorológicos por parte de un hogar depende de las características sociales, económicas y demográficas del mismo, como son sus ingresos, su nivel educativo y el tiempo que sus pasa al aire libre ya sea por motivos laborales o de ocio. Los participantes valoraron especialmente el aumento de la precisión de las previsiones diarias. El aumento de la frecuencia de las previsiones recibió una valoración relativamente baja, aunque puede deberse a que la encuesta se centraba en las previsiones meteorológicas diarias, no en momentos de mal tiempo, donde la frecuencia de actualización puede tener una importancia decisiva. También se preguntó a los participantes en la encuesta si creen que está justificado el coste que tienen, en concepto de impuestos, los servicios meteorológicos que reciben ahora. El cálculo del valor que asignaban a los actuales servicios de predicción meteorológica fue posible mediante la variación de la cantidad que se indicó a los participantes que pagaban en concepto de impuestos. Eso incluye todos los servicios de predicción que utiliza la gente, ya sea de forma directa o indirecta, como los pronósticos meteorológicos diarios, las alertas por mal tiempo, y los informes meteorológicos marítimos y de aviación. Además, la asignación del valor es la misma tanto si los servicios de predicción son públicos como de carácter privado (un canal de televisión dedicado al tiempo, por ejemplo).

Metodología aplicada

En este estudio se utilizaron diversos métodos de sondeo, que implicaron la formulación de una serie de preguntas minuciosamente preparadas a un conjunto de personas seleccionadas con mucho cuidado, con el fin de extraer de ellas el valor que esas personas asignan a las previsiones meteorológicas. Las cuestiones planteadas fueron de dos tipos: elección de una respuesta o elección de un valor. En la modalidad de elección de una respuesta, se pedía que escogieran cuál de las alternativas planteadas era más de su agrado. En la modalidad de elección de un valor, se preguntaba a los participantes cuánto estarían dispuestos a pagar por cada una de las alternativas formuladas. A continuación se llevó a cabo un estudio econométrico para analizar los datos y derivar el valor estimado.

Recursos utilizados

Los investigadores de Stratus Consulting, con sede en Boulder (Colorado), llevaron a cabo este estudio a lo largo de varias etapas de diseño del sondeo de opinión, comprobación y revisión del mismo, recopilación de los datos básicos, introducción de datos, análisis de datos y elaboración del modelo econométrico, y confección de informes. Otros recursos utilizados fueron el asesoramiento de expertos en el diseño de encuestas y la utilización de entidades comerciales de estudios de mercado para la selección de participantes y la recogida de datos. El coste total aproximado de este estudio durante un periodo de 3 años (incluidos los costes de personal, el diseño y la ejecución de la encuesta, junto con la subcontratación de expertos en meteorología) fue cercano a los 400.000 dólares. El instrumento de sondeo desarrollado en este estudio podría adaptarse a otros trabajos similares, lo que ofrecería un ahorro de costes considerable en futuros estudios sobre el valor de la información meteorológica para los hogares.

Datos requeridos

Esta investigación puede describirse como una recopilación de datos fundamentales, aunque el Centro Nacional de Datos Climáticos aportó una pequeña parte de los datos meteorológicos de que dispone.

Conocimientos económicos requeridos

Para abordar un proyecto de esta naturaleza, era preciso poseer experiencia en tres ámbitos económicos: (1) conocimientos sobre el diseño de encuestas para extraer datos valorativos, (2) experiencia en la realización de análisis estadísticos de los resultados de las encuestas, y (3) conocimientos generales sobre las características de las previsiones meteorológicas y su poder predictivo.

Estudio monográfico 5: Análisis de los beneficios del sistema informático de alto rendimiento de la NOAA en sus actividades de investigación

Referencia: Lazo, J.K., M.L. Hagenstad, K.P. Cooney, J.L. Henderson and J.S. Rice, 2003: *Benefit Analysis for NOAA High Performance Computing System for Research Applications*. Boulder, CO: Stratus Consulting.

Resumen

En este estudio se han calculado los beneficios derivados de la adquisición de nuevos superordenadores para llevar a cabo estudios que aporten mejoras en la predicción del NWS, así como otra serie de programas. Los investigadores revisaron los trabajos previos realizados para calcular los beneficios de los informes meteorológicos, y especialmente los que aporta la introducción de mejoras en dichos informes. En gran parte, la finalidad de esa revisión es identificar qué tipo de ventajas entraña el uso de sistemas más grandes o fáciles de manejar (o ambas cosas), dado que son las ventajas clave que hay que analizar para evaluar los beneficios derivados de la adquisición de superordenadores.

Por motivos de disponibilidad de los datos, los investigadores se centraron principalmente en los beneficios asociados a los informes meteorológicos diarios para el sector doméstico; sin embargo, también calcularon los beneficios que comporta su uso en diversos sectores agrícolas (huertos, alfalfa y trigo de invierno), así como los derivados de la prevención de los desastres provocados por el mal tiempo. El estudio concluye que la incorporación de superordenadores generaría unos beneficios con un VA de 69 millones de dólares en el sector doméstico, de 26 millones de dólares en los sectores agrícolas analizados, y de 21 millones de dólares por la prevención de los desastres provocados por el mal tiempo.

Los beneficios asociados al uso de superordenadores son intrínsecamente difíciles de evaluar, ya que estos ordenadores se emplean en programas de investigación diseñados para generar mejores sistemas de predicción meteorológica. Por su naturaleza, los trabajos de investigación de campo son eventos puntuales, por lo que no puede existir ningún registro histórico que permita predecir el resultado de un programa de investigación antes de llevarlo a cabo. Y dado que las actividades de investigación no dependen sólo del aprovechamiento de la capacidad de los superordenadores, sino que en ellas intervienen muchos otros factores, no es fácil discernir la contribución específica de los superordenadores. Estas consideraciones hacen que sea más difícil evaluar los beneficios asociados al uso de superordenadores en el ámbito de la investigación, que los derivados de la creación y el manejo de los informes meteorológicos diario por un conjunto de personas y empresas claramente definido.

Para resolver esa dificultad, los investigadores adoptaron un enfoque diferente hacia este problema. Realizaron una serie de entrevistas al personal de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) de EE.UU. para obtener una evaluación subjetiva de la importancia relativa derivada del uso de los superordenadores en los programas de investigación. Este ciclo de entrevistas permitió evaluar en un 5% el aumento del rendimiento total de las actividades de investigación derivado del uso de superordenadores. Acto seguido, los investigadores calcularon subjetivamente el grado de aumento de la calidad de los informes meteorológicos asociado a dichas actividades de investigación, y llegaron a la conclusión de que la mejora de la precisión de dichos informes podía estimarse entre un 2,5% y un 10%, con un valor de referencia del 4,5%.

A continuación, los investigadores recurrieron a su revisión previa de la documentación existente al respecto para obtener una estimación de los beneficios económicos que comporta la mejora de la precisión de los informes meteorológicos. En el sector de hogares, un estudio anterior (Lazo y Chestnut 2002, estudio monográfico 2) contiene un cálculo muy útil de la DAP de los hogares por el aumento de la precisión de los informes meteorológicos actuales hasta un nivel de precisión (casi) perfecto. Tras realizar una serie de suposiciones adicionales sobre el plazo de tiempo que requeriría conseguir ese aumento de la precisión de los informes y sobre el tipo de descuento, los investigadores calcularon el VA en 69 millones de dólares. Análogamente, en el caso de los cultivos considerados, los autores utilizaron los cálculos actuales de los beneficios derivados del uso de unas previsiones meteorológicas perfectas para obtener un VA estimado en 26 millones de dólares.

En lo que respecta a los desastres provocados por el mal tiempo, no se ha publicado ningún cálculo de la reducción de las pérdidas que podría ir asociada a la mejora de las previsiones meteorológicas. Por eso, los investigadores adoptaron un enfoque ilustrativo hacia este elemento de estudio. Para poder tener una idea aproximada de la cuantía de los beneficios obtenidos, el estudio supone que la mejora de las previsiones meteorológicas conseguida mediante el uso de superordenadores podría reducir las pérdidas relacionadas con el mal tiempo en un 10%. Mediante la aplicación de las mismas suposiciones que en el caso de los hogares y los tres sectores agrícolas analizados, los autores obtuvieron una estimación del VA de 26 millones de dólares.

Metodología aplicada

En este estudio se ha recurrido a la revisión del material publicado y a las evaluaciones subjetivas para completar los datos esenciales que faltaban. La revisión del material publicado permitió determinar los tipos de beneficios más importantes que debían tenerse en cuenta e identificar las estimaciones que podían utilizarse en el estudio. Las evaluaciones subjetivas llevadas a cabo por una serie de expertos cualificados se emplearon para obtener ciertos datos esenciales que no estaban disponibles en el material publicado y que, en algunos casos, no pueden obtenerse por métodos analíticos.

Recursos utilizados

Este estudio se ha podido elaborar a partir de otros trabajos anteriores, lo que ha permitido reducir considerablemente los recursos necesarios para su confección. A partir de dichos trabajos anteriores, los investigadores pudieron calcular los beneficios derivados de la introducción de mejoras en las previsiones meteorológicas actuales para el sector doméstico en EE.UU. y del uso de informes meteorológicos (casi) perfectos en determinadas actividades agrícolas, junto a la reducción de las pérdidas totales relacionadas con el mal tiempo en Estados Unidos. El coste total de este estudio, que tuvo una duración de 3 meses, fue de unos 24.000 dólares. Esa cifra no incluye el coste del tiempo dedicado por los expertos de la NOAA a la realización de las entrevistas.

Datos requeridos

Este estudio ha requerido el manejo de datos relativos a la contribución de los superordenadores en las actividades de investigación del NOAA, la contribución de la investigación a la mejora de las previsiones meteorológicas, y los beneficios derivados de la utilización de informes meteorológicos mejorados para las personas y empresas que hacen uso de ellos. Algunos de esos datos ya estaban disponibles en el material

publicado, y otra parte de la información tuvo que ser generada durante el desarrollo del estudio.

Conocimientos económicos requeridos

Para afrontar un proyecto de esta naturaleza, era preciso poseer una serie de conocimientos esenciales, como los procedimientos de cálculo de los beneficios, además de estar familiarizado con el material publicado sobre la estimación de beneficios. Asimismo, se requería tener experiencia en la obtención de opiniones bien informadas de un grupo de expertos.

Referencias

- Baumol, P., and A. Blinder, 2000: *Economics, Principles and Policy*. Nueva York: Harcourt Colleges Publishers.
- Desvousges, W.H., M.C. Naughton, and G.R. Parsons, 1992: Benefit transfer: Conceptual problems in estimating water quality benefits using existing studies. *Water Resour. Res.* 28, 3, 675–683.
- Doering, Otto C., III, 2007: The Political Economy of Public Goods; Why Economists Should Care. Presented as the Presidential Address at the AAEA Annual Meeting. Portland, Oregón, 30 de julio.
- Ebi, K.L., T.J. Teisberg, L.S. Kalkstein, L. Robinson, and R. Weiher, 2004: Heat watch/warning systems save lives: Estimating costs and benefits for Philadelphia 1995–98. *B. Am. Meteorol. Soc.* Agosto, 1067–1073.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2000: *Guidelines for Preparing Economic Analyses*. EPA 240-R-00-003. Washington, DC: EPA.
- Hobbs, B. F., et al., 1999: Analysis of the value for unit commitment decisions of improved load forecasts. *IEEE T. Power Syst.* 14, 4, 1342–1348.
- Khotanzad, A., et al., 1995: An adaptive modular artificial neural network hourly load forecaster and its implementation in electric utilities. *IEEE T. Power Syst.* 10, 3, 1716–1722.
- Larsen, P.H., M. Lawson, J.K. Lazo, and D.M. Waldman. 2007: *Sensitivity of the US Economy to Weather*. Boulder, CO: NCAR.
- Lazo, J.K., and L. Chestnut, 2002: *Economic Value of Current and Improved Weather Forecasts in the U.S. Household Sector*. Boulder, CO: Stratus Consulting.
- Lazo, J.K., M.L. Hagenstad, K.P. Cooney, J.L. Henderson and J.S. Rice, 2003: *Benefit Analysis for NOAA High Performance Computing System for Research Applications*. Boulder, CO: Stratus Consulting.
- Nicholson, W., 1992: *Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions*. Orlando, FL: The Dryden Press.
- OMB (Office of Management and Budget), 1992: *Guidelines and Discount Rates for Cost Benefit Analyses of Federal Programs*. Circular Number A-94, Appendix C. Washington, DC: OMB.
- Raucher, et al., 2007: *Establishing a Benefit-Cost Framework for Evaluating Biosolids Management Options*. Alexandria, VA: Water Environment Research Foundation (WERF).
- Teisberg, T.J., R.F. Weiher, and A. Khotanzad, 2005: The economic value of temperature forecasts in electricity generation. *B. Am. Meteorol. Soc.* 86, 12, 1765–1771.
- Zillman, J.W., 2005: Economic Aspects of Meteorological Services. Paper prepared for the Bureau of Meteorology, WMO Workshop on Public Weather Services, Melbourne, Australia, 23–27 de mayo.