

ANÁLISIS COSTE-EFICACIA PARA LA CONSECUCCIÓN DE OBJETIVOS AMBIENTALES EN MASAS DE AGUA

Josefina Maestu y Lorenzo Domingo

Grupo de Análisis Económico del Agua. Ministerio de Medio Ambiente

RESUMEN

Desde la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua se ha producido un cambio de la forma de abordar la planificación hidrológica. El objetivo de la Directiva es conseguir el buen estado de las masas de agua en la Unión Europea para 2015. Para alcanzar este objetivo se propone un proceso de planificación que debe incluir un programa de medidas ambientales específico en cada Demarcación, y en el proceso de diseño y selección de estas medidas deben tenerse en cuenta criterios de racionalidad económica (minimización de los costes). Para ello se debe utilizar la técnica del análisis coste-eficacia.

1. INTRODUCCIÓN.

Como ya señalara en 1999 el *Libro Blanco de la Educación Ambiental en España*¹, “Es necesario profundizar en los análisis que ponen en relación la situación socioeconómica con la ambiental y en aquellos enfoques de la economía que incorporan la visión ecológica, y divulgarlos entre la población con el fin de acabar con la idea de que la preocupación ambiental es un lujo antieconómico”. Precisamente para minimizar el coste de la protección y recuperación de los ecosistemas hídricos el análisis económico, en conjunción con otras disciplinas ambientales, técnicas, jurídicas y sociológicas, nos ofrece una herramienta de gran utilidad: el análisis coste-eficacia.

La filosofía del análisis coste-eficacia aplicado a cualquier ámbito es simple: alcanzar unos objetivos predeterminados al mínimo coste posible. En el marco de la protección de los ecosistemas hídricos, los legisladores europeo y español han establecido que nuestras masas de agua deben recibir un elevado grado de protección, que se resume en la consecución, antes del año 2015, de un buen estado ambiental.², y el no deterioro de ninguna masa de agua desde su estado actual. Le corresponde a la administración fijar estos objetivos y determinar los medios por los que la sociedad logrará este elevado nivel de calidad ambiental de sus aguas. Estos medios deben tener el menor coste de oportunidad posible para la sociedad española.

En efecto, con la transposición de la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60 CE, DMA en adelante en este artículo) al derecho nacional, la Planificación Hidrológica en España reconsidera sus objetivos³. Se refuerzan los objetivos ambientales, que ahora pasan a ser una condición previa (y por lo tanto preponderante) a los objetivos de atención de demandas (solicitudes de volúmenes de agua por parte de actividades socio-económicas) y armonización del desarrollo territorial. La definición de los objetivos ambientales pasa de basarse exclusivamente en indicadores físico-químicos a basarse en una estructura integrada de indicadores biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos, en el que los primeros (biológicos) toman la mayor relevancia por tratarse de indicadores de medio y largo plazo que se ven influidos por los demás tipos de indicadores, aportando por lo tanto el máximo de

¹ Libro Blanco de la Educación Ambiental en España, Ministerio de Medio Ambiente, 1999.

² Por supuesto nuestro marco regulatorio permite excepciones a este objetivo general, que en cualquier caso deben ser siempre justificadas con detalle y no obstan a la consideración general del buen estado como objetivo.

³ Artículo 40, Texto Refundido de la Ley de Aguas, RDL 1/01, de 20 de julio.

información. Además no se olvidan las aguas subterráneas y su relación con las superficiales, estableciendo objetivos cuantitativos y químicos para las mismas.

Pieza clave en la consecución de estos novedosos objetivos ambientales, que serán definidos para cada masa de agua por el próximo Plan Hidrológico de Cuenca (PHC) de cada Demarcación, son los programas de medidas (PdM), planes administrativos que coordinarán todas las actuaciones (que no tienen por qué ser únicamente públicas) necesarias para alcanzar los objetivos ambientales previstos, en principio, para 2015. Cada PHC debe incluir un resumen del programa de medidas.

Uno de los elementos más novedosos introducidos en la planificación hidrológica en España por la DMA es la obligatoriedad de realizar un análisis económico, entendido como una fuente de información relevante de cara a conseguir los objetivos ambientales de la Directiva. En relación con los programas de medidas, este análisis económico debe contener, según establece la DMA en su art. 5 y anexo II, apartado b, la suficiente información lo suficientemente detallada (teniendo en cuenta los costes asociados con la obtención de los datos pertinentes) para estudiar la combinación más rentable (en el sentido de “más coste-eficaz”) de medidas que, sobre el uso del agua, deben incluirse en el programa de medidas de conformidad con el art.11, basándose en las previsiones de los costes potenciales de dichas medidas. Este es el punto en el que la DMA introduce el análisis coste-eficacia como una herramienta para diseñar y seleccionar el programa de medidas de cada Demarcación.

Por otra parte, el artículo 14 de la DMA establece como una obligación de los Estados Miembros el fomento de la participación activa de todas las partes interesadas en la elaboración del PHC. Esta participación se entiende extensible a la elaboración del programa de medidas, quedando por tanto configurado el proceso de participación pública como otra herramienta para diseñar y seleccionar el programa de medidas de cada Demarcación.

Ciñéndonos a la transposición de la DMA al ordenamiento jurídico español, vemos que los programas de medidas deben ajustarse a criterios de racionalidad económica en la consecución de los objetivos medioambientales⁴. Para ello, se debe tener en cuenta en la selección de las medidas a incluir en el programa de medidas los resultados de un análisis coste-eficacia (ACE, en adelante) de las distintas medidas inicialmente susceptibles de incluirse en dicho programa⁵. El art. 58 del Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH en adelante) profundiza en el contenido y utilidad del ACE de las medidas:

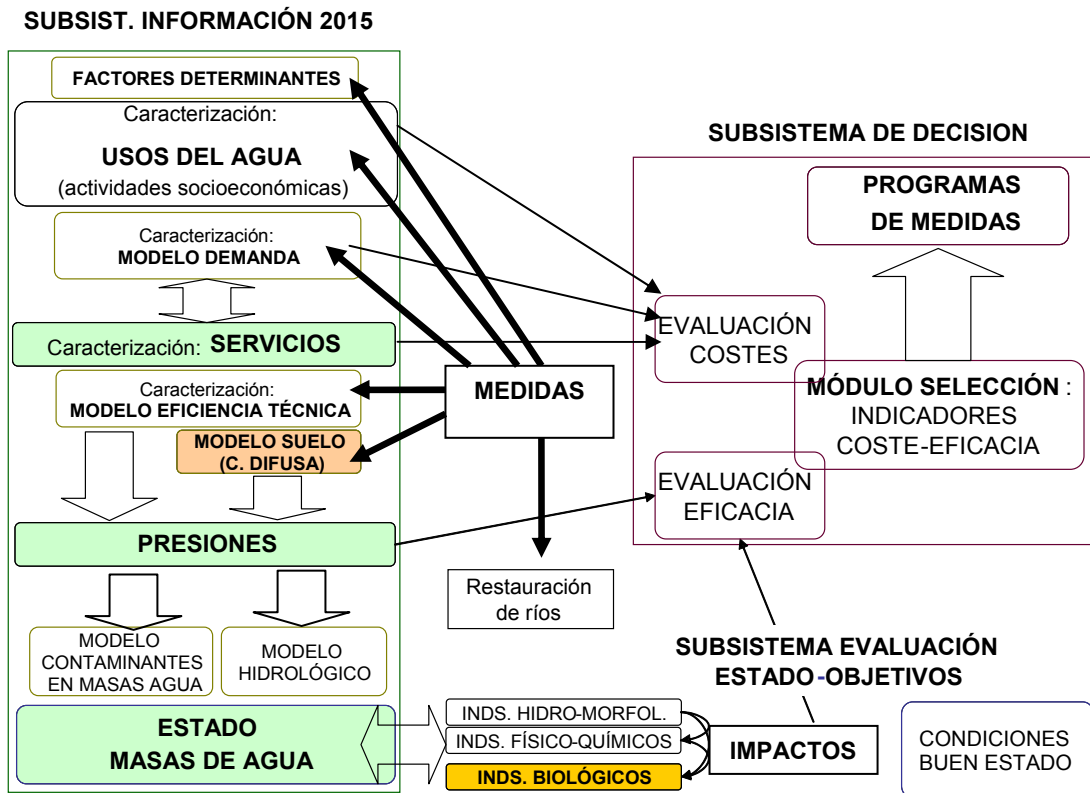
- 1. El análisis coste-eficacia será un instrumento a tener en cuenta para la selección de las medidas más adecuadas para alcanzar los objetivos ambientales de las masas de agua, así como para analizar las medidas alternativas en el análisis de costes desproporcionados.*
- 2. Para realizar el análisis coste-eficacia se partirá de la evaluación del estado de las masas de agua correspondiente al escenario tendencial y su diferencia respecto a los objetivos ambientales. La evaluación de los estados correspondientes a la aplicación de las distintas medidas y la diferencia respecto a los objetivos ambientales permitirá analizar la eficacia de estas medidas.*
- 3. En la selección del conjunto de medidas se tendrán en cuenta, además de los resultados del análisis coste-eficacia, los efectos de las distintas medidas sobre otros problemas medioambientales, aunque no afecten directamente a los ecosistemas acuáticos, de acuerdo con el proceso de evaluación ambiental estratégica del plan indicado en este Reglamento.*

El ACE requiere combinar tres análisis relacionados entre sí. Estos son la caracterización integrada de la demarcación, la evaluación del cumplimiento de objetivos y la ordenación de las medidas según sus índices de coste-eficacia. El siguiente diagrama muestra la información contenida en cada análisis y la relación entre ellos.

⁴ Tal como establece el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RD 907/2007), art. 41.3.

⁵ RPH, art.61.6

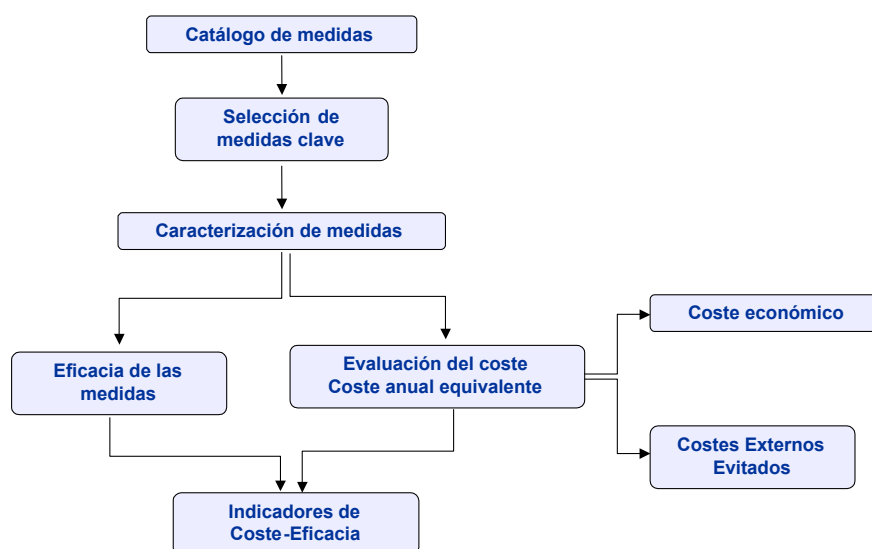
Tabla 1
ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS COSTE-EFICACIA



Para cada una de las medidas susceptibles de incluirse en el programa de medidas, deberán estimarse sus costes y su eficacia en términos de reducción de impactos y presiones utilizando para ello una caracterización integrada de la demarcación previamente elaborada que represente adecuadamente con la información disponible las relaciones entre las actividades socio-económicas que usan agua (usos del agua) y el estado de las masas de agua.

Hay que calcular índices de coste-eficacia para cada medida, que serán el coste por unidad mejorada de indicador de estado de las masas de agua (o por unidad de presión reducida). Para cada indicador de estado se ordenarían las medidas que le afecten de menor a mayor índice coste-eficacia, seleccionándose para cada masa de agua las medidas de menor índice coste-eficacia que resulten suficientes para alcanzar un valor de dicho indicador acorde a los objetivos ambientales fijados en la planificación hidrológica, garantizándose siempre el cumplimiento de los requisitos exigidos por las medidas básicas. Si se considerase más adecuado por limitaciones de la caracterización integrada de la demarcación, se pueden comenzar la ordenación de las medidas a partir de los índices de coste por unidad de presión mejorada, para las presiones incluidas en el inventario realizado conforme al art.5 de la DMA.

Tabla 2
ESQUEMA DE ELABORACIÓN DE INDICADORES COSTE-EFICACIA
DE MEDIDAS DE MEJORA DEL ESTADO AMBIENTAL



Fuente: Plan de cuenca del Cidacos (MMA y Gobierno de Navarra, 2002).

El análisis coste-eficacia (ACE), utiliza como punto de partida la información obtenida en los estudios de caracterización económica de los usos del agua elaborados según el Artículo 5 de la DMA. En los escenarios tendenciales sin medidas se traducen los usos económicos del agua previsible en presiones sobre las masas de agua que, a su vez, sirven para explicar el estado de cada una de las masas de agua sobre las que se ejercen tales presiones.

Una vez identificado el estado tendencial de cada una de las masas de agua, es necesario comparar tales resultados con los valores objetivo que caracterizarían el buen estado (para lo que se utilizaría el evaluación del cumplimiento de objetivos). El objetivo de los programas de medidas que se elaboren en el contexto de la DMA consistirá en cerrar la brecha ambiental (en las masas de agua en que se prevea su existencia en 2015) utilizando para ello la combinación más adecuada de medidas de acuerdo con criterios de racionalidad económica. Es decir, minimizando el coste de oportunidad de obtener los objetivos propuestos.

La simulación de los efectos de las medidas tendría como principal misión generar modificaciones en la caracterización integrada de la demarcación a través de la incorporación al mismo de las diversas medidas posibles orientadas a modificar la demanda de servicios del agua, la oferta de recursos hídricos, la eficiencia del sistema de provisión de servicios del agua,... evaluando el modo en que estas afectan al estado de las masas de agua. Para ello, la simulación de medidas debe incorporar información que caracterice los efectos sobre la caracterización integrada de la demarcación de las distintas medidas alternativas que se hayan preseleccionado (según las metodologías expuestas en el apartado anterior) y sus costes económicos. A partir de la estimación de la mejora conseguida en los indicadores de estado de las masas de agua y el coste económico de cada medida el subsistema de decisión calcula índices de coste-eficacia (cociente del coste entre la variación potencial de cada indicador de estado que podría conseguir cada medida) y ordena las medidas en una curva del tipo de la que mostramos a continuación a modo de ilustración.

La ordenación de las medidas relevantes para una masa en riesgo de no alcanzar los objetivos ambientales en 2015 tiene la doble virtud de racionalizar la selección de medidas, priorizando según la

contribución de cada una a los objetivos y su coste de oportunidad para la sociedad, y de, mediante el evaluación del cumplimiento de objetivos, estimar cuál sería el número de medidas necesario para alcanzar los objetivos, dando información para evitar actuar en demasía y así limitar los costes del programa de medidas.

La metodología del análisis coste-eficacia debe permitir los análisis de sensibilidad que resulten necesarios o recomendables para juzgar la dependencia del paquete de medidas de la disponibilidad de información o para establecer intervalos de confianza de los costes del plan de medidas dependiendo del grado de incertidumbre existente sobre múltiples variables que pueden influir sobre el coste de las diferentes medidas o sobre la eficacia de las mismas.

Una vez que se han encontrado las medidas que permiten obtener los objetivos de calidad ecológica y se han cuantificado sus costes, será necesario definir una estrategia financiera para hacer viable la aplicación de los programas de medidas. Dicha estrategia deberá definir con claridad la contribución que se espera de cada uno de los agentes implicados, principalmente de los usuarios del agua y de la Administración. Una parte fundamental de dicha estrategia está relacionada con la aplicación del principio de recuperación de costes y con la utilización de los incentivos económicos como un instrumento adicional para la mejora del estado de las masas de agua (art. 9 DMA). La incorporación de los precios del agua, del principio de recuperación de costes y de los demás elementos de la estrategia financiera del plan de cuenca, exigirá que la metodología de análisis coste-eficacia tenga la flexibilidad suficiente para informar del efecto de las políticas de precios sobre el uso del agua (estos efectos podrían reducir las medidas necesarias para alcanzar los objetivos y por tanto reducir los costes del programa de medidas). Además, dentro de esta programación financiera habrán de tenerse en cuenta los posibles impactos distributivos entre grupos sociales y entre territorios, de manera que se introduzcan consideraciones de equidad, y no sólo de eficiencia económica, en el diseño del programa de medidas.

Por último, será necesario realizar un análisis de viabilidad institucional de la aplicación del programa de medidas que se haya diseñado, teniendo en cuenta aspectos legales y administrativos, muy especialmente en España el complejo marco competencial.

En los siguientes apartados haremos un somero repaso de las principales etapas del análisis coste-eficacia. El procedimiento de ACE de los programas de medidas ambientales va a ser delimitado en detalle por una nueva Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH en adelante), que a fecha de hoy se encuentra en proceso de consulta pública a través de la página web del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, como proyecto de Orden Ministerial.

2. INFORMACIÓN DE PARTIDA.

2.1. Identificación de las medidas relevantes.

Antes de entrar a analizar las medidas posibles para una masa de agua en riesgo conviene realizar una preselección entre las mismas, de modo que sólo se profundice en el análisis de las más relevantes.

Para realizar esta preselección de medidas relevantes se pueden seguir dos enfoques, más complementarios que alternativos:

- *De arriba a abajo*: selección a partir de medidas estándar. Partiendo de la identificación de la presión clave y el impacto clave que ponen en riesgo a una masa de agua se puede realizar la pre-selección de medidas relevantes a partir de una caracterización inicial de medidas estándar (que en principio puedan aplicarse en cualquier ámbito geográfico). Será necesario

que esa caracterización de medidas estándar incluya una clasificación de las mismas según los criterios de presiones que puede reducir cada medida e impactos que puede mejorar.

- *De abajo a arriba:* en este enfoque se intentaría aprovechar el conocimiento local del territorio de cada masa de agua o subcuenca, de manera que se diera a las distintas partes interesadas la oportunidad de realizar propuestas de medidas. Sin duda las partes interesadas requerirán algún tipo de información de partida, que debería incluir un resumen a escala local de la caracterización realizada en la caracterización integrada de la demarcación, y la preselección y caracterización de medidas estándar (es por esto que decimos que ambos enfoques son complementarios). Este enfoque incluiría igualmente las propuestas de Autoridades Competentes, que normalmente se encontrarán en planes administrativos ya elaborados (principalmente referidos a medidas básicas para aplicar la legislación sobre protección del agua, art. 45 RPH).

La elaboración de escenarios futuros de forma participada entroncaría directamente, daría pie y podría realizarse a la vez que esta preselección de medidas relevantes (relevantes en el sentido de que resulte de interés su análisis en profundidad) para una masa de agua, una subcuenca o para toda una demarcación (las medidas, al igual que los procesos de participación pública pueden aplicarse en diferentes escalas geográficas). A juzgar por algunos procesos de participación ya realizados, los propios participantes en los grupos de trabajo desean discutir de forma simultánea los escenarios futuros y las medidas posibles para adaptarse a ellos.

2.2. Información requerida para cada una de las medidas propuestas.

Con objeto de posibilitar la aplicación de los modelos de acumulación de presiones ambientales sobre las masas de agua y simulación de impactos, así como la propia realización del análisis coste-eficacia, para cada una de las medidas consideradas en el proceso de definición del programa de medidas será necesario disponer de una ficha informativa de cada medida propuesta para caracterizarla adecuadamente. La información y resultado más importante de estas fichas serían los índices de coste-eficacia de cada medida, que vendrían expresados como coste anual equivalente por unidad de indicador mejorado por la medida. Otras informaciones relevantes serían:

- Una breve descripción en la que se indiquen las características que definen la medida señalando en qué consiste y la finalidad que persigue a grandes rasgos;
- El grupo de indicadores de calidad afectados en las masas de agua sobre las que repercute la medida (indicadores biológicos, hidromorfológicos o fisicoquímicos en el caso de aguas superficiales e indicadores del estado cuantitativo o químico en las subterráneas);
- Presiones identificadas que son mitigadas o eliminadas mediante la aplicación de la medida;
- Coste anual equivalente de la medida, que integrará varios componentes según se señala más adelante;
- Eficacias de la medida;
- Organismo o entidad responsable de la puesta en práctica de la medida; Plazo previsto para la puesta en práctica de la medida;
- Vida útil o duración de la aplicación de la medida, en su caso;
- Ámbito territorial. Debe indicarse el territorio en el que se aplica la medida, especificando si es de alcance nacional, si afecta a toda la demarcación, a una parte de ella o si es de aplicación sobre una determinada masa de agua.

2.3. Coste de las medidas

El procedimiento para la estimación del coste de las medidas a incluir en el programa puede variar según su naturaleza y ámbito de aplicación. Debe tenerse en cuenta la gran profusión de actuaciones que pueden llevarse a cabo para recuperar y proteger las masas de agua de una

Demarcación Hidrográfica, y que en la fase de Planificación Hidrológica el nivel de información no ha de ser exacto, sino lo suficientemente relevante para la toma de decisiones. Para aquellas medidas en que sea factible la cuantificación del coste, su valoración deberá ser común en toda la demarcación hidrográfica con el fin de no introducir sesgos y deberá permitir efectuar el análisis coste-eficacia.

El coste de las medidas se expresará como coste anual equivalente, excluidos los impuestos, incluyendo los siguientes componentes:

- a) Coste de inversión.
- b) Costes de explotación y mantenimiento.

También se considerarán los costes ambientales y los costes económicos indirectos (variaciones del Valor Añadido Bruto en la economía provocados por la actuación), integrándolos en el coste anual equivalente cuando sea posible su cuantificación en términos monetarios. A menudo estas cuantificaciones no podrán realizarse individualmente para cada actuación propuesta, sino para grupos de actuaciones que afecten a territorios amplios para los que se disponga de los datos socioeconómicos relevantes.

En el cálculo de la anualidad deberá tenerse en cuenta, en su caso, la vida útil de todos y cada uno de los elementos necesarios para la ejecución de la medida, el horizonte temporal para el que se realiza el análisis y el plazo de ejecución de la medida hasta su puesta en marcha. Deberá especificarse la tasa de descuento utilizada para el cálculo de la anualidad.

2.4. Eficacia de las medidas

La estimación de los efectos de las medidas sobre el estado de las masas de agua de la demarcación hidrográfica se realizará utilizando modelos de acumulación de presiones y simulación de impactos basados en sistemas de información geográfica. Dichos modelos requieren una caracterización previa de las medidas que incluya tanto su ubicación geográfica, identificando las presiones sobre las que actúan, como su eficacia y sus costes, según se describe en el epígrafe siguiente.

El procedimiento para estimar los efectos de cada medida consistirá en obtener, para cada una de las masas o grupos de masas sobre las que repercute, los valores de los parámetros a partir de los cuales se definen los indicadores de calidad que determinan el estado de las masas en el escenario tendencial y compararlos con los esperados en el año 2015 tras la aplicación de la medida, o en los años 2021 y 2027 en el caso de que se hayan definido prórrogas para el cumplimiento de los objetivos.

Esta comparación ha de hacerse para cada medida por separado para diferenciar la contribución de cada una a la mejora del estado de las masas de agua afectadas, lo que posibilitará el establecimiento de etapas en la aplicación del programa de medidas y el consiguiente escalonamiento de sus costes. No obstante, si la puesta en práctica de una medida requiere la ejecución previa de otra, ambas se analizarán conjuntamente en cuanto a la estimación de efectos y costes.

Para evaluar la eficacia de las medidas se parte de la evaluación del estado de las masas de agua correspondiente al escenario tendencial y su diferencia respecto a los objetivos ambientales. La evaluación de los estados correspondientes a la aplicación de las distintas medidas y la diferencia respecto a los objetivos ambientales permitirá analizar la eficacia de cada una de estas medidas.

En su aplicación práctica, el análisis coste-eficacia de medidas ambientales suele encontrar las mayores dificultades en la información disponible sobre la eficacia de las posibles medidas. En efecto, el desarrollo actual de los modelos que relacionan presiones e impactos en las masas de agua es todavía limitado, y la información de base que permitiría desarrollar un modelo general de usos,

servicios, presiones y estado de las masas de agua puede no estar disponible en su totalidad (ya que parte de los indicadores de estado, los biológicos, sólo se están comenzando a medir actualmente, las presiones han de ser estimadas por métodos indirectos por la falta de mediciones fehacientes, los modelos de demanda de servicios por parte de los usos del agua pueden requerir un volumen de datos de panel que no estén disponibles,...).

Ante esta limitación de información, una primera opción sería limitar la medición de la eficacia al efecto de las medidas sobre las presiones, sin entrar a estimar la influencia de estas sobre el estado de las masas. Sin embargo, la estimación de la eficacia respecto a la reducción de presiones al menos permitiría la ordenación de las medidas que redujeran presiones similares sobre las mismas masas de agua, ordenación valiosa por sí misma para realizar una programación de aplicación de medidas según su prioridad (primero las de menor índice coste-eficacia).

En las masas de agua para las que la información sea tan limitada que resulte inviable cuantificar, de forma general, la reducción de presiones que propiciaría cada medida relevante, o en los casos en los que los recursos económicos, humanos o temporales impongan restricciones al análisis técnicos que pueden razonablemente realizar el Organismo de Cuenca, puede plantearse un análisis de eficacia aún más simplificado, valorando cualitativamente la aportación de cada medida a cada indicador objetivo y a la reducción de presiones. Esta valoración cualitativamente podría realizarse mediante grupos de expertos que emitieran juicios de valor sobre la eficacia de cada medida para mejorar cada indicador de estado, cuantificándola de 1 a 10. La media de las puntuaciones emitidas por los expertos podría utilizarse como indicador de eficacia, e incluso utilizarlo para elaborar índices coste-eficacia, que si bien no reflejarían una aportación cuantificada a la reducción de impactos o presiones ni elaborar una curva de coste marginal de la mejora ambiental, sí que permitirían realizar una ordenación económicamente racional de las medidas aportando información relevante al proceso de decisión.

2.4.1. Eficacia respecto a la reducción de presiones.

La eficacia de las medidas puede evaluarse considerando qué tipo presiones reducen y en qué magnitud. Las presiones sobre las masas de agua superficial (ríos, lagos, aguas de transición y aguas costeras) incluirán, en especial:

- La contaminación originada por fuentes puntuales,
- La contaminación originada por fuentes difusas,
- La extracción de agua,
- La regulación del flujo,
- Las alteraciones morfológicas,
- Los usos del suelo,
- Otras afecciones significativas de la actividad humana.

2.4.2. Eficacia respecto a la reducción de impactos.

La eficacia de las medidas puede evaluarse también (y preferentemente si es posible, según la IPH) considerando qué indicador de cada elemento de calidad mejora y en qué magnitud, esto es, su contribución a la reducción de los impactos medidos en las masas de agua. Este método de evaluación requiere conocer previamente la eficacia de la medida en la reducción de presiones (apartado anterior) y la susceptibilidad de las masas de agua ante estas presiones (relación entre presiones que reciben y estado de las masas de agua).

3. CÁLCULO DE ÍNDICES COSTE-EFICACIA, ORDENACIÓN DE MEDIDAS Y ESTIMACIÓN DE CURVAS DE COSTES MARGINALES DE LA RECUPERACIÓN AMBIENTAL.

Una vez ordenadas las medidas relevantes para cada masa de agua en riesgo según las matrices anteriores, para cada medida se calcularán sus índices coste-eficacia, como cociente entre el coste anual equivalente de la medida y las mejoras conseguidas con dicha medida (bien sean evaluadas como reducción de presión o como mejora de indicador de estado).

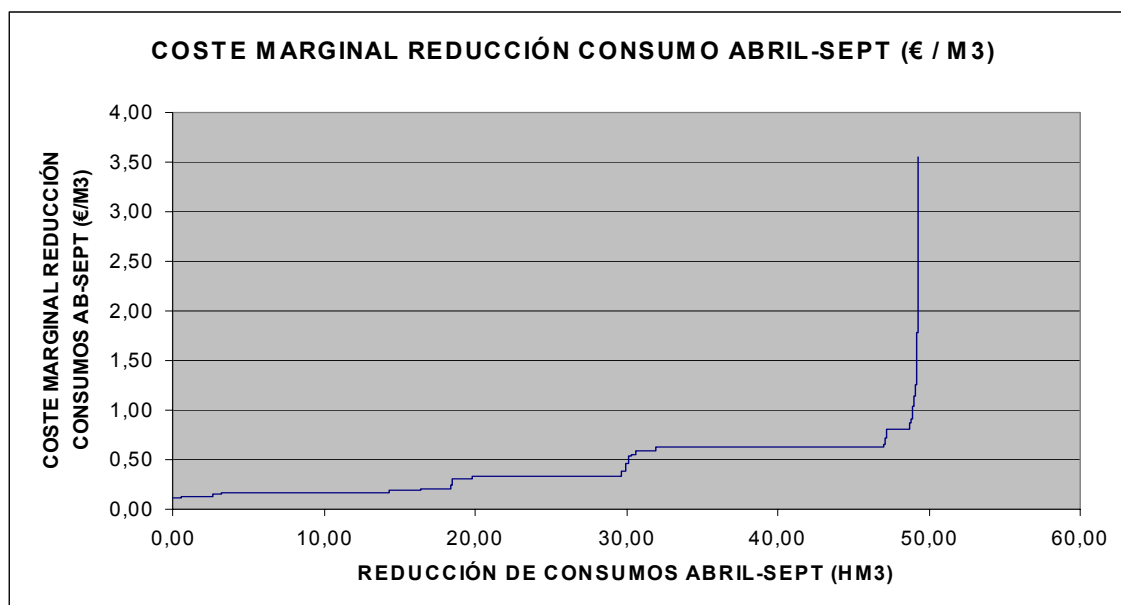
Para cada indicador (de presiones o de estado) se ordenarán las medidas que le afecten de menor a mayor índice coste-eficacia (según un supuesto de eficacia intermedio o “más realista”).

Tabla 3
MATRIZ DE INTERVALOS DE ÍNDICES COSTE-EFICACIA

RÍOS: MATRIZ DE INTERVALOS DE ÍNDICES COSTE-EFICACIA (ANÁLISIS ORGANISMO DE CUENCA; INFORMACIÓN DE ENTRADA PARA 2ª FASE PARTICIPACIÓN PÚBLICA Y PARA DECISIÓN CAC SOBRE PdM)									
INDICADORES DE ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA	IND. HIDROMORFOLÓGICOS			IND. FÍSICO-QUÍMICO					
	Indicador a	Indicador b	Indicador c	Indicador d	Indicador e	Indicador f	Indicador g	Indicador h	Indicador i
	Régimen hidrológico	Continuidad del río	Condiciones morfológicas	Condiciones térmicas	Condiciones de oxigenación	Salinidad	Acidez (pH)	Nutrientes	Sustancias prioritarias
INTERVALOS DE ÍNDICES DE COSTE EFICACIA	CE0(Ma1)- CE1(Ma1)	CE0(Mb1)- CE1(Mb1)	CE0(Mc1)- CE1(Mc1)	CE0(Md1)- CE1(Md1)	CE0(Me1)- CE1(Me1)	CE0(Mf1)- CE1(Mf1)	CE0(Mg1)- CE1(Mg1)	CE0(Mh1)- CE1(Mh1)	CE0(Mi1)- CE1(Mi1)
	CE0(Ma2)- CE1(Ma2)	CE0(Mb2)- CE1(Mb2)	CE0(Mc2)- CE1(Mc2)	CE0(Md2)- CE1(Md2)	CE0(Me2)- CE1(Me2)	CE0(Mf2)- CE1(Mf2)	CE0(Mg2)- CE1(Mg2)	CE0(Mh2)- CE1(Mh2)	CE0(Mi2)- CE1(Mi2)
	CE0(Ma3)- CE1(Ma3)	CE0(Mb3)- CE1(Mb3)	CE0(Mc3)- CE1(Mc3)	CE0(Md3)- CE1(Md3)	CE0(Me3)- CE1(Me3)	CE0(Mf3)- CE1(Mf3)	CE0(Mg3)- CE1(Mg3)	CE0(Mh3)- CE1(Mh3)	CE0(Mi3)- CE1(Mi3)
	CE0(Ma4)- CE1(Ma4)	CE0(Mb4)- CE1(Mb4)	CE0(Mc4)- CE1(Mc4)	CE0(Md4)- CE1(Md4)	CE0(Me4)- CE1(Me4)	CE0(Mf4)- CE1(Mf4)	CE0(Mg4)- CE1(Mg4)	CE0(Mh4)- CE1(Mh4)	CE0(Mi4)- CE1(Mi4)

Para cada medida se ha completado una ficha según lo especificado en el apartado dedicado a "caracterización de medidas".
CE0(...)= valor más bajo del índice coste-eficacia, representativo del supuesto optimista de coste-eficacia de la medida; CE1(...)= valor más alto del índice coste-eficacia, representativo del supuesto pesimista de coste-eficacia de la medida

En esta matriz vemos cuál sería un primer output de esta fase. Tendríamos, para cada indicador, empezando por la izquierda (Indicador a: Régimen hidrológico), un listado de medidas ordenadas de menor a mayor coste por unidad del indicador mejorada (según el supuesto realista). Para cada uno de estos indicadores se puede construir una curva de coste marginal de la recuperación ambiental, que exprese el coste por unidad adicional de mejora de indicador o de reducción de presión (ver curva de ejemplo a continuación sobre un estudio de caso en la subcuenca del Jalón).



4. SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS SUFICIENTES PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS AMBIENTALES FIJADOS.

Deben seleccionarse las medidas de menor índice que resulten suficientes para alcanzar un valor de dicho indicador acorde con los objetivos ambientales fijados. En caso de que no se disponga de información sobre la mejora de los indicadores de los elementos de calidad, podrá emplearse en su lugar el grado de reducción de las presiones.

A partir de sus índices coste-eficacia (en principio tomaríamos los supuestos realistas), se puede ordenar las medidas propuestas para cada indicador de menor a mayor coste-eficacia, y se les puede incluir en el PdM hasta al alcanzar un nivel previsible de cada indicador igual o mejor que el valor objetivo.

Para realizar esta ordenación nos encontraremos, al menos, con tres dificultades principales:

- **Relación entre masas de agua:** las medidas propuestas para solucionar la desviación de indicadores en una masa de agua en riesgo no tienen por qué afectar sólo a las presiones que sufre la masa en riesgo en cuestión, sino que también pueden afectar a las presiones sobre otras masas de agua que influyan sobre la masa en riesgo (masas de agua superficiales “aguas arriba” o masas de agua subterráneas que realicen aportaciones de agua). Para tener en cuenta este hecho, será necesario primero seleccionar las medidas que solucionen los problemas de las masas de agua en riesgo situadas “aguas arriba” de la cuenca, pasando después a las masas en riesgo situadas más abajo, tomando como escenario futuro que las masas de agua que le aportan volúmenes tienen unos indicadores iguales o mejores que los valores objetivo (es decir, se han tomado las medidas que solucionan los impactos que sufrirían en el escenario tendencial sin medidas).
- **Relación entre indicadores:** los indicadores H-M y F-Q se influyen entre sí. Por ejemplo, las medidas que mejoren el indicador de régimen hidrológico (aumento de caudales medios, mínimos o máximos) afecta a muchos indicadores físico-químicos, al aumentar los caudales de dilución. El indicador morfológico, que incluye la calidad de la vegetación de ribera, influye en el indicador térmico, ya que la presencia de vegetación de ribera hace descender la temperatura del agua al aportar zonas de sombra. Esta dificultad puede solventarse introduciendo medidas primero para los indicadores más generales (en el sentido de que afectan a mayor número de los otros indicadores), y realizando después la ordenación y selección de medidas para los siguientes indicadores teniendo en cuenta los efectos de medidas ya seleccionadas por los indicadores ya analizados.
- **Medidas multipropósito:** Muchas medidas actuarán sobre presiones que afectan a más de un indicador, por lo que su índice coste-eficacia para un indicador no refleja el hecho de que también puede ayudar a mejorar la situación respecto a otro indicador. El procedimiento propuesto para solventar la relación entre indicadores implica que al ordenar y seleccionar las medidas para un indicador ha de tenerse en cuenta los efectos para ese indicador de las medidas anteriormente seleccionadas para otros indicadores. Aunque podría plantearse un problema de optimización multiobjetivo para evitar seleccionar un programa de medidas distinto del de mínimo coste, creemos que esta cuestión (que cae fuera del ámbito de este trabajo) introduciría una opacidad inadecuada para la participación pública, y probablemente no aportaría ahorros reales de costes, por la incertidumbre de la información con la que en la práctica debería trabajar el problema y por las limitaciones del ACE que luego señalaremos.

Se indicaría qué número de medidas sería suficiente para alcanzar o superar el valor objetivo del indicador (teniendo en cuenta el supuesto de partida de que cualquier masa de agua que influya sobre ésta ya ha sido llevada a valores objetivo). Estas medidas se seleccionarían preliminarmente para

el PdM, y se pasaría a ordenar las medidas propuestas para el siguiente indicador. Para este indicador se seleccionaría el número de medidas suficiente para alcanzar o superar el valor objetivo, teniendo en cuenta tres efectos anteriores:

- Que los indicadores de las masas de agua en riesgo “aguas arriba” han alcanzado sus valores objetivo.
- Que los indicadores anteriores de esta masa de agua ha alcanzado su valor objetivo.
- Que se ha seleccionado ya una serie de medidas para los indicadores anteriores que pueden tener también un efecto sobre las presiones que afectan a este indicador.

El resultado final del ACE sería una matriz ordenando las medidas para cada indicador y señalando las que se seleccionarían para alcanzar todos los valores objetivo en todas las masas de agua en riesgo al mínimo coste.

5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL RESULTADO DEL ANÁLISIS COSTE-EFICACIA

Siempre es conveniente realizar un análisis de sensibilidad del resultado del análisis coste-eficacia para verificar la robustez de la selección de medidas efectuada. En general, se deberían realizar los análisis de sensibilidad que se consideren necesarios respecto a cualquier variable o parámetro relevantes cuyo valor resulte significativamente incierto y pueda influir sobre la selección de medidas efectuada.

Los valores de los índices de coste eficacia de cada medida para cada indicador de estado ambiental que puede mejorar se ven afectados por, al menos, dos tipos de incertidumbres:

- Incertidumbre asociada a la calidad de la información de base utilizada para estimar costes y eficacias de la medida.
- Incertidumbre prospectiva: al ser el objetivo a 2015, los datos representativos de la situación actual de la economía, los servicios del agua, las presiones y las dinámicas de las masas de agua deberán ser proyectados hacia el futuro, lo que implicará incertidumbres.

Para poder tener en cuenta estas incertidumbres, puede optarse por ofrecer información sobre distintos escenarios o supuestos para cada medida. En concreto, puede proponerse que se calculen tres valores:

- La situación menos favorable para cada medida (el mayor coste y la menor eficacia), que constituirá el supuesto pesimista, el mayor índice posible,
- La situación más favorable para cada medida (el menor coste y la mayor eficacia), que constituirá el supuesto optimista, el menor índice coste-eficacia posible,
- La situación de costes y eficacias más probable, o una intermedia entre la optimista y pesimista, que constituiría el supuesto realista, un índice más probable o intermedio entre los dos anteriores.

De la misma manera, se realizaría el análisis de la sensibilidad de los resultados del análisis coste-eficacia a variaciones en cualquier otro parámetro o variable incluidos en la caracterización integrada de la demarcación para los que se considere conveniente tener en cuenta la posible incertidumbre de su valor, como por ejemplo la tasa social de descuento utilizada para realizar el cálculo del coste anual equivalente.

BIBLIOGRAFÍA

- “Análisis Coste-Beneficio de la DMA”. CE, 2007.
- “Clean Air for Europe”. Programa de la CE, 2005.
- “Economía ambiental”. Labandeira, X., León, C., Vázquez, M^a., 2006.
- Economía Pública*. Albi, González Páramo y Zubiri (2004).
- Economía*. Samuelson y Nordhaus (2006).
- “El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas”. Ministerio de Medio Ambiente, 2007 (en publicación).
- “El mercado de aguas en Latinoamérica”. Lee y Jouravlev, 1998.
- “El nuevo ciclo de planificación hidrológica en España”. Presentación en Jornadas. Ministerio de Medio Ambiente, 2007.
- “Experiencias internacionales de mercados de aguas”. Dourojeanni y Jouravlev, 1999
- “Guía de participación pública para la DMA” (CE, 2003).
- “Guía WATECO de análisis económico para la DMA” (CE, 2003).
- Harmonising Collaborative Planning* HarmoniCOP. Comisión Europea, 2007.
- “Information Sheet on River Basin characterization: Economic analysis of water uses” (Art 5 Annex III) y “Information Sheet on the methodology to prepare a baseline Scenario”. Common Implementation Strategy Working Group 2B: Drafting Group ECO1.
- “Informe de seguimiento de la aplicación de la Directiva Marco del Agua en España” de la Fundación Nueva Cultura del Agua, junio 2007.
- “Informe para la Comisión Europea sobre los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua”. Confederación Hidrográfica del Júcar, Abril de 2005.
- Introducción a la economía ambiental. PEARCE Y TURNER (1990).
- “La economía verde”. Jacobs, M., 1991, (edición española de 1996).
- “La participación en los planes de cuenca piloto de la Directiva Marco del Agua”. Stefano, L. y Smitchd, G. WWF 2005.
- “La participación en los Planes de Demarcación”. CHE, 2006.
- Libro Blanco del Agua en España*, Ministerio de Medio Ambiente, 2000.
- “Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales”. Ministerio de Medio Ambiente, 2004.
- Plan de Caudales de Mantenimiento aprobado por la Generalidad de Cataluña para las Cuencas Internas de Cataluña por Resolución MAH/2465/2006 de 13 de julio.
- “Plan Hidrológico piloto de la cuenca del Cidacos. Aplicación del análisis económico establecido por la DMA” (Ministerio de Medio Ambiente y Gobierno de Navarra, 2002).
- “Teoría de la Hacienda Pública”. Albi, Contreras, González-Páramo y Zubiri, 1996.