

En el hemisferio sur el comportamiento del agujero de ozono fue más raro. Ya a principios de agosto se observó sobre el Antártico una zona excepcionalmente grande de temperaturas estratosféricas muy bajas —tan bajas como  $-93^{\circ}\text{C}$ —. A primeros de septiembre, el agujero de ozono era el más grande registrado, y a finales de septiembre y comienzos de octubre era también el más intenso, con pérdidas de ozono atmosférico total superiores al 50 por ciento con respecto a los días anteriores al agujero, en la mayor parte de la zona. Sin embargo, a finales de octubre, el agujero de ozono se había disipado rápidamente y se convirtió en uno de los más pequeños y más débiles de la década pasada.

### Hielo marino

La zona de océano cubierto por hielo marino se observa principalmente mediante satélite y esto limita la longitud de los registros de la extensión del hielo marino tanto en el Ártico como en el Antártico. Los cerca de 30 años de datos de satélite, y las medidas directas más antiguas desde localidades específicas, indican una importante variabilidad interanual de la ex-

WMO STATEMENT ON THE STATUS OF THE GLOBAL CLIMATE IN 2000



La Declaración de la OMM sobre el Estado del clima mundial en 2000, un folleto a color de 12 páginas, está disponible ahora (OMM-Nº 920) en la Secretaría. También se puede conseguir en formato PDF en "Hot topics" de la página de la OMM.

tensión y de las características del hielo marino. Sobre todo, ha habido una disminución de la extensión del hielo marino ártico de casi el 3 por ciento por década desde los años 70. Las aguas del Ártico se encuentran cubiertas por una capa de hielo esencialmente sólido a lo largo del invierno y el hielo empieza a romperse en julio. Algunas zonas costeras se ven prácticamente libres de hielo durante agosto y septiembre y el movimiento constante del bloque de hielo hace que se abra y se cierre aleatoriamente. La observación del agua en el Polo Norte durante el verano de 2000, aunque sea extraña, no evidencia por sí misma un calentamiento mundial. De todas formas, es consistente con las tendencias y con las observaciones regionales del calentamiento local (p. ej.  $1,3^{\circ}\text{C}$  de aumento durante las tres últimas décadas en Resolute, en Canadá) y con las observaciones submarinas de la reducción del grosor del hielo.

La extensión del hielo marino en el Ártico en 2000 estuvo por debajo de la media de períodos largos durante el año, aunque en el Antártico los valores estuvieron ligeramente por encima de la media de períodos largos durante la mayor parte del año.

## Marco económico para la provisión de servicios meteorológicos

Por J. W. ZILLMAN<sup>1</sup> y J. W. FREEBAIRN<sup>2</sup>

### Introducción

Se ha descrito el papel de los servicios meteorológicos y afines, en apoyo de la seguridad, de la preservación y del bienestar general de la sociedad, en la contribución al aumento de la prosperidad económica de los individuos, empresas, industrias y naciones y en el suministro de una base científica más informada para la protección de la calidad del entorno natural, en una

amplia serie de publicaciones a lo largo del siglo XX (por ejemplo: Moore, 1910; Brunt 1928; Berry, Bolla y Beers, 1945; *Meteorological Office*, 1967; Maunder, 1970, 1986; Taylor, 1972; Houghton, 1985; WMO, 1993; Harris, 1995; Cartwright y Sprinkle, 1995; Munn y otros; 1996; Katz y Murphy, 1997; Burroughs, 1997; Stern y Easterling, 1999; McBean, 2000) y es reconocido y entendido, en grados variables, por la mayoría de los miembros de la comunidad, tanto en los países en vías de desarrollo como en el mundo industrializado. El papel especial desempeñado por los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) de los 185 Estados y Territorios Miembros de la OMM, y sus relaciones con

<sup>1</sup> Oficina Meteorológica de la Commonwealth, Melbourne, Australia

<sup>2</sup> Departamento de Economía de la Universidad de Melbourne, Melbourne, Australia

otros proveedores de servicios y con las comunidades de investigación académica y de enseñanza, ha sido resumido recientemente por Zillman (1999).

Históricamente, la disponibilidad de al menos un mínimo nivel de servicios meteorológicos del estado se ha visto como una necesidad básica y correcta de la comunidad, cuya satisfacción justifica evidentemente un nivel significativo de gasto gubernamental. En los últimos tiempos, sin embargo, el gran aumento de la presión sobre los gastos públicos en la mayoría de los países se ha extendido a los servicios meteorológicos públicos y los gobiernos han empezado a buscar mecanismos de suministro alternativos y nuevas fuentes de financiación para reemplazar o complementar la largamente establecida financiación de los contribuyentes de sus SMN (WMO, 1999(a)).

La presión para la generación de ingresos y la extensión de las fuerzas de mercado en la provisión de servicios meteorológicos, en los que la tradición de cooperación internacional y mutua asistencia entre los SMN de financiación pública ha proporcionado durante mucho tiempo la base para un sistema internacional altamente eficiente de recogida e intercambio de datos meteorológicos, mediante la Vigilancia Meteorológica Mundial, ha introducido diversas nuevas fuentes de tensión e inestabilidad en la meteorología internacional (Bautista Pérez, 1996; WMO, 1996). La preocupación por los potenciales impactos de estos desarrollos llevaron a los Miembros de la OMM a realizar la Declaración de Ginebra del Decimotercer Congreso Meteorológico Mundial (WMO, 1999(b)).

Estas presiones han aumentado, a su vez, la necesidad de un marco económico, más riguroso y más ampliamente comprendido, a través del que evaluar los beneficios y cumplir con los costes de la provisión de los servicios meteorológicos a escala nacional. Últimamente se han intentado elaborar los elementos de un marco para la evaluación de los beneficios económicos, tanto de los servicios meteorológicos básicos

como de los especializados (Freebairn y Zillman, 2001(a)), y para el establecimiento de la base económica para su financiación y tasación (Freebairn y Zillman, 2001(b)). El propósito de este artículo es perfilar las características esenciales de este marco y resumir nuestras conclusiones clave como introducción y guía para artículos más detallados.

## El sistema de servicios meteorológicos nacionales

En su forma conceptual más generalizada, el sistema de servicios meteorológicos nacionales que opera en la mayoría de los países puede representarse, como muestra la Figura 1, en términos de:

- infraestructura, datos y productos básicos: la recogida de datos básicos y la infraestructura de procesamiento que mantiene la provisión de la gama completa de servicios (y puede ser reconocida por sí misma como la provisión de un servicio básico para la generación presente y las futuras);
- servicio básico: aquellos servicios proporcionados por un SMN en la ejecución de las responsabilidades soberanas de su gobierno para proteger las vidas y bienes de sus ciudadanos, para contribuir a su prosperidad general y a la cal-

*Este artículo perfila los elementos de un marco económico para estimar los beneficios de los servicios meteorológicos y afines, de cara a la evaluación de las opciones para su financiación y tasación. Las propiedades no competitiva y no excluible de la mayoría de la infraestructura meteorológica y de los servicios públicos, los identifica como bienes públicos clásicos, cuyos beneficios para la sociedad se maximizan cuanto más ampliamente se consumen. La financiación gubernamental directa y la provisión gratuita a todos están favorecidas, maximizándose su contribución a la prosperidad nacional en el punto en el que los beneficios marginales sociales igualan a los costes marginales sociales. Los servicios especiales de valor añadido, para uso por individuos o por pequeños grupos de usuarios especializados, tienen propiedades de bienes privados o mixtos, aumentando su beneficio para sólo un número limitado de personas y financiándose apropiadamente por las tarifas de los usuarios. Dependiendo de las estructuras institucionales adoptadas, existen opciones para la valoración de estos servicios especiales ligeramente por encima del coste marginal.*

lidad de su entorno, y para cumplir con sus obligaciones internacionales según el convenio de la Organización Meteorológica Mundial y otros acuerdos internacionales relevantes.

- servicios especiales: aquellos servicios más allá del servicio básico que pueden incluir la provisión de datos y productos especiales, su interpretación, distribución y difusión, y consejo consultivo.

Se ha aceptado durante mucho tiempo que la provisión de infraestructura, datos y productos meteorológicos nacionales básicos (representados habitual-

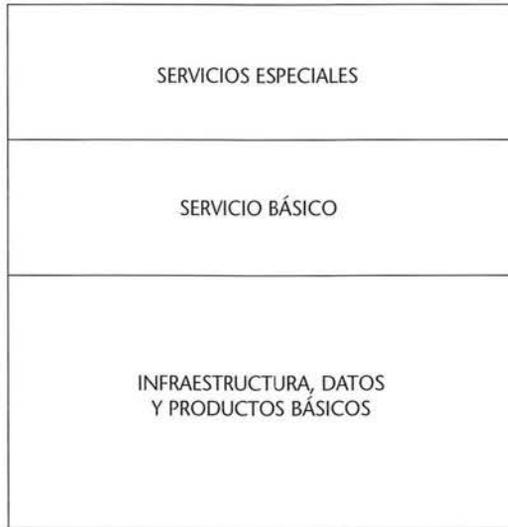


Figura 1 — Representación esquemática de los componentes esenciales de un sistema nacional para la provisión de servicios meteorológicos. La infraestructura, datos y productos básicos (a veces representados como «sistemas básicos») mantienen la provisión tanto del servicio básico a toda la comunidad como de los servicios de valor añadido especial para usuarios individuales.

mente como “sistemas básicos”) es una responsabilidad del gobierno. Habría muy poco que ganar y se incurriría en muchos costes y confusión adicionales mediante el establecimiento de redes duplicadas y competitivas de observación y comunicación; y los datos de las redes básicas pueden utilizarse por parte de toda una amplia gama de proveedores de servicios sin reducir su valor para los demás.

El servicio meteorológico y climático básico para toda la comunidad (el “servicio básico” (WMO, 1990(a)), a veces representado también como el “servicio meteorológico nacional”) se pone a disposición de todo el público habitualmente mediante los medios de comunicación. Puede incluir una serie de servicios dirigidos hacia las necesidades de sectores mayoritarios de la comunidad, tales como granjeros, pesca, navegación, etc.

La tercera categoría de actividades mostrada en la Figura 1 es lo que se ha definido por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1990(a)) como servicios meteorológicos especiales, constituidos por aquellos servicios, además del servicio básico disponible gratuitamente, que se proporcionan para cumplir las necesidades de decisión con fines particulares y especiales de individuos o sectores de usuarios identificables mayoritarios. Los ejemplos incluyen los servicios meteorológicos adaptados a las necesidades de los prospectores de petróleo y gas en alta mar y los servicios meteorológicos de aviación adaptados para cumplir las necesidades de una operación segura, regular y económica en el sector de la aviación.

## Caracterización económica de los servicios meteorológicos

Aunque la formulación de la política pública sobre la provisión de servicios meteorológicos se ha basado históricamente en consideraciones sociales (especialmente las relacionadas con la seguridad de las vidas y bienes) más que en consideraciones económicas, la información meteorológica y la provisión de servicios se han convertido en materias cada vez más tratables mediante la disciplina y técnicas del análisis económico, especialmente después de la introducción del concepto de bienes públicos (Samuelson, 1954) y del desarrollo de un cuerpo integral de bibliografía sobre la teoría del gasto público, economía del sector público y el papel del gobierno en la era digital (por ejemplo, Heald, 1983; Musgrave y Musgrave, 1991; Bailey, 1995; Cornes y Sandler, 1996; Stiglitz, 2000; Stiglitz y otros, 2000).

Dentro de este marco, y al igual que para otros bienes y servicios económicos, la evaluación de los beneficios de los servicios meteorológicos, la identificación de las opciones apropiadas para su financiación y tasación, y el logro de una asignación eficiente de los escasos recursos a las diferentes categorías de servicio, dependen considerablemente de las propiedades de competitividad y exclusión de los diferentes servicios como se resume esquemáticamente en la Figura 2.

Buena parte de la información meteorológica, como la información en general, tiene la propiedad de consumo no competitivo. El uso de esta información (por ejemplo, una predicción meteorológica general para el día siguiente o un aviso de un temporal que se

COMPETENCIA DE CONSUMO	NO COMPETITIVO	BIENES MIXTOS	BIENES PÚBLICOS
	COMPETITIVO	BIENES PRIVADOS	BIENES MIXTOS
		BAJO	ALTO
		COSTES DE EXCLUSIÓN	

Figura 2 — Marco económico para la categorización de los servicios meteorológicos según la competencia de consumo y los costes de exclusión. Según Samuelson (1954), un bien puramente público es aquel que exhibe tanto: no competencia de consumo (el consumo de una persona no reduce la cantidad disponible para las demás) y no exclusión (es imposible o extremadamente caro excluir del beneficio a una persona que se niega a contribuir al coste)

aproxima) por parte de un responsable de decisiones (que decide, por ejemplo, si se debe regar una cosecha o poner el coche a cubierto) no reduce su disponibilidad para los demás. En efecto, una vez se produce dicha información y se pone a disposición de un usuario, el coste marginal de cumplir las necesidades de los demás usuarios es cero, o casi cero. Muchos de dichos servicios se caracterizan también por los altos costes de exclusión. Una vez que la información está disponible (por ejemplo, mediante una emisora de radio), lo está para todos y sería imposible, o muy costoso, excluir a usuarios potenciales del acceso a la información y del uso en su propio beneficio. El consumo no competitivo y los altos costes de exclusión implican que muchos servicios meteorológicos son bienes públicos clásicos, cuya provisión está ampliamente aceptada como responsabilidad de los gobiernos (Heilbroner y Thurow, 1994; Cornes y Sandler, 1996).

Muchos servicios meteorológicos de valor añadido (tales como predicciones de precipitaciones locales para los recolectores de heno, o predicciones de las condiciones de vuelo para aviones particulares) son valiosos sólo para un pequeño número de usuarios especializados fácilmente identificados. Aunque de carácter no competitivo, los costes de exclusión pueden ser bajos (la información puede proporcionarse fácilmente en formato electrónico de forma confidencial e individual). Dichos servicios meteorológicos especializados de valor añadido tienen, por tanto, propiedades de bien mixto de consumo no competitivo y bajos costes de exclusión. Cuando el usuario especializado es efectivamente una sola entidad, bien literalmente bien como resultado de la combinación en un pequeño grupo de usuarios como un club, entonces el servicio meteorológico de valor añadido puede analizarse como un bien privado con propiedades de competencia y exclusión.

La extensión de la competencia y exclusión del consumo son consideraciones importantes en la determinación de la base sobre la que deben proporcionarse los diferentes servicios meteorológicos y sobre cómo deben financiarse y cobrarse. Con los bienes privados, los mercados y precios competitivos proporcionan el mecanismo de coordinación. En el caso de los bienes públicos, la inoperancia del mercado, la financiación del gobierno y la tasación cero se convierten en estrategias importantes.

### Beneficios y costes de los servicios meteorológicos

Puede formularse un modelo económico para la evaluación de los beneficios de los servicios meteorológicos (públicos o privados; y para usuarios individuales o la comunidad entera), y para la determinación de la

asignación de recursos más eficiente económicamente para su provisión, en términos de la dependencia de los beneficios y costes totales sobre el volumen de servicio, como muestra la parte superior de la Figura 3, o la dependencia de los beneficios y costes marginales sobre el volumen de servicio, como muestra la parte inferior de la Figura 3.

El volumen (o nivel) de los servicios meteorológicos puede medirse como unidades de datos históricos o actuales de precipitaciones, viento, temperatura, etc., o en términos de resolución temporal o espacial de resultados del modelo de predicción numérica, o como medidas de exactitud de la predicción y plazo de entrega o efectividad de la comunicación o adaptación a las necesidades del usuario específico o, más generalmente, como la cantidad o calidad de la información proporcionada sobre el tiempo, el clima y el estado de la atmósfera.

La función de beneficios totales (BT) proporciona una medida del aumento del bienestar de los responsables de las decisiones según utilizan más y mejor información meteorológica para hacer elecciones que conducen a evitar pérdidas y/o al logro de ganancias que, de otro modo, no habrían ocurrido. Habrá habi-

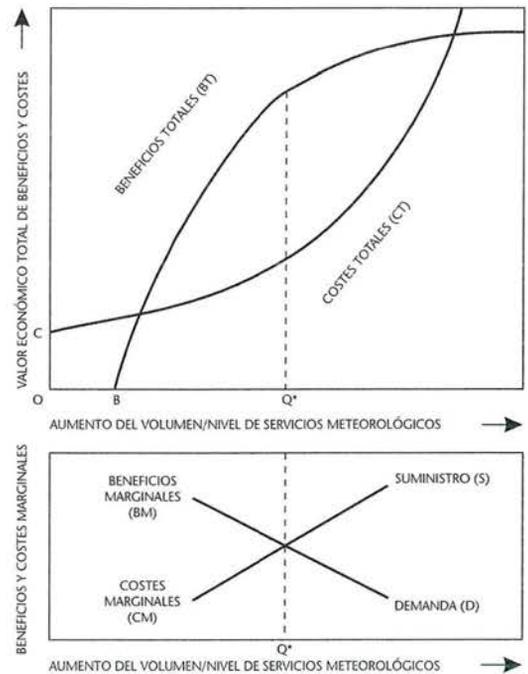


Figura 3 — Beneficios y costes totales (arriba) y marginales (abajo) de los servicios meteorológicos en función del volumen (o nivel) del servicio. La demanda de servicio meteorológico (D) está dada por la curva de beneficios marginales (BM) y el suministro (S) por la curva de costes marginales (CM). El bienestar de la sociedad está maximizado en el volumen de servicio  $Q^*$ , en el que se cruzan las curvas de demanda y de suministro. Este es también el volumen de servicio para el que es mayor el exceso de beneficios totales (BT) frente a costes totales (CT).

tualmente un volumen o nivel umbral de servicio (medido en términos de contenido, precisión, accesibilidad, credibilidad, etc., de la información), OB en la Figura 3, que debe alcanzarse antes de que los responsables de las decisiones tengan la confianza para hacer uso de la información para alterar sus decisiones sensibles al tiempo o al clima. Los beneficios totales aumentarán entonces de forma bastante brusca según la precisión y confianza en el uso del volumen creciente (cantidad y calidad) de información meteorológica proporcionen un aumento de las retribuciones. Sin embargo, la función de beneficios totales se estabilizará eventualmente según el aumento del volumen de información meteorológica conduzca a beneficios adicionales cada vez menores en términos de mejores decisiones. La función de costes totales (CT) implica un componente de coste anticipado OC (para el establecimiento de un nivel esencial mínimo de recogida de datos meteorológicos e infraestructura de procesamiento), más un componente de coste creciente según se proporciona la provisión de instalaciones de infraestructura y servicio más sofisticadas y más caras requeridas para suministrar más y mejores servicios. La función de coste total se hace convexa descendente según son necesarios más recursos para suministrar mejoras cada vez menores en el servicio.

La parte inferior de la Figura 3 muestra el modelo económico más convencional de la demanda y suministro de servicios meteorológicos. La demanda de servicios meteorológicos, D, es de hecho la curva de beneficios marginales (BM) (la derivada primera de la curva de beneficios totales inmediatamente superior). El suministro de servicios meteorológicos, S, es la curva de coste marginal (CM) (la derivada primera de la curva de coste total anterior).

La información sobre los beneficios y costes totales y marginales de la Figura 3 proporciona una base conceptual para la determinación del nivel económicamente óptimo de recursos a asignar para la producción y el uso de servicios meteorológicos. El análisis básico de suministro y demanda indica que el volumen de servicio meteorológico  $Q^*$  que maximiza el bienestar social viene dado por el volumen al que las curvas de suministro y demanda se cruzan; éste es también el volumen para el cual la diferencia entre los beneficios totales y costes totales en la parte superior de la Figura 3 es máximo. A la izquierda de  $Q^*$ , se asignan demasiados pocos recursos a la provisión de servicios meteorológicos, en el sentido de que los beneficios marginales superan a los costes marginales y pueden tenerse ganancias netas por expansión. A la derecha de  $Q^*$ , los recursos adicionales utilizados para aumentar el volumen de servicios meteorológicos

añadirá más a los costes que a los beneficios y, al hacerlo así, restará bienestar nacional global.

La decisión a la que se enfrentan los gobiernos o los compradores del sector privado de servicios meteorológicos en la identificación del nivel óptimo de inversión, se resume en el establecimiento de las curvas de beneficios y costes marginales de la Figura 3. Freebairn y Zillman (2001(a)) perfilan las metodologías disponibles para el establecimiento de la forma de la curva de beneficios marginales (BM), mientras que Freebairn y Zillman (2001(b)) examinan los temas relacionados con la determinación y cumplimiento de los costes (mediante los modelos de financiación y tasación para las diferentes categorías de servicio) implicadas en la provisión del servicio en términos de curva de coste marginal (CM).

### Evaluación de los beneficios

Los últimos cuarenta años han visto el desarrollo de un cuerpo sustancial de bibliografía sobre las metodologías para la evaluación de los beneficios, tanto de los servicios meteorológicos básicos como de los especiales, y su aplicación a una amplia gama de estudios de caso a niveles individual, empresarial, sectorial y nacional (por ejemplo, Maunder, 1970; Freebairn, 1979; Anaman y otros, 1995; Katz y Murphy, 1997). La OMM ha desempeñado un papel particularmente importante en la documentación y síntesis de los resultados de este trabajo (WMO; 1990(b); 1994).

En el procedimiento de construcción de las curvas de beneficios totales o marginales de la Figura 3 para una localidad, región o país, es esencial tener en cuenta una diferencia muy importante entre los servicios que son de consumo competitivo y aquellos que son no competitivos. En el caso de servicios competitivos, el valor para la sociedad (o beneficio) del servicio es esencialmente su valor para el mayor postor en el mercado para el servicio. En el caso de consumo no competitivo, el valor del servicio para la sociedad es la suma de su valor para todos los usuarios individuales como muestra esquemáticamente la Figura 4.

Existen esencialmente cuatro enfoques diferentes que pueden emplearse para estimar la forma de las curvas de beneficios totales (BT) y de beneficios marginales (BM), para un usuario o grupo de usuarios particular, o para la sociedad en su conjunto. En resumen, estos son:

- *Precios de mercado.* El uso de los precios de mercado como medida de los beneficios marginales es directo para aquellos servicios especiales que se caracterizan por las cualidades de bien privado, de consumo competitivo y facilidad de exclusión. Esto es el resultado de la realidad de mercado en la cual los clientes comprarán los servicios

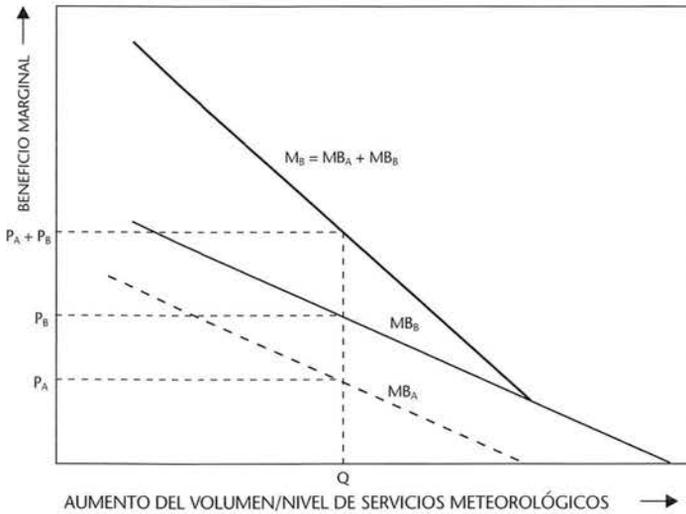


Figura 4 — Beneficios marginales de los servicios meteorológicos no competitivos en función del volumen (o nivel) del servicio. La función de beneficio marginal (obtenida, como en la Figura 3, como la derivada de la función de beneficio total) para el usuario A es  $M_{B_A}$  y para el usuario B es  $M_{B_B}$ . Para un volumen dado de servicio  $Q$ , el usuario A valora la última unidad de servicio en  $P_A$  y el usuario B la valora en  $P_B$ . El beneficio para la sociedad (constituido únicamente por los usuarios A y B en esta ilustración) se da entonces mediante la suma de  $P_A + P_B$ .

hasta un punto en el cual el valor marginal para ellos iguale al precio, y el precio y volumen registrados para una muestra de compras determinarán entonces el beneficio marginal (BM) o la curva de demanda  $D$ . La ventaja de los precios de mercado es que revelan explícitamente el valor que los usuarios ponen, y están dispuestos a pagar, por el servicio.

- *Modelos de toma de decisión normativa o prescriptiva.* Este es el enfoque más ampliamente utilizado para estimar los beneficios de los servicios meteorológicos. Los modelos formulados para los responsables de las decisiones individuales buscan identificar las retribuciones esperadas en términos de mayores beneficios, menores costes, o mayor utilidad, resultantes de decisiones directivas basadas en los diferentes volúmenes, o niveles, de información meteorológica. Los resultados de los modelos de toma de decisión individuales pueden extenderse para representar una industria, región u otro conjunto de usuarios. Pueden desarrollarse también para capturar respuestas y realimentaciones de mercado importantes. Los modelos prescriptivos tienen una serie de ventajas y desventajas. El reto más significativo es la representación realista del impacto de la información meteorológica sobre la toma de decisiones mejorada.
- *Estudios de respuesta de comportamiento descriptivos.* Estos son esencialmente complementarios de los estudios prescriptivos e implican la estimación del valor de los servicios meteorológicos a partir de la observación del comportamiento ac-

tual de los individuos, empresas y gobiernos. Incluyen encuestas de usuario a responsables de la toma de decisiones, experimentos naturales, experimentos de laboratorio potenciales y estudios de regresión. También tienen una serie de ventajas y desventajas.

- *Estudios de evaluación contingente.* El método de evaluación contingente, aunque controvertido, es útil para estimar los beneficios de servicios con fuertes características de bien público. Se les pide a los usuarios de los servicios que indiquen la suma que estarían dispuestos a pagar por un nivel determinado de servicio del bien público y se resumen los resultados para encontrar una medida de la disponibilidad de la sociedad a pagar.

Aunque los estudios de evaluación contingente deben diseñarse muy cuidadosamente, han probado ser particularmente útiles en la obtención de, al menos, la estimación del límite inferior del valor de los servicios meteorológicos públicos sobre la base de una ciudad, región o nacional.

Se han comunicado y evaluado muchos cientos de estudios individuales en la bibliografía (por ejemplo, Katz y Murphy, 1997), pero, aunque especialmente reveladores con respecto de los beneficios de las categorías particulares de servicio (por ejemplo, para usuarios del sector agrícola, aviación, suministro de energía, etc.), las conclusiones siguen siendo parciales y no existe todavía una comprensión integral de la localización o de la forma de las curvas de beneficios totales o marginales para la totalidad de los servicios meteorológicos para una nación como conjunto. En el intento de evaluar los beneficios para una economía nacional en conjunto, es importante tener en cuenta una serie de interacciones con la situación de mercado (Freebairn y Zillman, 2001(a)). Quizás lo más importante, sin embargo, en el intento de construir la curva de beneficios para una comunidad nacional entera, es el reconocimiento de que, para los servicios de bienes públicos, el beneficio del grupo será la suma de los beneficios de todos aquellos individuos de la comunidad que estén haciendo un uso beneficioso del servicio con fines de decisión. En términos de la representación esquemática de la Figura 4, la situación es que, actualmente, tenemos estimaciones del valor para sólo algunos usuarios de los servicios meteorológicos,

es decir la curva  $MB_A$ , pero no tenemos información para la curva  $MB_B$  ni, por lo tanto, para la curva de beneficios del grupo  $MB = MB_A + MB_B$ .

## Establecimiento de costes

En principio, al menos, el establecimiento de las curvas de costes totales y marginales en función del volumen, o el nivel de servicio, en la Figura 3, es más directo que para las curvas de beneficios. No sólo hay una dispersión bastante amplia de "niveles de servicio" representados entre los SMN del mundo, cuyos costes son más o menos conocidos con exactitud, sino que hay también una base de datos gradualmente acumulada que une los costes de la inversión en infraestructura (por ejemplo, en radares de seguimiento de temporales, redes mesoescalares de aeropuerto, sistemas de interpretación de señales de satélites, modelos de predicción numérica, etc.) necesaria para actualizar servicios individuales particulares (por ejemplo, avisos de fuertes temporales, detección de viento de cizalladura en aeropuertos, predicción de temperaturas máximas, seguimiento de ciclones tropicales, etc.) a niveles específicos de actuación como los indicados por calificaciones de precisión específicas del servicio, indicadores de la satisfacción de la comunidad de usuarios, etc.

En la práctica, sin embargo, la tarea está lejos de ser directa, excepto en el caso de servicios muy simples, geográficamente limitados y específicos de usuario, tales como, por ejemplo, el control de la temperatura en superficie con patrones de exactitud y fiabilidad especificados en una localización particular para alertar a la comunidad de la inminencia de la congelación del agua de las tuberías o similares. A una escala mayor, existen al menos tres impedimentos principales:

- ningún sistema de servicio meteorológico local, regional o nacional, puede operarse o evaluarse como un sistema cerrado sin asignación a alto nivel de dependencia de datos, información y transferencia de tecnología de las localidades, regiones o países adyacentes;
- los costes de mantener un volumen, o nivel específico, de servicio meteorológico para un país particular dependen considerablemente del área del país sobre la que sea necesario establecer y operar las redes de observación;
- los costes son considerablemente dependientes de la naturaleza del régimen meteorológico predominante y de los fenómenos meteorológicos y climáticos a observar, seguir y predecir.

Dada la falta, o perspectiva siquiera, de desarrollo de una sola medida global aplicable y aceptable del nivel de servicio, el establecimiento de la forma de las

curvas de costes de la Figura 3 se aproxima necesariamente sobre un caso de estudio con base práctica y como una ayuda, más que como cualquier forma sustitutiva objetiva de un juicio informado.

## Análisis de costes y beneficios

Una técnica utilizada a menudo en la determinación de si deben realizarse proyectos significativos para la actualización de infraestructuras y servicios meteorológicos, y en la elección entre enfoques alternativos para conseguir dicha actualización, que puede fijarse ahora en el marco global de la Figura 3, es el análisis de costes y beneficios (Layard y Glaister, 1994). Como se utiliza normalmente en meteorología, implica una estimación sistemática del impacto probable de los proyectos, tanto sobre las curvas de beneficios como de costes de la Figura 3, pero en la que se hace el intento de cuantificar el intervalo completo de beneficios y costes sociales, económicos y ambientales en términos monetarios.

Aunque los estudios de beneficios y costes de los proyectos de mejora del servicio meteorológico a menudo se demuestran controvertidos, debido a la subjetividad inherente en la cuantificación tanto de los costes como de los beneficios y en la dificultad de asociar los beneficios esperados únicamente con un proyecto particular (por ejemplo, Chapman, 1992), los conceptos y disciplina de planificación globales implicados pueden verse como un elemento útil en un marco económico global para la provisión de servicios meteorológicos.

## Financiación, tasación y cobro

Dada una comprensión general de los beneficios y costes de un sistema de servicios meteorológicos nacionales y, con las advertencias explicadas anteriormente, de los beneficios y costes atribuibles a los componentes individuales del servicio y a los usuarios y clientes individuales, el reto es identificar claramente las políticas y mecanismos apropiados para financiar, tasar y cobrar estos servicios. La teoría económica y un siglo de experiencia en meteorología y en la provisión de servicios relacionada sugiere que las opciones incluyan:

- financiación del gobierno procedente de ingresos por impuestos y tasación cero;
- tasación del coste marginal para servicios de valor añadido especializados;
- tasación del coste marginal más una carga de los servicios de valor añadido, siendo ésta una contribución a los costes globales;
- tarifas en dos partes para los servicios de valor añadido que implican una contribución a los costes de infraestructura básica.

La comparación de las diferentes opciones de financiación y tasación dependen considerablemente de las propiedades de competitividad y exclusión de las diferentes etapas o componentes de la provisión del servicio meteorológico. Se evalúan las diversas opciones desde una perspectiva de eficiencia económica en Freebairn y Zillman (2001(b)), separadamente para bienes públicos, bienes privados y servicios de bienes mixtos públicos y privados. Se evalúan en términos de ingresos recogidos y tarifas pagadas; directrices para la asignación eficiente de recursos a la producción y al uso de servicios meteorológicos; incentivos para que suministradores y usuarios adopten una tecnología de ahorro de costes e innoven; y viabilidad y simplicidad.

Sobre la base de esta evaluación, surgen algunas conclusiones generales que sugieren una estrategia global para financiar la provisión de servicios meteorológicos con el fin de cumplir los criterios básicos de eficiencia económica y viabilidad práctica, en una situación en la que los servicios que posibilitan que los individuos, empresas y gobiernos tomen decisiones mejores de alta retribución, abarcan todo el espectro de bienes públicos, privados y mixtos, y las líneas de demarcación entre los diferentes tipos de bienes son poco definidas y cambiantes con el tiempo.

La infraestructura, datos y productos básicos para uso nacional e internacional, y las predicciones y avisos meteorológicos y climáticos públicos básicos tienen principalmente propiedades de bien público. La información es de consumo no competitivo, existen muchos usuarios reales y potenciales en la mayoría de los sectores de la economía, y los costes de exclusión son altos. Además de por los costes identificables de su distribución a los usuarios individuales, la eficiencia económica y las consideraciones prácticas, sugieren que estos servicios de bienes públicos deberían proporcionarse gratuitamente a los usuarios reales y potenciales. Los ingresos por impuestos generales deberían proporcionar la mayoría de los fondos para los servicios meteorológicos de bienes públicos.

Los servicios meteorológicos de valor añadido especializados proporcionan información extra que potencia la toma de decisiones por parte de grupos menores de individuos y, especialmente, empresas. En este caso, muchos de los servicios especializados tienen propiedades de bienes mixtos de consumo no competitivos y con bajos costes de exclusión. En algunos casos con un usuario, o un usuario efectivo, la propiedad de consumo no competitivo puede ignorarse, dejando una situación de bien privado. Los servicios de valor añadido utilizan la información de infraestructura básica como una entrada, además de otras entradas adicionales relativa y fácilmente identificables para la producción. Los costes para el usuario

por los servicios meteorológicos de valor añadido, tales como la aviación (WMO, 1999(c)), fijados en el coste marginal de las entradas adicionales, dan como resultado la eficiencia económica.

Las opciones de incluir en el precio, o en la tarifa del usuario, de los servicios meteorológicos especializados de valor añadido un costo extraordinario para contribuir a la financiación de la infraestructura de bien público son controvertidas. En términos de criterios de eficiencia e ingresos extraordinarios recogidos, se prefiere una tarifa en dos partes a un impuesto sobre los resultados de valor añadido o sobre las entradas adicionales utilizadas en su producción. Sin embargo, es necesaria una autoridad de monopolio para asegurar a sostener una tarifa en dos partes. Desgraciadamente, las decisiones del proveedor monopolista probablemente impliquen pérdidas de eficiencia estática y dinámica. Estas pérdidas de eficiencia, o costes, tienen que compararse con los costes sociales de utilizar ingresos de impuestos para financiar la infraestructura básica.

### Opciones institucionales para la provisión pública

Una de los temas clave de política pública actual, sobre él que el análisis económico arroja una luz considerable, se refiere a las opciones estructurales institucionales para el suministro del servicio y, en particular, a los papeles relativos de los SMN y de los sectores privados nacionales e internacionales.

Una posible estructura de provisión de servicio es limitar los SMN a proporcionar servicios meteorológicos de bienes públicos, incluyendo la infraestructura básica y las predicciones generales, con financiación gubernamental completa, y dejar la producción de servicios meteorológicos especializados de valor añadido con propiedades de bienes privados y mixtos a las empresas privadas. Las empresas privadas utilizarían los servicios de bienes públicos fácilmente disponibles a un coste cero; después emplearían, y pagarían precios de mercado, por recursos adicionales para producir servicios de valor añadido, y cobrarían lo que el mercado pagase. La fuerza de la competencia proporcionaría incentivos y retribuciones eficaces para que las empresas privadas desarrollaran y adoptaran innovaciones tanto en la producción de servicios meteorológicos de valor añadido, como en el uso hecho de la información. Con los SMN excluidos efectivamente, y teniendo todo el mundo acceso a la información meteorológica de bien público, las diferentes empresas del sector privado pueden competir entre ellas en términos de igualdad.

Sin embargo, además de las consideraciones de seguridad que hacen altamente indeseable que un sector

de usuarios mayoritario (por ejemplo, aviación) base sus decisiones en información que podría ser inconsistente con las predicciones y alertas públicas ampliamente disponibles, deben considerarse al menos tres conjuntos de argumentos contra la exclusión de los SMN de la implicación en la producción de servicios de valor añadido. En primer lugar, puede haber economías de escala que den como resultado ahorros de costes al utilizar predictores expertos, ordenadores y otros recursos de los SMN en la producción conjunta de servicios de valor añadido, así como la infraestructura básica y los servicios públicos. En segundo lugar, la definición de los servicios meteorológicos de bien público como el límite del dominio de los SMN es un ejercicio vago y algo arbitrario. Además, la demarcación variará con el rápido cambio tecnológico y es probable que esté sujeta a una dirección estratégica y política ineficiente. En tercer lugar, para muchos, y quizá para la mayor parte, de los servicios de valor añadido, es probable que la economía de escala signifique que es efectivo en costes tener sólo un proveedor, aunque la importancia y extensión de la economía es un tema empírico y pueden obtenerse diferentes respuestas de diferentes servicios de valor añadido. Cuando la economía de escala es tal que favorece un monopolio natural, puede ser necesario elegir entre un proveedor público regulado, los SMN, o la regulación de un proveedor monopolista de empresa privada y, en esta situación, no hay una respuesta clara.

Como alternativa, el suministro de servicios meteorológicos de valor añadido podría estructurarse para conseguir un campo de juego cercano a la igualdad para una competencia justa entre los SMN y los proveedores del sector privado actuales y potenciales. Los servicios meteorológicos de bien público utilizados como entrada para la producción de servicios de valor añadido deberían hacerse accesibles a todos los productores, exactamente en los mismos términos, de los cuales el precio cero es una opción, y fijar los SMN los precios para los servicios de valor añadido que produce para cubrir al menos los costes de producción aumentados, como haría una empresa comercial competitiva privada. Aunque la diferenciación de lo que es un bien público financiado por el gobierno y que se proporciona gratuitamente a todos, de lo que es un servicio meteorológico de valor añadido, será arbitraria, siempre que la distinción sea clara y explícita, tiene un impacto limitado sobre el logro de la competitividad en el mercado de los servicios meteorológicos especializados.

## Un marco global

Dado el continuo debate internacional, tanto en las comunidades meteorológicas como económicas, so-

bre la extensión de las fuerzas de mercado en las esferas de actividad hasta ahora no de mercado, y especialmente, en el ámbito de la interacción de los paradigmas fundamentalmente diferentes de la meteorología (cooperación) y economía (competición), aún no es posible presentar ningún marco económico global generalmente aceptado para la provisión de servicios meteorológicos a niveles nacional o internacional. Basándose en los diversos conceptos discutidos anteriormente, y con una significativa y gran simplificación es, sin embargo, posible indicar algunas interrelaciones aproximadas y ajustes en términos del modelo conceptual simple de provisión de servicios mostrado en la Figura 1.

La Figura 5 ofrece un resumen esquemático de estas relatividades y relaciones basándose en las subdivisiones habituales de:

- categoría de servicio;
- clasificación económica;
- metodología de evaluación;
- régimen de cobro; e
- intercambio internacional;

y con la precaución de que los ajustes horizontales son, en casi todos los casos, sugerentes más que definitivos, pero pueden considerarse útiles para el desarrollo adicional de un marco económico global para la provisión de servicios meteorológicos.

## Conclusiones

El siglo XX ha proporcionado a los gobiernos y comunidades nacionales una gran cantidad de experiencia y comprensión de los beneficios sociales, económicos y medioambientales de los servicios meteorológicos y de las disposiciones de financiación, cobro e institucionales más apropiadas para su provisión y mejora continua según las necesidades de la comunidad y el progreso continuo que posibilitan la ciencia y la tecnología.

Históricamente, dichos servicios se han visto ampliamente como una necesidad básica de la comunidad, tanto en el mundo en desarrollo como desarrollado, y sus beneficios como evidentemente justificativos del sustancial gasto público y privado implicado que, en algunos países, es tanto como el 0,03 por ciento del PIB (Zillman, 1999), y del orden de 10 000 millones de \$ EE.UU. en conjunto global.

El progreso paralelo de la teoría económica general, y especialmente del crecimiento de un cuerpo de teoría y práctica del análisis del gasto público, ha proporcionado las herramientas para observar con más profundidad la economía de la provisión de servicios meteorológicos y empezar a configurar un marco económico general para la provisión de servicios meteorológicos a escala nacional. Aunque muchas de las

CATEGORÍA DE SERVICIOS	CLASIFICACIÓN ECONÓMICA	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	BASE DE FINANCIACIÓN	RÉGIMEN DE COBRO	INTERCAMBIO INTERNACIONAL
Servicios especiales	Bienes privados	Precios de mercado Estudios prescriptivos	Facturación al usuario	Comercial	Resolución 40
	Bienes mixtos	Estudios descriptivos Evaluación contingente		Costes recuperables	Datos y productos adicionales
Servicio básico	Bienes públicos	Estudios prescriptivos Estudios descriptivos Evaluación contingente	Financiación por los contribuyentes	Facturación por acceso Gratuito a través de los medios de comunicación	Resolución 40 Datos y productos esenciales
Sistemas básicos	Bienes Públicos	Estudios prescriptivos Estudios descriptivos Evaluación contingente	Financiación por los contribuyentes	Gratuito	Gratuito y sin restricciones
DATOS Y PRODUCTOS DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA					

Figura 5 — Representación esquemática de las relaciones aproximadas entre la infraestructura meteorológica nacional de mantenimiento básico y las salidas (servicios básicos y especiales; y datos esenciales y adicionales para intercambio internacional según la resolución 40 de la Organización Meteorológica Mundial (1996)), en términos de clasificación económica, metodología de evaluación, base de financiación y régimen de cobro. Es importante observar que el ajuste horizontal de los límites (líneas quebradas) es sólo aproximado y que, actualmente, es altamente variable de servicio a servicio, de país a país y de momento a momento.

consideraciones subyacentes siguen siendo altamente subjetivas, cargadas de valores y aprendidas de la historia y de la experiencia práctica, las conclusiones alcanzadas hasta el momento apoyan con fuerza el marco internacional que se ha construido a lo largo del siglo XX, basado en el modelo único de cooperación internacional, en el marco de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la Organización Meteorológica Mundial.

Una conclusión importante es que, aunque la teoría de mercado puede proporcionar una comprensión útil de muchos aspectos de las disposiciones para la provisión de servicios meteorológicos, con mucho la mayor parte del suministro de servicios meteorológicos no es apropiada para la aplicación de las fuerzas de mercado o suministros competitivos. Otras consideraciones de política pública e internacional sugieren las ventajas de la provisión pública, así como de la financiación pública, de la mayoría de los servicios meteorológicos no competitivos y la economía de al-

cance y escala argumenta con fuerza la provisión integrada de servicios para ciertos grupos de usuarios mayoritarios tales como la aviación y la navegación.

En combinación, estas consideraciones sugieren un papel fundamental continuado de los SMN de financiación estatal en la provisión de servicios meteorológicos esenciales a escala nacional.

Aunque las consideraciones de seguridad y bienestar públicos básicos, que han conformado históricamente la provisión de servicios meteorológicos a escala nacional, continuarán siendo la base primaria para los responsables de las decisiones en los gobiernos, existe un ámbito considerable para un esfuerzo aumentado sobre el desarrollo y aplicación de metodologías de evaluación económica y modelos de tasación y cobro para una serie de servicios, sectores de usuarios y países. Se pretende que los dos artículos de Freebairn y Zillman (2001 (a) y (b)) ayuden a estimular y asistir a ese proceso.

## Referencias

- ANAMAN, K. A., J. J. THAMPAPILLAI, A. HENDERSON-SELLERS, P. F. NOAR y P. J. SULLIVAN, 1995: Methods for assessing the benefits of meteorological services in Australia. *Meteorol. Appl.* 2: 17-29.
- BAILEY, S. J., 1995: *Public Sector Economics*. MacMillan Press Ltd. Londres. 406 pp.
- BAUTISTA PÉREZ, M., 1996: La nueva regulación de la OMM sobre el intercambio internacional de datos y productos meteorológicos. *Boletín de la OMM*, 45, 20-29.
- BERRY, F. A., E. BOLLAY y N. R. BEERS (Eds.), 1945: *Handbook of Meteorology*. McGraw-Hill Book Company Inc. NY, Londres. 1 068 pp.
- BRUNT, D., 1928: *Meteorology*. Oxford University Press. Londres. 111 pp.
- BURROUGHS, W. J., 1997: *Does the Weather Really Matter?* Cambridge University Press. 230 pp.

- CARTWRIGHT, G. D. y C. H. SPRINKLE, 1995: A history of aeronautical meteorology. Contenido en: *Historical Essays on Meteorology 1919-1995* (J. R. Flemming, Ed.). American Meteorological Society, 443-480.
- CHAPMAN, R., 1992: *Benefit-cost Analysis for the Modernisation and Associated Restructuring of the National Weather Service*. National Institute of Standards and Technology. US Department of Commerce. Washington DC. 105 pp.
- CORNES, R. y T. SANDLER, 1996: *The Theory of Externalities, Public Goods and Club Goods*. Cambridge University Press. 590 pp.
- FREEBAIRN, J. W., 1979: Estimating the benefits of meteorological services: some methodological questions. *Proceedings of the Value of Meteorological Services Conference*. Bureau of Meteorology. Melbourne, Australia. 117-123.
- FREEBAIRN, J. W. y J. W. ZILLMAN, 2001(a): Economic benefits of meteorological services. *Meteorol. Appl.* (en imprenta).
- FREEBAIRN, J. W. y J. W. ZILLMAN, 2001(b): Funding meteorological services. *Meteorol. Appl.* (en imprenta).
- HARRIS, S., 1995: *International Public Goods, the Climate and Meteorological Services*. Discurso del Día Meteorológico Mundial. Bureau of Meteorology. Melbourne. 11 pp.
- HEALD, D., 1983: *Public Expenditure: Its Defence and Reform*. Martin Robertson and Company. Oxford. 376 pp.
- HEILBRONER, R. y L. THUROW, 1994: *Economics Explained*. Simon and Schuster. Nueva York. 285 pp.
- HOUGHTON, D., 1985: *Handbook of Applied Meteorology*. John Wiley and Sons. 1 461 pp.
- KATZ, R. W. y A. H. MURPHY (Eds.), 1997: *Economic Value of Weather and Climate Forecasts*. Cambridge University Press. 217 pp.
- LAYARD, R. y S. GLAISTER, 1994: *Cost-Benefit Analysis*. Cambridge University Press. 497 pp.
- MAUNDER, W. J., 1970: *The Value of Weather*. Methuen. Londres. 388 pp.
- MAUNDER, W. J., 1986: *The Uncertainty Business: Risks and Opportunities in Weather and Climate*. Methuen. 420 pp.
- MCBEAN, G. A., 2000: *Forecasting in the 21st Century*. OMM N.º 916. Ginebra. 18 pp.
- METEOROLOGICAL OFFICE, 1967: *Meteorology for Mariners*. Her Majesty's Stationary Office. 304 pp.
- MOORE, J., 1910: *Meteorology, Practical and Applied*. Rebnan Limited. Londres. 492 pp.
- MUNN, R. E., J. W. M. LA RIVIÈRE y N. VAN LOOKEREN CAMPAGNE, 1996: *Policy Making in an Era of Global Environmental Change*. Kluwer Academic Publishers. 225 pp.
- MUSGRAVE, R. y P. MUSGRAVE, 1991: *Public Finance in Theory and Practice* (Quinta edición). McGraw-Hill. 627 pp.
- SAMUELSON, P. A., 1954: *The pure theory of public expenditure*. *Review of Economics and Statistics*, 36, 387-389.
- STERN, P. y W. EASTERLING, 1999: *Making Climate Forecasts Matter*. National Academy Press. Washington DC. 175 pp.
- STIGLITZ, J., 2000: *Economics of the Public Sector*, 3rd edition. Norton. Nueva York. 823 pp.
- STIGLITZ, J. E., P. R. ORSAG y J. M. ORSAG, 2000: *The Role of Government in a Digital Age*. US Computer and Communications Industry Association. 151 pp.
- TAYLOR, J. A., 1972: *Weather Forecasting for Agriculture and Industry*. David & Charles Publishers. Devon. 250 pp.
- WMO (OMM), 1990(a): Forty-second Session of the Executive Council: Abridged Report with Resolutions. OMM-N.º 739. Ginebra. 121.
- WMO (OMM), 1990(b): *Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services. Proceedings of the Technical Conference*. Ginebra, 26-30 de marzo de 1990. OMM-N.º 733. Ginebra.
- WMO (OMM), 1993: Guidelines on the Role of National Meteorological and Hydrometeorological Services in the Implementation of Agenda 21 and the Framework Convention on Climate Change. OMM. Ginebra.
- WMO (OMM), 1994: Proceedings of the International Conference on the Economic and Social Benefits of Meteorological and Hydrological Services. OMM/TD-N.º 630. Ginebra.
- WMO (OMM), 1996: *Exchanging Meteorological Data: Guidelines on Relationships in Commercial Meteorological Activities: WMO Policy and Practice*. OMM-N.º 837. Ginebra. 24 pp.
- WMO (OMM), 1999(a): The National Meteorological Service and Alternative Service Delivery (Declaración del Consejo Ejecutivo de la OMM sobre el papel y funcionamiento futuros de los Servicios Meteorológicos nacionales). Ginebra.
- WMO (OMM), 1999(b): Geneva Declaration of the Thirteenth World Meteorological Congress. *Thirteenth World Meteorological Congress, Abridged Report with Resolutions*. OMM-N.º 902. Ginebra. 146.
- WMO (OMM), 1999(c): *Guide on Aeronautical Meteorological Services Cost Recovery: Principles and Guidance*. OMM-N.º 904. Ginebra. 17 pp.
- ZILLMAN, J. W., 1999. El Servicio Meteorológico Nacional. *Boletín de la OMM*, 48, 158-194.