



Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales

Título

**ASPECTOS BÁSICOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL
AGUA: UNA APLICACIÓN A LA SUBCUENCA DEL TRAMO
INFERIOR DEL RÍO EBRO**

Área

ECONOMÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

Autor

Marta Martín Gama

Institución

Universidad de Alcalá





Marta Martín Gama es **licenciada en Economía** por la Universidad de Alcalá (1996-2000) y es candidata a doctora en la misma área de conocimiento por dicha entidad. El pasado Junio obtuvo el **Diploma de Estudios Avanzado**.

En julio de 2002 obtuvo una beca para la formación de personal de investigación (FPI) del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y desde entonces está vinculada al *Grupo de Economía Ambiental* de la Universidad de Alcalá, en calidad de Ayudante de Investigación.

Ha desarrollado su actividad investigadora en el ámbito de la *economía ambiental* y, en particular, en la gestión de los sistemas hídricos.



1. INTRODUCCIÓN

La tradicional consideración del agua como un bien libre ha provocado una deficiente gestión de los recursos hídricos, convirtiéndolo en uno de los problemas más importantes al que nos enfrentamos hoy en día. Sin embargo, la preocupación existente por la gestión del agua no es reciente, en los últimos años y en reiteradas ocasiones se ha insistido en la idea de tratar el agua como un bien económico, ejemplos de ello son la *Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente* celebrada en Dublín en 1992, donde se reconoció el valor económico del agua en todos sus usos alternativos y la necesidad de ser tratado como un bien económico, y el *Segundo Foro Mundial sobre el Agua*, celebrado en La Haya en el 2000, en el que subrayó la necesidad de realizar un buen análisis del valor del agua a la hora de decidir cómo asignarlo entre sus usos competitivos.

En este contexto, el análisis económico ofrece un marco comprensivo para resolver parte de los problemas asociados al manejo de los recursos hídricos y orientar la toma de decisiones hacia una asignación eficiente de los distintos usos en conflicto. En esta línea, la Unión Europea ha creado un marco común de acción en materia de política de aguas, a través de la aprobación de la Directiva Marco del Agua¹, con la finalidad de proteger y mejorar el estado ecológico de las aguas, de los ecosistemas acuáticos y humedales, y promover el uso sostenible del agua mediante una gestión integral de los recursos hídricos.

Este trabajo pretende aproximarse a la problemática del agua desde dos enfoques distintos, uno teórico y otro aplicado, con el fin de alcanzar una visión completa del problema. La primera parte del trabajo se centra en explicar la problemática existente en torno al agua, es decir, su caracterización como bien económico, los posibles usos alternativos del recurso, así como los costes y valores asociados a cada uno de ellos. Y en la segunda parte se desarrolla un estudio de caso aplicado al tramo inferior del río Ebro, con el fin de conocer el estado ecológico de dicho tramo y proponer un plan de medidas que permita mejorarlo y compatibilizar los usos antrópicos y naturales del río.

2. EL AGUA COMO UN BIEN ECONÓMICO

El agua, en su doble faceta cuantitativa y cualitativa, es un activo natural esencial para vida y para una amplia variedad de ecosistemas. Una reducción en su disponibilidad o un deterioro en su calidad podrían ocasionar graves efectos negativos sobre las funciones ecológicas y servicios económicos que proporcionan las aguas, reduciendo el bienestar social. En este contexto, el punto de partida consiste explicar cómo las funciones ecológicas y servicios económicos de las aguas influyen sobre el bienestar de la sociedad.

De acuerdo con la nueva *Directiva Marco del Agua*, el ámbito de análisis se establece como la economía que se desarrolla en torno a una **cuenca o subcuenca hidrográfica**, definida como la *superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta*². En otras palabras, se trata de integrar todas las instituciones, sectores y hogares que valoran los recursos hídricos (superficiales o subterráneos) de dicha cuenca o subcuenca por las funciones ecológicas y servicios económicos que proporcionan.

2.1. Las funciones ecológicas de los sistemas hídricos

Utilizamos el término de **funciones ecológicas** para referirnos a todos aquellos servicios que proporcionan las aguas a todos aquellos activos naturales que son valorados por la sociedad, y cuya existencia y calidad depende de la existencia y calidad de las aguas. Con el objetivo de clarificar la alta complejidad subyacente en los sistemas hídricos, y asumiendo que no existe una delimitación exacta entre las funciones ecológicas que prestas las aguas superficiales y

¹ Directiva 2000/60/CE.

² Definición del artículo 2 de la DMA



subterráneas, en este apartado diferenciamos entre las funciones ecológicas de las aguas según su origen.

2.1.1. Las aguas superficiales

De acuerdo al artículo 2 de la *Directiva Marco del Agua* donde se establecen las definiciones relativas al medio hídrico, hablamos de **aguas superficiales** para referirnos a las *aguas continentales (excluyendo las subterráneas), aguas de transición y costeras, y aguas territoriales, en lo que se refiere al estado químico.*

*Las **aguas de transición** son masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce, mientras que las **aguas costeras** son las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base, que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.*

a) Aguas continentales superficiales

Según Verweij³, las aguas continentales superficiales -ríos, corrientes y lagos- pertenecientes a una cuenca hidrográfica son sistemas altamente complejos, de los que dependen multitud de activos ambientales. El régimen natural de las cuencas viene determinado principalmente por la variabilidad de los caudales⁴ que se producen durante el ciclo hidrológico y a lo largo de los ciclos. En épocas de lluvia o deshielo se producen las llamadas *crecidas* naturales de los ríos, alcanzando caudales pico o máximos, mientras que en los periodos de estiaje, los caudales se hacen mínimos o base; variando unos y otros en magnitud de un ciclo hídrico a otro. Esta variabilidad intra e interanual juega un papel crucial en la sostenibilidad de los sistemas hídricos, al influir sobre la calidad del agua, sobre las características morfológicas de la cuenca, sobre la conservación de humedales, y sobre la conservación de la flora y fauna acuática y ribereña.

A lo largo de su recorrido, las aguas superficiales continentales transportan y reciclan nutrientes incorporándolos a sus características físico-químicas; arrastran, erosionan y depositan sedimentos en el canal; recargan acuíferos e impiden la intrusión marina en la desembocadura. Asimismo de ellas dependen los ecosistemas de **humedales** ampliamente valorados por la sociedad, que tiene su origen en la inundación de vastas extensiones de tierra ribereña durante las crecidas naturales de los ríos, otorgándolas un papel imprescindible para su conservación, no sólo por su volumen sino por el periodo de tiempo en el que se producen. A su vez, los humedales satisfacen una serie de servicios al medio como son su capacidad para retener las precipitaciones fuertes y almacenar agua. En época de lluvias o deshielo, los humedales, gracias a su vegetación, reducen la velocidad de las aguas, evitando inundaciones aguas abajo; almacenan agua en el suelo o en la superficie de lagos y pantanos, evitando la necesidad de construir obras de ingeniería.

b) Aguas de transición y aguas costeras

De acuerdo con las definiciones establecidas en el artículo 2 de la *Directiva Marco del Agua*, la distinción entre aguas de transición y costeras radica en su posición geográfica y en su grado de salobridad. La importancia de su consideración subyace en su influencia sobre los acuíferos costeros, su contribución al clima de la región, y por el valor que las sociedades obtienen de sus ecosistemas asociados. Este tipo de aguas deberían ser incluidas en toda metodología que busque una gestión integral de los recursos hídricos, dado que la sostenibilidad de sus ecosistemas asociados, ricos en diversidad biológica, tales como lagunas costeras, marismas,

³ Michiel Verweij es asesor en gestión de suelo y agua del Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV).

⁴ El caudal es el flujo de agua por unidad de tiempo (m³/s) que recorre una sección determinada del río.



estuarios y deltas, no sólo depende de la interacción de las aguas, sino del equilibrio cuantitativo y cualitativo que se produzca entre ellas.

2.1.2. Las aguas subterráneas

Las **aguas subterráneas**, por su parte, son aquellas *que se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo* (Art.2 DMA). Al igual que las aguas de origen superficial, constituyen un activo natural fundamental para la conservación de ecosistemas valorados por la sociedad.

Las aguas subterráneas se almacenan en reservas naturales de agua, acuíferos, y su doble dimensión cuantitativa y cualitativa se explica por factores de origen natural y humano. El volumen de agua almacenado en un acuífero depende por un lado, de las tasas naturales de recarga y descarga, y por otro, de la tasa de extracción humana. Su grado de calidad viene determinado por la interacción entre el agua infiltrada y los materiales con los que entra en contacto durante su recorrido -*calidad natural del agua*-, y por las fuentes de contaminación humana. Estas fuentes de contaminación pueden provocar fuertes alteraciones en la composición del recurso, llegando incluso a modificar su naturaleza original y afectando a las funciones ecológicas y servicios económicos que prestan este tipo de aguas (Bergstrom *et al.*, 1996).

Las funciones ecológicas que satisfacen las aguas subterráneas son múltiples. Por un lado, son las encargadas de estabilizar los flujos hidrológicos mediante su función de recarga de las aguas superficiales⁵ ("*discharge to surface water*"); sirven de soporte del suelo (*subsistencia del suelo*); frenan la intrusión marina en las zonas costeras ("*salinity buffer*") y, al igual que el resto de sistemas hídricos, tienen la capacidad de asimilar, frenar o incluso diluir un cierto volumen de residuos. Por otro, son alimento para parte de la vegetación de superficie, (aquella que capta agua de fuentes poco profundas para satisfacer sus necesidades hídricas) e imprescindibles para la conservación de la vida acuática. Cualquier cambio físico o químico en sus propiedades puede alterar significativamente la hidrología local e indirectamente generar grandes pérdidas de bienestar social a través de la reducción de sus servicios.

El papel estabilizador de las aguas subterráneas, conocido en la literatura como "**buffer value of groundwater**", es especialmente importante en aquellas zonas caracterizadas por un flujo irregular de las aguas superficiales. Durante las épocas de lluvias o deshielo, los acuíferos capturan gran parte de flujos superficiales, almacenándolos hasta los periodos secos, cuando es necesario compensar los déficits de aguas superficiales (Azaiez, 2002).

2.2 Los servicios económicos de los sistemas hídricos

El agua, además de ser el soporte de cualquier forma de vida animal y vegetal, y de ser un elemento imprescindible para la configuración de los sistemas medioambientales, cumple múltiples funciones del sistema económico y social. Como otros muchos recursos naturales, proporciona al sistema económico una serie de bienes y servicios. Por un lado, es imprescindible como insumo en una amplia gama de procesos productivos y, por el otro, es receptor y regenerador de residuos y desechos provenientes de las actividades económicas. Asimismo, provee multitud de bienes y servicios recreativos.

Sabiendo que los recursos hídricos ni son bienes ilimitados ni su capacidad natural de regeneración es infinita⁶, surge la necesidad de asignar los recursos, cuantitativa y cualitativamente, entre sus distintos usos competitivos.

⁵ Es preciso tener en cuenta que las aguas superficiales también pueden recargar las aguas subterráneas, en cuyo caso una parte de los servicios provistos por las aguas subterráneas se podrían satisfacer gracias a las aguas superficiales.

⁶ Si el umbral de asimilación de los sistemas hídricos es sobrepasado se produce la pérdida de biodiversidad, disminuyen los medios de subsistencia y se generan altos costes de regeneración.



De la teoría económica sabemos que los agentes privados y sociales demandan bienes y servicios, en este caso recursos hídricos, por la satisfacción (beneficio o utilidad) que les reporta, demandándolos hasta el nivel en el que la diferencia entre el beneficio o utilidad marginal de la última unidad demandada (litros, metros cúbicos, hectómetro cúbicos) y el coste marginal de su disponibilidad se hace nulo (Briscoe, 1996). Sin embargo, desafortunadamente, en la mayoría de las situaciones la oferta de agua no incorpora todos los costes del agua, lo que ocasiona pérdidas en el nivel de bienestar social al no reconocer el verdadero coste marginal del recurso. En este contexto, el problema al que se enfrenta el análisis económico es el de conocer los verdaderos valores y costes que supone el uso del recurso.

2.2.1. El valor del agua

El verdadero valor del agua en cada uno de sus usos vendría reflejado por la contraprestación máxima que cada uno de ellos estaría dispuesto a pagar por su disponibilidad. Una asignación eficiente del recurso implicaría destinar el recurso a cada fin concreto si el valor del recurso en dicho empleo excede su coste y el valor del recurso en su mejor uso alternativo. Sin embargo, cuantificar el valor del recurso mediante este mecanismo es una tarea altamente compleja, al no existir mercados de agua o al ser éstos imperfectos. Los métodos existentes en la literatura para valorar el recurso en cada uno de sus empleos competitivos son muy variados, y están basados en sus fuentes de valor. Según Azqueta (2002), los valores del agua, atendiendo a su uso, se pueden clasificar en dos grandes grupos: valores de uso y valores de no uso.

a) Los valores de uso

Los *valores de uso* son aquellos que se derivan de la utilización directa o indirecta del recurso como insumo productivo o como bien final (agua potable o medio recreativo). En esta categoría se diferencia entre valores de uso directo e indirecto. Los ***valores de uso directo*** son aquellos que se derivan de la rentabilidad económica de la explotación de algunas de sus propiedades o/y de la satisfacción de cubrir necesidades o su contemplación. Íntimamente vinculados a esta categoría están los conocidos ***usos consuntivos***, es decir, aquellos que utilizan el recurso de manera física, tales como, los usos agrícolas, domésticos e industriales. Paralelamente, se encuentran los ***valores de uso indirecto*** aquellos que bien se derivan de la rentabilidad económica de la explotación de activos ambientales cuya existencia y atributos dependen de la existencia y atributos de los recursos hídricos, o bien del disfrute de las funciones ecológicas vinculados a éstos. Unidos a ellos están los conocidos ***usos no consuntivos***, es decir, aquellos que sin consumir agua de manera física, necesitan su existencia y algunos de sus atributos (usos energéticos, paisajísticos, recreativos, culturales y de transporte).

Asimismo entre los valores de uso debemos considerar ***el valor de uso futuro y el valor de opción***. El primero es aquel que derivan las personas que sin utilizar ningún sistema hídrico en la actualidad, o alguno de sus atributos, valoran la posibilidad de tener la opción de hacerlo en el futuro; por lo que, cualquier cambio en sus propiedades, supone un cambio en su bienestar. Por otro lado en todas aquellas situaciones en las que exista *incertidumbre* sobre la posibilidad de descubrir nuevos empleos del recurso debemos tener en cuenta el ***valor de opción***. En otras palabras, en todos aquellos contextos en los que se plantee una decisión irreversible (como por ejemplo, en la construcción de nuevos embalses) habrá que tener presente este valor de opción.

b) Los valores de no uso

El principal componente de los ***valores de no uso*** es el ***valor de existencia***, aquel que le otorgan a los recursos hídricos aquellos individuos o colectivos que sin utilizarlo de manera directa o indirecta y sin tener pensamiento de hacerlo en un futuro, valoran positivamente su simple existencia con unas características determinadas. El valor de existencia también incluye el valor que la sociedad atribuye a las funciones ecológicas que cumple el agua.



c) El problema de la doble contabilización

La nueva metodología prestará especial atención al problema de la doble contabilización. En la fase de estimación de las demandas de agua en cada uno de sus usos, se tendrá en cuenta si algunos de los valores del recurso han solapados. Por ejemplo, si se produjese una mejora en la calidad del recurso y esto elevase la productividad del regadío, incrementando el precio de las tierras; no se considerarán ambos efectos aisladamente.

2.2.3. Los costes del agua

El análisis de los costes del agua en cada uno de sus usos competitivos, implica la necesidad de distinguir entre **agua en alta** y **agua en baja**; y entre **aguas superficiales y subterráneas** (origen del recurso). Hablamos de *agua en alta o bruta* para referirnos al recurso recién captado del medio hídrico, mientras que nos hablamos de agua en baja para referirnos al recurso cuando además de haber sido extraída del medio hídrico ha sido sometida a algún proceso de tratamiento.

El primer coste común a todos los usos consuntivos del agua es el llamado **coste del recurso**, en ocasiones denominado en la literatura como "*externalidad ambiental*"⁷ (Rogers, et al., 1998); aquel que se origina al desviar el recurso del medio hídrico a fines consuntivos concretos, pudiendo sacrificar parte de los usos no consuntivos y valores de no uso del recurso. Este coste será tanto mayor cuanto mayor sea la escasez relativa del recurso. Si existiesen mercados de agua y éstos fuesen competitivos, el coste del recurso podría ser asimilado al precio de mercado del agua una vez descontados los costes de captación, tratamiento y distribución; sin embargo, raramente esto ocurre. Sólo en aquellas circunstancias en las que el propietario de la infraestructura tenga también la propiedad del agua y el permiso de venderla en un mercado competitivo a un precio que exceda los costes de producción del agua, será posible separar los costes del recurso de los costes de producción.

Paralelo al coste del recurso, deberíamos considerar el coste de oportunidad del agua asociado a todos aquellos usos consuntivos y no consuntivos que necesitan retener el recurso en un tramo concreto del río para su uso futuro sacrificando parte de los usos consuntivos del recurso y el régimen natural del río.

En referencia al agua en alta, también deberíamos considerar todos aquellos **costes vinculados a las obras hidráulicas** (embalses, pozos, diques y canales) necesarios para disponer del recurso, tales como su construcción y mantenimiento. Estos costes, en determinadas situaciones, serán comunes tanto para usos consuntivos del recurso como no consuntivos; por ejemplo, en el caso de la construcción de una presa, disfrutarán de las aguas embalsadas las familias tanto para cubrir sus necesidades básicas como para recrearse, así como las centrales hidroeléctricas para su producción. Asimismo, se deberá tener en cuenta los **costes asociados a su captación**, sólo existentes para los usos consuntivos.

En referencia al agua en baja, deberemos tener en cuenta todos aquellos asociados al tratamiento y distribución del recurso.

Y finalmente tampoco deberemos olvidar, que todo empleo del agua además de llevar asociado un **coste de oportunidad**, y que éste será tanto mayor cuanto menor sea el valor del agua en el fin concreto al que se destina y cuanto más escasa sea esta en términos relativos. En cada

⁷ El coste del recurso es igual a la externalidad ambiental en aquellas situaciones en la que se extrae del sistema la cantidad óptima (Gómez, 2004).



situación concreta tampoco se deberían pasar por alto los posibles costes externos que determinados usuarios del agua ocasionan sobre el resto de los agentes económicos sin que exista una contraprestación.

El agua, además de ser el soporte de cualquier forma de vida animal y vegetal, y de ser un elemento imprescindible para la configuración de los sistemas medioambientales, cumple múltiples funciones de carácter económico y social. Al igual que otros muchos recursos naturales, proporciona al sistema económico una serie de bienes y servicios, por un lado, es utilizado como insumo en una amplia gama de procesos productivos y, por el otro, es receptor y regenerador de residuos y desechos provenientes de cualquier actividad económica. Así mismo, provee multitud de bienes y servicios recreativos y ambientales. Sin embargo, para que el agua pueda cumplir cada una de estas funciones es necesario que satisfaga una serie de requisitos cuantitativos y cualitativos:

A nivel cuantitativo, el volumen de agua disponible susceptible de utilización está condicionado por varios factores: geológicos (materiales por los que circula el agua superficialmente o subterráneamente), ecológicos (tipo de vegetación y grado de cobertura), climáticos (precipitaciones, evapotranspiración e infiltración a nivel freático) y humanos (infraestructuras).

Por otra parte, su calidad o composición físico-química depende de los usos que se le estén dando al recurso., porque si bien el agua tiene una capacidad para regenerarse y purificarse, está es limitada y si se sobrepasa, los recursos hídricos no podrán desempeñar de igual manera todas sus funciones (Sáenz de Miera, 2002).

2.3 Análisis de los usos del agua

2.3.1. El problema de la información

El principal problema al que se enfrentan los expertos de la economía del agua es la escasa información disponible en torno a los usos del recurso, lo que dificulta el diseño de metodologías capaces de asignar de una manera eficiente los recursos hídricos y susceptibles de aplicación. Esta falta de información⁸ y la heterogeneidad de la existente, son las principales limitaciones impuestas para gestionar el recurso. Aunque todas cuencas hidrográficas españolas disponen de sistemas de información (estaciones de aforo y de calidad) sobre las características cuantitativas y cualitativas de los recursos hídricos continentales, los puntos de muestreo son limitados en tiempo y espacio lo que imposibilita tener un conocimiento exacto de las aguas (la calidad y cantidad de las aguas varía a lo largo del tiempo y del sistema hídrico). Por ello, el punto de partida de toda metodología que pretenda alcanzar una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos debería consistir en la elaboración de una base de datos que incorporase toda la información disponible referente para explicar las distintas demandas de agua, sus interrelaciones y efectos.

Aunque históricamente uno de sus objetivos prioritarios en materia de aguas ha estado centrado en la estimación y/o predicción de las demandas de agua en cada uno de sus usos, el enfoque ha ido variando a medida que los conflictos de uso han ido aumentando. El enfoque tradicional estaba basado en la idea de satisfacer indefinidamente los aumentos de la demanda. Los ingenieros eran los encargados de predecir la demanda de agua mediante series temporales, asumiendo que la demanda futura tendría el mismo comportamiento que la histórica, con el propósito de conocer el tipo y tamaño de las infraestructuras necesarias para cubrir las demandas futuras. Sin embargo, este planteamiento empezó a ser cuestionado a medida que el carácter económico de recurso (escasez) se hizo patente y se demostraba que el método

⁸ Parte de esta falta de información se explica porque los consumidores no revelan a las autoridades competentes el valor marginal que tiene para ellos el agua (Johansson *et al*, 2003).



tradicional sobreestimaba las demandas de agua. Hoy en día, la principal preocupación en esta área es el empleo de otros métodos capaces de estimar las demandas reales de agua con el fin de poder anticipar los efectos de las políticas de demanda.

2.3.2. Análisis de los usos consuntivos

2.3.2.1. Los usos agrícolas⁹

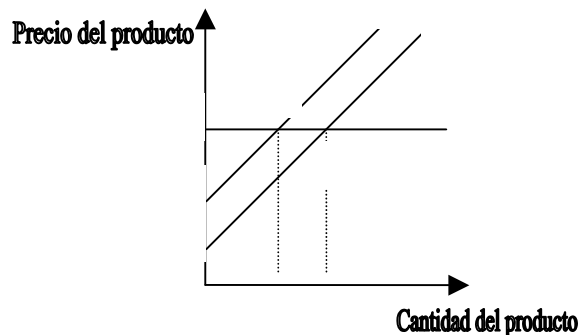
El sector agrícola, especialmente en zonas áridas o semiáridas, consume grandes cantidades de agua, compitiendo por ellas con el resto de usuarios¹⁰. En términos globales las actividades agrícolas emplean alrededor de un 65% del agua total consumida (OCDE, 1999); siendo escasas las situaciones en las que su uso es eficiente¹¹ y abundantes aquellas en las que provoca problemas de sobreexplotación y contaminación.

La eficiencia asignativa del agua entre los usuarios agrícolas viene dada por la igualdad entre el beneficio marginal de la última unidad de agua consumida y el coste marginal de disponer de ella; eficiencia difícilmente alcanzable en la práctica debido a que los recursos hídricos frecuentemente presentan las propiedades propias de los **bienes comunes** (rivalidad en el consumo e imposibilidad de exclusión por precio), lo que en ausencia de derechos de uso sobre el agua provoca la sobreexplotación del recurso ("tragedia de los comunes"¹²).

a) Demanda agrícola de agua

La demanda agrícola de agua es una demanda derivada, donde su valor emana de su contribución al proceso productivo. Los agricultores incorporan recursos hídricos en su función de producción como un insumo intermedio¹³, demandándolo hasta que el coste del último metro cúbico consumido (precio) se iguala a su ingreso marginal (Ferreiro, 1994). En el siguiente gráfico se muestra como se deriva la demanda agraria de agua.

Gráfico1: Demanda agrícola de agua



⁹ La demanda de agua agrícola suele incluir el sector ganadero, incluyéndose en esta categoría las piscifactorías.

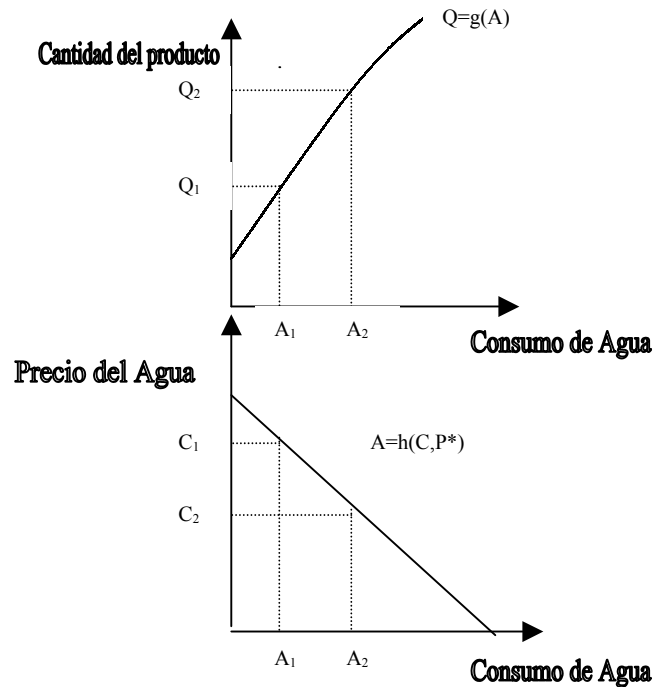
¹⁰ Por ejemplo, en España el consumo de agua agrario supone alrededor de un 70% del volumen total (López-Camacho, 1997).

¹¹ La eficiencia del uso del agua en la agricultura, en la mayoría de los casos, se explica por el desarrollo histórico de los sistemas de regadío y por las distintas técnicas que son utilizadas en la actualidad.

¹² La tragedia de los comunes se produce cuando los usuarios del recurso ignoran los efectos de sus acciones sobre el resto del recursos y sobre el resto de usuarios al perseguir su propio interés

¹³ El uso del agua en el regadío esta determinado por el contenido químico del agua (la sensibilidad del cultivo a la salinidad y otros compuestos solubles del agua) y a las características químicas del suelo.





La demanda de agua agrícola además de depender de manera inversa del coste del recurso (precio establecido por el agua) y positivamente del precio del producto final, depende de múltiples factores tales como: el tipo de cultivo y propiedades del suelo; distancia de la localización del cultivo respecto al medio hídrico del que se abastece; calidad del recurso; clima y época del año. La importancia de su estimación subyace en el conocimiento de cómo los agricultores responden a variaciones en el precio (*elasticidad precio de la demanda*). Según Ferreiro, sabemos que la elasticidad varía en función del corto o largo plazo, y de algunas variables exógenas tales como la incertidumbre y de la aversión al riesgo. En el corto plazo o cuando los agentes son adversos al riesgo, los agricultores se encuentran con pocas posibilidades de respuesta (*in-elasticidad*), mientras que en el largo plazo podrán cambiar sus conductas y, por tanto, tener una demanda más elástica.

La evidencia empírica muestra un reducido valor del agua en la mayor proporción de los cultivos, aquellos con baja rentabilidad, aunque existe una pequeña proporción de cultivos de alta rentabilidad, en los que el agua tiene un alto valor (Briscoe, 1996).

b) El coste del agua en fines agrícolas

Los costes del agua en la agricultura son difíciles de delimitar dada la alta complejidad que impone la escasez del recurso. En países con abundante agua, los efectos externos positivos del regadío y los sistemas de drenaje son conocidos, mientras que en los países o regiones con recursos hídricos limitados, la oferta de agua para regadíos está asociada a un amplio rango de costes intermedios, además de los puramente asociados con la esfera privada o social.

Para realizar una correcta estimación de los costes del agua en la agricultura deberían incluirse: el coste del recurso y todos los costes vinculados al agua en alta (descritos en el epígrafe 2.2.3.), además de los propiamente privados y de distrito, y los costes externos

Costes privados y costes de distrito

Los **costes privados** son todos aquellos de los que el agricultor es enteramente responsable y consciente de su existencia. Estos costes son indicadores *prima facie* de su disposición a pagar. Los **costes de distrito o colectivos** engloban los de costes de



operatividad y mantenimiento de las infraestructuras o servicios destinados a un conjunto de regantes perfectamente identificados, asociaciones de regantes¹⁴.

Costes externos/distritos de riego

Hablamos de **costes externos** para referirnos por un lado, a los efectos externos negativos que la agricultura de regadío impone sobre terceros y, por el otro, a de los efectos externos negativos que impone sobre el medio ambiente; ambos fuertemente vinculados a la tecnología utilizada en sus procesos de producción.

Según la Comisión Europea los costes externos sobre el medio ambiente incluyen los impactos directos e indirectos que la agricultura impone sobre los sistemas hídricos, sobre el suelo, sobre la biodiversidad y el paisaje. Los costes externos más importantes sobre terceros y sobre el medio son la contaminación de las aguas¹⁵, la sobreexplotación y la salinidad (OCDE, 2002).

En España, se estima que el coste medio del agua destinada al regadío es de aproximadamente 0,12€/m³; incluyendo los costes de regulación, transporte y distribución al área cultivada, y que las políticas públicas subsidian el 90% de dichos costes (Corominas, 1996, citado por Ortega *et al.*, 2004, pp.2). Asimismo, otros expertos afirman que existe evidencia de que los subsidios del agua con fines agrícolas no están relacionados con la productividad y tamaño del cultivo, el empleo creado, la renta del agricultor y la gestión del agua (Varela, *et al.*, 1998; Calatrava y Garrido, 2001, citado por Ortega *et al.*, 2004, pp.2).

En la siguiente tabla se muestra los costes medios del agua para el regadío en función del origen del recurso y de su escasez relativa (Castillo, 1997, citado por Ortega, *et al.*, 2003, pp.2):

Tabla1: Costes medios del agua de regadío según origen

Origen del agua	€/m ³
Aguas subterráneas	0,12-0,18
Aguas superficiales	0,15-0,24
Aguas desaladas marinas	0,84-1,14
Aguas desaladas parcialmente salinas	0,09-0,18
Aguas recicladas	0,15-0,18

¹⁴ En España, a los distritos de riego se les asigna un papel instrumental en la aplicación de la política y gestión del agua.

¹⁵ La agricultura, mediante las tasas de retorno (definida como la parte del agua consumida por el sector que regresa al medio hídrico) contamina las aguas de fertilizantes minerales y agro-tóxicos que su tecnología ha utilizado.



c) Los precios medios del agua en la agricultura

Aunque la mayoría de la información disponible sobre los precios del agua pagados por la agricultura no es homogénea, en la siguiente tabla se muestran una de las clasificaciones presentadas en el Plan Hidrológico Nacional. A la vista de las tablas 1 y 2, si comparamos la información relativa a las aguas subterráneas, podemos observar que los precios medios del agua pagados por la agricultura sólo cubren un 25% de los costes medios totales, lo que explica en parte, los escasos incentivos que tienen los agricultores por usar eficientemente el recurso.

Tabla2: Precios medios del agua pagados en la agricultura

	€/m ³
Regadío con iniciativa pública	0,01
Regadío con Aguas Subterráneas	0,03-0,06
Regadío con trasvase (Tajo-Segura)	0,14

Fuente: Sumpsi, *et al.*, citado en el Plan Hidrológico Nacional

2.3.2.2. Los usos domésticos e industriales: los usos urbanos

a) La demanda doméstica de agua

La demanda doméstica de agua es una demanda final que depende del precio establecido por el agua, de las características individuales de los hogares (tamaño, composición y nivel de renta) y de las características climáticas de la región (Renzetti, 1992). La elasticidad precio de la demanda varía en función del uso que los hogares hagan del recurso, es decir, del tramo de la curva de demanda en el que se sitúen. En el primer tramo, en el que las cantidades demandadas son reducidas y se emplean para satisfacer necesidades básicas, la utilidad marginal del recurso es muy elevada, no experimentándose respuesta alguna ante variaciones en el precio (in-elasticidad). Sin embargo, a medida que las cantidades van aumentando para destinarse a fines mucho menos necesarios, como el riego de jardines, la utilidad marginal va disminuyendo y las respuesta de los hogares ante variaciones en el precio son más elásticas¹⁶ (Ferreiro, 1994).

La literatura existente en este campo ha propuesto dos maneras de incorporar el precio del agua en la forma funcional de la demanda: *precios marginales*, definidos como la tasa del último bloque de la tarifa en el que se sitúa el consumidor y/o *precios medios*. Algunos autores como Chicoine *et al.*, 1986; Nieswiadomy, 1992 recomiendan la consideración de uno u otro en función del nivel de información disponible para los consumidores.

La literatura más reciente en España (Arbués, 2000) ha utilizado modelos dinámicos para la estimación de las funciones de demandas domésticas e industriales (datos de panel). Estos trabajos asumen formas funcionales lineales de la demanda urbana de agua. Para la

¹⁶ la demanda de agua con fines domésticos se caracteriza por su alto valor, siendo tanto mayor cuando se destina a cubrir necesidades básicas que cuando se destina a usos discrecionales (Briscoe, 1996).



especificación del primer tramo, en el que los hábitos en el consumo son esenciales, emplearon modelos de *ajuste parcial*, incorporando el consumo de agua retardado un periodo para otorgarle un carácter estructural.

Los modelos de Arbués y García explican la **demanda de agua** a partir del **consumo del recurso** (variable dependiente) en función: del **precio medio de agua retardado dos periodos** (asumen que aunque el cabeza de familia conozca la factura del agua en el momento presente, reacciona cuando el pago se hace efectivo, dos periodos más tarde); un vector de **factores climáticos y/o deficiencias en el servicio** (temperaturas medias máximas del periodo, nivel de precipitaciones y restricciones cuantitativas y cualitativas del suministro); un vector que recoge las **características de los hogares** (número de personas por unidad de consumo e índice del nivel de renta) y un término de **error compuesto**, en el que se incluyen la heterogeneidad individual no observable y los shocks aleatorios.

b) La demanda industrial de agua

La demanda industrial de agua, al igual que la agrícola, es una demanda derivada que depende del tipo de actividad que desarrolle la empresa y de su rentabilidad. Aunque los recursos hídricos para todo el sector industrial representan insumos, las necesidades de unas y otras difieren en volumen y calidad. Por ejemplo, mientras la industria de caucho y plástico requiere un gran volumen de agua y es poco exigente en cuanto a la calidad, la industria de la alimentación, bebidas y tabaco requiere menores cantidades de agua, pero de gran calidad.

Los estudios realizados sobre la demanda y valor del agua en el sector industrial no han sido muy numerosos, existiendo poca evidencia de que el valor del agua en este uso sea tan elevado como ha sido ampliamente pensado (Frederick, *et al.*, citado por Dupont, 2001 pp.413).

Arbués (2000) en sus trabajos ha especificado la función de demanda de agua industrial (cantidad consumida) en función de un vector de variables constantes en el tiempo, que representan el tipo y nivel de actividad, y del precio retardado un periodo (asume que el sector industrial tiene una mayor velocidad de ajuste ante el precio que la demanda doméstica de agua).

c) Los costes del agua destinada a abastecimientos urbanos

El agua destinada a usos urbanos presenta todos los costes relativos al agua en baja, aunque varían de una situación a otra en función del origen del recurso, de los sistemas empleados para su captación y distribución, y de técnicas de tratamiento utilizadas (el agua destinada a fines domésticos y a determinadas industrias debe cumplir una serie de requisitos para ser apta). En general, los costes asociados al agua con fines urbanos suelen ser elevados, a excepción de los costes de oportunidad, lo que se explica por la mayor eficiencia del agua en fines domésticos e industriales.

Los externalidades de los usos urbanos de agua suelen tomar dos direcciones: por un lado, positivas, la higiene, y por el otro, negativas, problemas de contaminación derivados de las aguas residuales. Sin embargo, estos últimos pueden ser internalizados por los municipios e industrias mediante sistemas de depuración.

d) Origen del agua

Según el último informe de la Asociación Española de Abastecimiento de Aguas y Saneamiento (AEAS) referido al año 2000, el origen del agua destinada a usos urbanos depende de dos factores: en primer lugar, del balance hídrico de la cuenca hidrográfica de



la que captan el recurso y, en segundo lugar, del tamaño del abastecimiento. Aunque en términos agregados el 78% del agua disponible con estos fines tiene su origen en las aguas superficiales, los municipios que se abastecen de las cuencas hidrográficas más deficitarias - Canaria, Balear, Júcar, Sur e Internas de Cataluña- presentan un mayor porcentaje con origen subterráneo: -72, 35 51, 42 y 22%-, respectivamente. Asimismo, los municipios con una población menor de 50.000 habitantes se abastecen mayoritariamente de aguas subterráneas¹⁷.

Tabla3: Origen del agua en Alta según tamaño de municipios (2000)

Origen del agua	[20.001, 50.000]	[50.001, 100.000]	[100.001, infinito)	Áreas metropolitanas	Totales
Aguas superficiales	29%	0,84	0,68	0,95	0,77
Aguas subterráneas	0,46	0,16	0,18	0,05	0,15
Manantiales	0,12	0,00	0,05	0,00	0,03
Desaladas	0,06	0,00	0,06	0,00	0,03
Otro origen	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Sin determinar	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01
Litros/Hab/Día	294	240	260	249	256

Fuente: elaboración propia basada en los datos de AEAS

e) El sistema tarifario

En España, el sistema empleado para recuperar los costes del agua en fines domésticos e industriales es predominantemente tarifario. Estas tarifas suelen estar compuestas por dos cuotas: una fija y otra variable. La cuota fija cubre los costes del servicio, mientras que la cuota variable suele ser progresiva y pretende cubrir los costes del agua. La progresividad de la cuota variable explica por qué el sector industrial y las economías domésticas tienen mayores incentivos para utilizar el recurso de una manera más eficiente que el sector agrícola.

En la tabla número 5 y 6 se presentan los precios medios del agua pagados por los usos urbanos para el año 2000 según el tamaño de la población y los precios medios pagados por los usos domésticos por Comunidades Autónomas, respectivamente.

Tabla4: Precios medios del agua para abastecimientos según tamaño de población

	€/m ³
Media nacional	0,64
Áreas metropolitanas	0,67
Superiores a 100.000 hab.	0,61
Inferiores a 100.000 hab.	0,64

¹⁷ Del agua en alta para estos municipios un 46% tiene su origen en las aguas subterráneas y un 29% en aguas superficiales



Fuente: elaboración propia basada en los datos de AEAS

Tabla5: Precios medios del agua (€/m³) para abastecimiento por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Captación y Depuración	Distribución	Saneamiento	Total
Andalucía	0,23	0,69	0,64	1,55
Aragón	0,12	0,37	0,32	0,81
Asturias	0,15	0,42	0,24	0,81
Baleares	0,29	0,50	0,94	1,73
Canarias	0,44	1,26	0,74	2,44
Cantabria	0,23	0,43	0,25	0,91
Castilla y León	0,12	0,33	0,08	0,53
Castilla la Mancha	0,22	0,48	0,36	1,06
Cataluña	0,38	1,07	0,45	1,90
Comunidad Valenciana	0,31	0,88	0,51	1,70
Extremadura	0,25	0,44	0,47	1,17
Galicia	0,08	0,30	0,26	0,65
Madrid	0,14	0,66	0,56	1,36
Murcia	0,44	0,88	0,86	2,18
Navarra	0,11	0,37	0,29	0,77
País vasco	0,27	0,34	0,43	1,04
Rioja	0,15	0,24	0,28	0,67
Ceuta y Melilla	0,25	1,07	0,62	1,94
Total España	0,24	0,67	0,46	1,38

Fuente: Plan Hidrológico Nacional

2.3.3. Análisis de los usos no consuntivos

Aunque los usos no consuntivos del agua se llevan a cabo sobre aguas superficiales, sus posibles impactos sobre el medio hídrico, y en concreto sobre la calidad, pueden propagarse a las aguas subterráneas. A continuación se hace un breve resumen de los usos no consuntivos del agua.

2.3.3.1. Los usos recreativos

Las aguas superficiales, especialmente en embalses y espacios naturales protegidos, sirven de soporte para el desarrollo de actividades recreativas que generan un alto bienestar para la sociedad. Entre ellas cabe citar la navegación en ríos y embalses, deportes de invierno y de aventura, pesca y termalismo.

La demanda de servicios recreativos asociados a un sistema hídrico es una demanda final que depende de las características socioeconómicas del individuo y de los atributos propios del sistema. Su estimación es una tarea altamente compleja, dado que en la mayoría de las situaciones el disfrute de la naturaleza se caracteriza por ser un **bien público puro**. El único método disponible hasta el momento para su estimación es el llamado **coste de viaje**, el cual estima la disposición a pagar de los individuos en función de los costes (gasolina y tiempo) en los que tiene que incurrir para disfrutar de tales servicios.



Los **costes de los usos recreativos** difieren según los casos. En aquellas circunstancias en las que los servicios recreativos se desarrollen en embalses llevan aparejado el coste de oportunidad asociado a retener el agua. Asimismo, deberán estudiarse los posibles daños que estas actividades pueden ocasionar sobre terceros y sobre el medio ambiente, tales como la contaminación o introducción de nuevas especies.

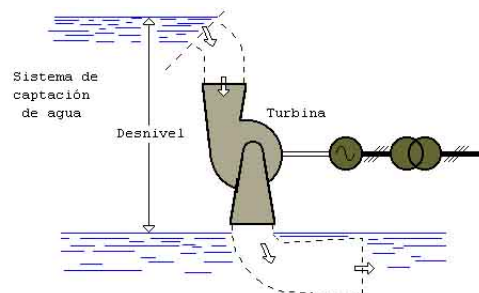
2.3.3.2. Los usos del agua para generar energía eléctrica

El empleo del agua para la generación de energía eléctrica difiere según sea utilizada por centrales hidroeléctricas, nucleares y térmicas. Mientras las hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua almacenada para su producción, las centrales térmicas y nucleares la emplean en sus procesos de refrigeración. Si bien es cierto que el gran volumen de los recursos hídricos utilizados por cada una de ellas regresa al sistema hídrico del que fueron tomados, no lo es que lo hagan al mismo lugar (caso de las hidroeléctricas) ni con las mismas características (caso de las centrales térmicas y nucleares).

Al igual que en todas aquellas situaciones en las que el agua se emplea como insumo productivos, en el caso de las empresas que generan energía eléctrica, la demanda de agua es una demanda derivada que depende del precio del recurso y del nivel de producción final; sin embargo sus costes son más específicos. A continuación se explica el funcionamiento de cada tipo de central y los costes que implica su uso del recurso.

Las centrales hidroeléctricas para conseguir el desnivel necesario para su producción aprovechan la orografía del terreno, dando lugar a dos modelos básicas de producción: *aprovechamientos con derivación* y *aprovechamientos con embalse*. Los primeros requieren de azudes o pequeños embalses para conseguir la elevación necesaria de una lámina de agua que posteriormente derivan a la central mediante una red de canales o tuberías, lo que produce la deslocalización de los caudales del sistema hídrico; mientras que los segundos requieren grandes embalses para regular los caudales en función de las necesidades eléctricas de cada momento. Ambos modelos de producción tienen impactos importantes sobre el tramo de la cuenca hidrográfica afectada. Los aprovechamientos con derivación anulan o reducen los caudales del tramo comprendido entre la desviación y su retorno, mientras que las presas interrumpen los caudales en el embalse, alterando el régimen natural de la cuenca.

Grafico 2: Esquema de una central hidroeléctrica de aprovechamiento con embalse



Las centrales térmicas y nucleares devuelven al sistema hídrico los recursos utilizados para su refrigeración, pero con una temperatura mayor, lo que puede desencadenar una serie de reacciones bioquímicas que se traducen en cambios físicos y/o químicos del recurso que pueden influir sobre el bienestar social. Al igual que en el caso de las centrales hidroeléctricas, este tipo de centrales disponen de dos modelos básicos de producción: el llamado sistema de circuito abierto y el sistema de circuito cerrado. El primer sistema es empleado por aquellas centrales que utilizan aguas saladas y que disponen de aportaciones fluviales suficientes y garantizadas, mientras que el segundo se emplea cuando existe escasez de aguas superficiales continentales, devolviendo al sistema alrededor de 95 % del agua que fue extraída, generalmente en un punto cercano.



3. ESTADO ECOLÓGICO DEL TRAMO INFERIOR DEL RÍO EBRO

La Directiva Marco del Agua ha supuesto un gran avance en la gestión integral de los recursos hídricos, principalmente al enfatizar la importancia del buen estado ecológico del medio hídrico en su totalidad. Por ello, en estas páginas, se presenta un caso de estudio relativo al tramo inferior del río Ebro en el que se realiza un análisis del estado ecológico y se presentan las crecidas de mantenimiento como plan de medida para mejorarlo.

El caso de estudio se estructura de la siguiente manera: en el apartado 3.1, se describen las principales características de cada una de las 9 secciones en la que se ha dividido el tramo, haciendo especial hincapié en los atributos de los embalses, en la situación ecológica y en los usos del agua. En el apartado 3.2 se analiza el estado ecológico integral del tramo y en el último apartado se presentan los costes y beneficios esperados de las crecidas de mantenimiento

3.1. Análisis del Tramo

El tramo seleccionado para el análisis es el que comprende el eje del Ebro entre la Presa de Mequinenza y la desembocadura del río en aguas del mar Mediterráneo. Para facilitar el análisis, dicho tramo ha sido dividido en nueve secciones siguiendo uno de los trabajos elaborados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE): *Estudio de la Calidad Ecológica Integral del Río Ebro (1998)*; éstas son: Vuelta de Valero-Presa de Mequinenza, Presa de Mequinenza-Presa de Ribarroja, Presa de Ribarroja-Presa de Flix, Presa de Flix-Central Eléctrica de Flix-Entrada Sierra Prelitoral, Entrada Sierra Prelitoral-Puente Nuevo de Mora de Ebro, Puente Nuevo de Mora de Ebro-Azud de Xerta, Azud de Xerta-Amposta, Amposta-Isla de Gracia, Isla de Gracia-Desembocadura en el Mediterráneo.

Para cada sección se detalla su situación, es decir, cuáles son las características del embalse, si lo tuviese; cuál es su estado ecológico, atendiendo a la calidad del agua, características morfológicas e hidrológicas, estado del hábitat para la fauna acuática y ribereña, y calidad de la vegetación de ribera; y qué usos se satisfacen.

Cada uno de los componentes que definen el estado ecológico será puntuado dentro del intervalo 0-10 en función de su situación, de tal modo que la puntuación será tanto mayor cuanto mejor sea el estado de cada una de las variables.

a) Sección 1: Vuelta de Valero- Embalse de Mequinenza

Esta sección está comprenda por el embalse de Mequinenza, entorno se caracteriza por estar poco poblado.

Tabla6: Características del embalse

Afluentes	Aportación media anual (m ³ /s)	Capacidad (Hm ³)	Extensión (ha.)	Profundidad (m)	Cota	Tº Resistencia (meses)
Río Guadalupe	200-500 l/s	1.530	7.540	20-62	70-121	1 o 2

Fuente: CHE



Tabla7: Estado Ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
Valoración	Regular	Mala	Mala	Mala	Mala
Puntuación	5	1	2	0	0

Fuente: CHE

Tabla8: Usos

Consuntivos			No consuntivos		
Urbano	Agrícola	Ganadero	Energético	Transporte	Recreativo
Chiprana, Playas de Chacón, Caspe, Mequinenza	26 tomas de agua (con motobomba)	Instalaciones pecuarias	Hidroeléctrico	Remo y motor	Pesca, baño

Fuente: elaboración propia

b) Sección 2: Embalse de Mequinenza- Embalse de Ribarroja

Este tramo también se caracteriza por estar íntegramente embalsado.

Tabla10: Características del embalse

Afluentes	Aportación media anual (m ³ /s)	Capacidad (Hm ³)	Extensión (ha.)	Profundidad (m)		Cota		Tº Resistencia (meses)
				Media	Máx.	Máx.	Min.	
Cinta	150	210	2.152	9,7	34	70	40	Menos de 1
Segre	70							
Matarraña	1							

Fuente: CHE

Tabla11: Estado Ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
<i>Valoración</i>	Regular	Mala	Regular	Mala	Mala
Puntuación	5	1	3	2	2

Fuente: CHE



Tabla12: Usos

Consuntivos		No consuntivos		
<i>Urbano</i>	<i>Agrícola</i>	<i>Energético</i>	<i>Recreativo</i>	<i>Transporte</i>
Fatarella	9 tomas de agua (con motobomba)	Hidroeléctrico	Pesca Baño.	Remo y Moto

Fuente: elaboración propia

c) Sección 3: Embalse de Ribarroja- Embalse de Flix

Hasta el embalse de Flix el tramo se encuentra embalsado.

Tabla13: Características del embalse

Afluentes /Aportación	Capacidad (Hm ³)	Extensión (ha.)	Profundidad (m)		Cota		Tº Resistencia (meses)
			Media	Máx.	Máx.	Min.	
Río Guadalupe	11	320	3,4	62	121	70	1 o 2
200-500 l/s							

Fuente: CHE

Tabla14: Estado ecológico

		Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
Valoración	Tamo1	Regular	Mala	Regular	Regular	Subóptima
	Tramo2	Regular	Subóptima	Subóptima	Subóptima	Subóptima
Puntuación	Tramo1	5	1	5	5	7
	Tramo2	5	8	8	6	7

Fuente: CHE

Tabla15: Usos

Consuntivos			No consuntivos		
<i>Urbano</i>	<i>Agrícola</i>	<i>Industrial</i>	<i>Energético</i>	<i>Recreativo</i>	<i>Transporte</i>
Riba-Roja d'Ebre Flix	15 tomas de agua (con motobomba)	Química (Flix)	Hidroeléctrico: Central de Flix	Pesca Pic-nic	Remo y Motor



d) Sección 4. Central eléctrica de Flix- Entrada sierra Pre-litoral

El inicio del tramo está formado por un sector embalsado hasta el azud de la Central Nuclear de Ascó. El vertido de la central provoca una corriente muy fuerte que cruza de la margen derecha a la izquierda, y continúa por esta a lo largo de unos 200 m.

Los caudales más frecuentes son entre 200 y 300 m³/s, y los medios anuales alrededor de 400 m³/s.

Tabla16: Estado ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
Valoración	Regular	Subóptima	Subóptima	Subóptima	Subóptima
Puntuación	5	8	8	6	7

Fuente: CHE

Tabla17: Usos

	Consuntivos	No consuntivos		
Urbano	Agrícola	Energético	Recreativo	Transporte
Ascó Vinegre	12 tomas permanentes para población y regadío	Refrigeración: Nuclear	Pesca	Remo y motor

Fuente: elaboración propia

e) Sección 5. Entrada sierra Pre-litoral- Puente Mora de Ebro

Los caudales más frecuentes se encuentran entre 200 y 300 m³/s, y los medios anuales alrededor de 400 m³/s. El afluente más importante de este tramo es el río Ciurana.

Tabla18: Estado ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
Valoración	Subóptima	Óptima	Óptima	Regular	Subóptima
Puntuación	6	9	9	5	7

Fuente: CHE



Tabla19: Usos

Consuntivos		No consuntivos		
Urbano	Agrícola	Recreativo	Transporte	Paisajístico
García, Móra d'Ebre y Móra La Nova	2 tomas permanentes de agua 3km aguas arriba del final del tramo.	Pesca ¹⁸	Remo y Motor ¹⁹	Paisajes excelentes

Fuente: elaboración propia

f) Sección 6. Puente Mora de Ebro- Azud de Xerta

El afluente más importante de este tramo es el río Canaleta. Los caudales más frecuentes se encuentran entre 200 y 300 m³/s, y los medios alrededor de 400 m³/s.

Tabla20: Estado ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
Valoración	Subóptima	Regular	Regular	Subóptima	Subóptima
Puntuación	6	3	5	7	8

Fuente: CHE

Tabla21: Usos

Consuntivos		No consuntivos			
Urbano	Agrícola	Energético	Recreativo	Transporte	Paisajístico
Benissanet, Benifallet, Miravet, Rasquera, Ginestar d'Ebre y poblaciones de la Dreta y Esquerra de l'Ebre a través de canales, p.e Tarragona.	17 tomas permanentes, para riegos y pequeñas granjas	Hidroeléctrico: Central de Xerta	Pesca Pic- nic (Xerta)	Remo y Motor	Magnífico conjunto arquitectónico sobre el Ebro (Miravet)

Fuente: Elaboración propia

¹⁸ No hay ningún sector catalogado excepto en las zonas de reserva donde está prohibida cualquier actividad piscatoria.

¹⁹ Incluido en el proyecto de Recuperación de la vía navegable del Ebro entre Riba-Roja y Tortosa. Hay un embarcadero en García, otro en Móra d'Ebre con embarcaciones tradicionales de gran belleza y club náutico, y otro en Móra La Nova.



g) Sección 7. Azud de Xerta- Amposta

En esta sección, el eje del río atraviesa una llanura aluvial que está limitada por las sierras de Els Ports (por la derecha), y del Boix (por la izquierda). Su cauce es ancho y profundo, y su caudal se encuentra afectado por las detracciones de los canales de la Derecha y de la Izquierda del Ebro.

En Tortosa el caudal medio anual varía entre 250 y 400 m³/s y en la época de riegos ronda los 100-200 m³/s, y su caudal mínimo está entre 60 y 100 m³/s.

Tabla22: Estado ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
Valoración	Regular	Subóptima	Subóptima	Regular	Subóptima
Puntuación	4	6	6	5	6

Fuente: CHE

Tabla23: Usos

Consuntivos		No consuntivos		
<i>Urbano</i>	<i>Agrícola</i>	<i>Transporte</i>	<i>Recreativo</i>	<i>Paisajístico</i>
Xerta, Tivenys, Aldover, Bitem, Roquetas y Tortosa, Campredó y Amposta.	A partir de Campredó	Remo y Motor ²⁰ Club en Amposta	Pesca ²¹	Vistas Conjunto Histórico y el río (Tortosa)

Fuente: elaboración propia

h) Sección 8. Amposta- Isla de Gracia

En este tramo, el río Ebro discurre por su delta y aunque se considera estuario, la cuña salina sólo lo invade con los caudales son inferiores a 150 m³/s.

El cauce es profundo y muy ancho, y su caudal medio anual varía entre 250 y 400 m³/s, y entre 100-200 m³/s en la época de riegos. El caudal mínimo se encuentra entre 60 y 100 m³/s.

Tabla24: Estado ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
--	--------------	-----------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------

²⁰ Embarcaderos en Tivenys, Xerta (en construcción), Aldover, Bitem, Jesús, Tortosa, Vinallop, Campredó y Amposta.

²¹ Ningún sector catalogado excepto en las zonas de reserva donde está prohibida cualquier actividad piscatoria.



<i>Valoración</i>	Regular	Subóptima	Subóptima	Mala	Regular
Puntuación	4	6	6	1	2

Fuente: CHE



Tabla25: Usos

Consuntivos		No consuntivos	
<i>Urbano</i>	<i>Agrícola</i>	<i>Recreativo</i>	<i>Transporte</i>
Urbanización Jesús y María	Existen 5 tomas permanentes	Pesca ²²	Remo y Motor ²³

Fuente: elaboración propia

i) Sección 9. Isla de Gracia- Desembocadura

También en este último tramo el río discurre por su delta en un ambiente típicamente estuarino, aunque en este caso la cuña salina invade todo el tramo.

El cauce es profundo y muy ancho, y el caudal medio del año se encuentra entre 250 y 400 m³/s, en época de riegos, ronda los 100-200 m³/s. El caudal mínimo está entre 60 y 100 m³/s.

Tabla26: Estado ecológico

	Calidad agua	Morfología hidrología	Hábitats fauna acuática	Calidad vegetación ribera	Hábitats fauna ribereña
<i>Valoración</i>	Regular	Subóptima	Subóptima	Mala	Regular
Puntuación	4	6	6	2	5

Fuente: CHE

Tabla27: Usos

Consuntivos		No consuntivos		
<i>Urbano</i>	<i>Agrícola</i>	<i>Recreativo</i>		
		<i>Pesca</i>	<i>Navegación</i>	<i>Descanso</i>
Sant Jaume d'Enveja y Deltebre		Angula ²⁴	Remo y Motor, Deportes náuticos, Embarcaderos en Deltebre y Sant Jaume d'Enveja, dos transbordadores a motor en Sant Jaume	Casas de Tramuntano y Riomar ²⁵

Fuente: elaboración propia

²² Ningún sector catalogado excepto en la zona de reserva de la isla de Sapiña donde está prohibida cualquier actividad piscatoria. Se pesca la angula con artes especializadas, bajo control de la Generalitat.

²³ Embarcadero en Jesús y María. Dos transbordadores a motor al final del tramo.

²⁴ El tramo es frecuentado por pescadores, y son refugios de pesca las zonas de Propiedad Pública de la Isla de Buda, la Gola Norte y el tramo del río Migjorn 400 m aguas arriba y abajo de la pesquera d'Enriquet. Se pesca la angula con artes especializadas, bajo control de la Generalitat.

²⁵ Existe un proyecto de Marina Marítimo-Terrestre y Puerto Deportivo en Sant Jaume d'Enveja aprobado por el Ayuntamiento en abril de 1998 (35 ha, 289 amarres, 850 viviendas y un hotel).



3.2. Estado Ecológico del Tramo

En este apartado se analiza el estado ecológico integral del tramo final de Ebro y las interrelaciones existentes entre cada uno de los indicadores que se han utilizado para evaluarlo: calidad del agua, características morfológicas e hidrológicas del río, estado del hábitat para fauna acuática y ribereña, y calidad de la vegetación de ribera. Así mismo, se revisan las medidas diseñadas para mejorar el estado ecológico.

Para el análisis, la tabla resumen que se muestra en la siguiente página nos servirá como guía.

La calidad del agua, primera columna, en términos globales se caracteriza por una situación regular, es decir, apta para todos los usos que recibe, pero con un amplio potencial de mejora.

En lo referente a las características morfológicas e hidrológicas del río, se puede apreciar que éstas difieren según la sección considerada, presentando una mala situación en el tramo de embalses, subóptima desde la Presa de Flix hasta la entrada de la Sierra Prelitoral, óptima en el sub-tramo Entrada de la Sierra Prelitoral-Puente Nuevo de Mora de Ebro, regular entre Puente Nuevo de Mora de Ebro y Azud de Xerta y, de nuevo subóptima desde el Azud de Xerta y la desembocadura.

Las características del hábitat para fauna acuática presentan una situación muy similar a las descritas en el párrafo anterior, con la simple excepción del tramo comprendido entre la Presa de Mequinenza y la Presa de Flix que se caracterizan por tener una situación regular.

El estado de la vegetación de ribera es malo entre Vuelta de Valero y el embalse de Ribarroja, regular desde Ribarroja al embalse de Flix, subóptima desde la Presa de Flix hasta la entrada de la Sierra Prelitoral, regular en el sub-tramo Entrada de la Sierra Prelitoral-Puente Nuevo de Mora de Ebro, subóptima entre Puente Nuevo de Mora de Ebro y Azud de Xerta, regular desde el Azud de Xerta a Amposta y, finalmente, mala entre Amposta y la desembocadura del río.

En referencia a los hábitats para la fauna ribereña, en términos generales, es subóptima, con las excepciones del tramo inicial hasta el Embalse de Ribarroja que presenta una situación mala y el tramo final, entre Amposta y la desembocadura, regular.

A la vista de estos resultados se puede afirmar que el estado ecológico integral de tramo objeto de estudio se considera aceptable y que la evidencia empírica no contradice las interrelaciones existentes entre los atributos del estado ecológico de los sistemas fluviales descritos en la literatura (Margalef, 1993). Siendo la calidad del agua y las características morfológicas e hidrológicas las encargadas de explicar el estado del hábitat para la fauna acuática y ribereña, y la calidad de la vegetación de ribera. Es importante destacar también, cómo esta última incide sobre la fauna de ribera, dado que las características de ésta estarán influenciadas tanto por el agua que consumen (con unas características físico-químicas dadas) como por la vegetación de la que se alimentan.

Decir que el estado ecológico integral del tramo es aceptable, no implica que no pueda ser mejorado. En el siguiente apartado se examinan las distintas medidas que podrían utilizarse para mejorar el estado ecológico del tramo inferior del río Ebro.



Tabla28: Resumen

Secciones	Calidad Agua	Morfología Hidrología	Hábitats Fauna Acuática	Calidad Vegetación Ribera	Hábitats Fauna Ribereña	Estado Ecológico
	Valoraciones					
Vuelta de Valero - Presa de Mequinenza	R	M	M	M	M	Aceptable
Presa de Mequinenza - Presa de Ribarroja	R	M	R	M	M	Aceptable
Presa de Ribarroja - Presa de Flix	R	M	R	R	S	Aceptable
Presa de Flix - Central Eléctrica de Flix	R	S	S	S	S	Aceptable
Central Eléctrica de Flix - Entrada Sierra Prelitoral	R	S	S	S	S	Aceptable
Entrada Sierra Prelitoral-Puente Nuevo de Mora de Ebro	S	O	O	R	S	Aceptable
Puente Nuevo de Mora de Ebro – Azud de Xerta	S	R	R	S	S	Aceptable
Azud de Xerta – Amposta	R	S	S	R	S	Aceptable
Amposta - Isla de Gracia	R	S	S	M	R	Aceptable

3.3. Las Crecidas de Mantenimiento: Costes y Beneficios

Las **Crecidas de Mantenimiento** constituyen un plan de medidas que tratan de reproducir el régimen natural de un río mediante la liberación de un cierto volumen de agua retenida en las infraestructuras de regulación, (en nuestro caso, embalse de Mequinenza, Ribarroja y Flix) sacrificando por tanto parte de los usos directos del agua, principalmente hidroeléctricos, en favor de su permanencia en su medio natural, con el objetivo de **mejorar el estado ecológico de la cuenca** (calidad del agua, características geomorfológicas e hidrológicas, hábitat para las fauna acuática y ribereña, calidad de vegetación de ribera y mantenimiento del Delta).

Para identificar **los impactos derivados de su puesta en práctica** de las crecidas y sin olvidar que nuestro objetivo final es el de maximizar la suma ponderada de las funciones de utilidad de todos sus miembros afectados por el proyecto, **Función de Bienestar Social**, y que ésta depende de todos los bienes y servicios que tienen valor para ellos, ya sean comercializables en el mercado (productos agrícolas, industriales, etc.) o no, tales como el buen estado ecológico de los ríos; deberemos considerar los impactos positivos y negativos del proyecto.

De este modo, utilizamos el término de **beneficios** para referirnos a los impactos positivos (aumentos en la cantidad o calidad de un bien económico que genere utilidad positiva y/o un menor precio) y de **costes**, cuando los impactos sean negativos (disminución en la cantidad o calidad de tal bien o/y mayores precios). Dentro de los efectos negativos también se incluyen los costes de oportunidad de los recursos necesario para poner en práctica el proyecto.



Los costes económicos de un proyecto se pueden clasificar en costes directos, costes de oportunidad y costes externos.

- Los *costes directos* engloban los costes de las infraestructuras, y de operatividad y mantenimiento necesarios para llevar a cabo el proyecto. Su cálculo total es perfectamente posible.
- El *coste de oportunidad* de los recursos empleados se definen como el valor de cada uno de ellos en su mejor uso alternativo. En el caso del proyecto de las *Crecidas* habría que calcular el coste de oportunidad de los recursos hídricos empleados para ponerlas en práctica y será tanto mayor cuanto menor sea el valor del agua destinada a ese fin y cuanto más escasa sea en términos relativos.
- Los *costes externos*, por su parte, se definen como todos aquellos que el proyecto ocasionaría sobre el bienestar de un conjunto de agentes económicos sin que el mercado lo reconociese.

La clave está en que sólo deberán incluirse los impactos que afecten al menos al bienestar de un individuo o/y produzcan variaciones en el nivel o calidad de la producción de algún bien positivamente valorado. Sin embargo, al problema que nos enfrentamos, se deriva del hecho de que la mayoría de los impactos ambientales no son reconocidos por el mercado, debido a la frecuencia en la que los activos ambientales muestran características de bienes públicos (no rivales en el consumo e imposibilidad de exclusión por precio).

A continuación se desglosan los costes y beneficios esperados derivados de las Crecidas de Mantenimiento, con el fin, de valorarlos en trabajos posteriores

3.3.1. Los Costes de las Crecidas:

a) Costes directos

Los costes de producir las crecidas son aquellos en los que es imprescindible incurrir si se quiere realizar un Plan de Crecidas. En esta categoría se incluyen el coste de oportunidad del agua desembalsada (capital natural), los costes de equipamiento (capital físico) y los costes del grupo de trabajo (capital humano).

Coste de oportunidad del agua desembalsada

La liberación de una cierta cantidad de agua (hm^3) de los embalses de Mequinenza, Ribarroja y Flix para realizar *las Crecidas* supondrá, principalmente en los años secos, la necesidad de sacrificar parte de la producción de energía eléctrica, industrial o agraria en favor del medio natural. Esta elección dependerá del valor del agua en cada uno de estos usos. En otras palabras, se deberá realizar un **Análisis Coste Eficacia** (ACE) que nos permita conocer, dada la cantidad de agua necesaria para producir las *Crecidas*, la reasignación de los recursos hídricos más eficiente.

Coste del grupo de trabajo

En esta categoría se deberán incluir todos los costes laborales asociados el proyecto, lo que se podrá calculará mediante la suma del salario/hora de cada uno de los miembros del grupo multiplicado por el número de horas dedicado al proyecto.

Coste del equipamiento

El coste de equipamiento está referido a los gastos en capital físico en los que ha sido necesario incurrir para realizar las *Crecidas*.



b) Costes asociados a las crecidas

En esta categoría se incluyen todos los efectos negativos sobre el bienestar del colectivo afectado derivados de la aplicación de las *Crecidas*.

Coste para Endesa y los agricultores

Uno de los principales efectos de las *Crecidas de Mantenimiento* es el arrastre de los macrófitos ("algas", se explica detalladamente en la sección dedicada a los beneficios) por lo que, durante las *Crecidas*, la Central Nuclear de Ascó se verá obligada a reducir su actividad de refrigeración, al igual que los agricultores que captan el agua para el riego con motobombas.

En concreto, en la *Crecida* de diciembre de 2002, la central redujo su captación de agua de 70 a 20 m³/seg, lo que se tradujo en una bajada de la potencia del 3%, pero se evitó que los macrófitos taponasen las tomas de agua.

Coste para la empresa encargada del dragado

El consorcio entre la Generalita de Cataluña, la Diputación de Tarragona y los Consejos Comarcales de la Ribera de Ebro, el Bajo Ebro, el Montsiá y la Terra Alta pusieron en marcha en 1998 el *Proyecto de Recuperación de la vía navegable del Ebro entre Ribarroja y Tortosa*. Con el fin de cumplir con los requisitos preestablecidos para la navegación fluvial, fue necesaria la concesión a la empresa COPISA S.A., el dragado de las zonas con calado insuficiente ante caudales mínimos (Reventós, 1993), a la que se le pagan anualmente aproximadamente 3000 millones de las antiguas pesetas.

Es previsible que las *Crecidas*, al mover y transportar el sedimento del lecho, supongan un coste adicional a la empresa encargada del dragado.

Pérdida de bienestar para los usuarios clandestinos

La evidencia empírica muestra como los agricultores ubicados en las inmediaciones de la cuenca del río han ido ganando superficie al Ebro a medida que las crecidas naturales han ido disminuido en el tiempo, ocupando así las zonas de inundación para sus cultivos. Por lo tanto, también es previsible que las *Crecidas* inunden estos cultivos ilegales con la consiguiente pérdida para los agricultores clandestinos.

Coste adicional para la limpieza de los Canales Margen Izquierda y Derecha

A priori, en conexión con el movimiento y transporte del sedimento explicado anteriormente, es de esperar que las *Crecidas* produzcan una mayor acumulación de sedimentos en los canales del tramo inferior del Ebro y que esto suponga un coste adicional para los municipios encargados de su limpieza anual. Deberíamos obtener información sobre cuanto más están gastando los municipios para realizar estas tareas de limpieza.

Incremento del déficit de sedimentos

Si bien las *Crecidas de Mantenimiento* consiguen movilizar los sedimentos finos del río y transportarlos aguas abajo de los embalses, esto no ocurre con el sedimento grueso que queda irremediamente atrapado en la cabecera de los embalses, con su consiguiente pérdida de capacidad. Cuantificar este coste no sólo implica conocer la pérdida de capacidad del embalse, sino todos los efectos negativos que el déficit de sedimentos ocasiona sobre el río y sus usuarios.

c) Costes indirectos



A priori, es de suponer que la redistribución del recurso en favor del medio natural y que los cambios en los atributos del estado ecológico de la subcuenca tendrán importantes efectos sobre el empleo y el nivel de precios de los bienes y servicios que requieren agua como insumo en sus procesos productivos. Por ello, una vez que la información sobre las *Crecidas* sea completa, en el siguiente trabajo se deberán estudiar minuciosamente estos efectos.

3.3.2. Beneficios de las Crecidas de Mantenimiento:

a) Costes evitados

Para Endesa:

En los últimos 4 años, las aguas de la subcuenca del tramo inferior del río Ebro han experimentado un aumento de fósforo, que unido al lento caudal han favorecido la proliferación de plantas macrofitas ("algas"), principalmente en el meandro de Flix. La frágil fijación de sus raíces al lecho provoca que, ante cualquier variación del caudal, se desprendan y sean transportadas por el cauce hasta la zona en la que la Central Nuclear de Ascó tiene sus canales de captación de agua, provocando serios trastornos de refrigeración a la central, que se traducen en disminuciones de producción y en alguna parada no programada (Foro Nuclear, 2003). En concreto, en agosto de 1999 y tres veces durante el verano de 2002 se tuvo que parar la actividad de uno de los reactores, lo que supuso, según el director Santiago Martínez, unas pérdidas de unos 720000 euros por día (Bosch, 2002).

Asimismo, Ascó está ultimando un sistema de limpieza en continuo de las rejillas colocadas en el canal de toma de agua para solucionar el problema de las algas. Actualmente, la limpieza de estas rejillas, que es donde quedan atrapadas las algas, se realiza cada siete minutos (Bosch, 2002)).

Las *Crecidas de Mantenimiento* al mover los sedimentos del lecho del tramo del eje del Ebro entre la cola del embalse de Ribarroja y la desembocadura del río favorecen la limpieza de macrófitos, por lo que permitirá a Endesa (empresa dueña de Ascó) un importante ahorro de costes.

Para los agricultores:

Al igual que en el caso de Ascó, las plantas macrófitas están provocando serios problemas a los agricultores que utilizan motobombas para captar el agua, aguas debajo de Flix, por lo que las *Crecidas de Mantenimiento* también supondrán un ahorro de costes importante para ellos.

En ambos casos necesitamos información sobre los costes que los macrófitos están suponiendo tanto para Endesa como para los agricultores.

b) Mejora de los servicios ecológicos del río

En esta categoría se deberá especificar, en primer lugar, qué efectos han tenido las *Crecidas* sobre los atributos del estado ecológico del río (características geomorfológicas e hidrológicas, calidad de agua, estado del hábitat para la fauna acuática y ribereña, calidad de la vegetación de ribera, estado del Delta) y, en segundo lugar, cómo estas variaciones han influido sobre el bienestar del colectivo afectado.

Según Batalla, las crecidas ayudan a: mantener la vitalidad geomorfológica y ecológica del río y su delta, al movilizar los sedimentos finos y transportarlos aguas abajo; limpiar y oxigenar el cauce de gravas, manteniendo el hábitat en buen estado; evitar la colonización del canal por la vegetación, y recargar los acuíferos, resguardándolos de las intrusiones de agua marina.



Aumento y estabilidad de los servicios recreativos

La esperada mejora de los atributos del estado ecológico de la subcuenca no sólo supondrá un aumento de los servicios recreativos del tramo sino su estabilidad en el tiempo.

Mejoras del paisaje

Como ya se ha explicado anteriormente, las Crecidas provocan el arrastre de "algas" y por lo tanto, la consiguiente mejora del paisaje.

Como se ha apuntado anteriormente el criterio seguido para identificar los impactos positivos (beneficios) y negativos (costes) viene dado por el conjunto de posibilidades de consumo del colectivo afectado, por ello, en esta etapa se deberán excluir todas las partidas redistributivas, es decir, todas aquellas que aun suponiendo la materialización de un determinado flujo de caja, no modifican las posibilidades de consumo del colectivo, como son los impuestos, las subvenciones, los intereses de los préstamos, etc (Azqueta, 1994). Con dos excepciones: primero, cuando un impuesto sea diseñado para corregir una imperfección del mercado (por ejemplo, el establecimiento de un impuesto sobre la contaminación de las aguas que tenga como objetivo que los emisores paguen el coste social de sus acciones) que será considerado como su precio sombra, y segundo, cuando el decisor social considere que debe darse una ponderación distinta a los ganadores y perdedores (Hanley, 1998).



4. BIBLIOGRAFÍA

- Arbués, F. (2000). El consumo de agua de los hogares. Estimación de la función de demanda para la ciudad de Zaragoza. *Tesis Doctoral*. Departamento de Estructura e Historia Económica y Economía Pública.
- Arrow, K.J. y Debreu, G. (1954) *Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy*
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. (2000). *Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España (2000)*. AEAS.
- Azaiez, M.N. (2002). A model for conjunctive use of ground and surface water with opportunity cost. *European Journal of Operational Research*. Vol. 143 (2002), pp 611-624.
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la Economía Ambiental*. Ed McGraw-Hill. Madrid.
- Azqueta D y Ferreiro A. (1994). Análisis económico y gestión de recursos naturales. Alianza Economía. Madrid.
- Bergstrom, John C., Kevin J. Boyle, Charles A. Job y Mary Jo Kealy. (1996). Assessing the Economic Benefits of Ground Water for Environmental Policy Decisions. *Water Resources Journal*. Vol. 31, pp. 1-12.
- Berk, P., Robinson, S., y Goldman, G. (1991). The use of computable general equilibrium models to assess water policies. En Dinar A. y Zilberman, D. (Eds.), *The economics and management of water and drainage in agriculture*. Boston: Kluwer.
- Binswanger, H. P., Deininger, K., y Feder, G. (1993). Agricultural land relations in the developing world. *American Journal of Agricultural Economics*. Vol. 75, pp: 1242–1248.
- Briscoe, J. (1996). Water as an economic good: the idea and what its means in practice. World Bank. Washington D. C.
- Chicoine, D.L. y Ramamurthy, G. (1986). Evidence on the Specification of Price in the Study of Domestic Water Demand. *Land Economics* Vol. 62(1), pp: 26-32.
- Devarajan S. (1988) *Natural Resources and Taxation in Computable General Equilibrium Models of Developing Countries*.
- Diao, X., y Roe, T. (1995). Environment, welfare and gains from trade: A north–south model in general equilibrium. Vol. 95-4, *Economic Development Center*, University of Minnesota.
- Directiva 2000/60/CE, del 23 de octubre del 2000. Marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua.
- Dixon, P.B., Parmenter B.R. y Powell, A. (1992). *Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics*.
- Dupont, D.P. y Renzetti, S. (2001). The Role of Water Manufacturing. *Environmental and Resource Economics*. Vol 18; pp: 411-432.
- Easter, K. W., Becker, N., y Tsur, Y. (1997). Economic mechanisms for managing water resources: Pricing, permits, and markets. En A. K. Biswas (Ed.), *Water resources: Environmental planning, management and development*. New York: McGraw-Hill.
- Easter, K. W. (1999). The transition of irrigation management in Asia: Have we turned the corner yet? Presentado en la *Sexta Conferencia del Consorcio Internacional sobre Agua y Recursos Económicos*. Hawaii.
- García, M.A. (.). Precios para el servicio de suministro de agua en un contexto urbano: Estimación de la demanda de agua para tres municipios españoles. Working paper. Departamento de Economía. Universidad de Oviedo.
- Gómez, C.E. (2003). *Liberalización comercial y su impacto sobre el medio ambiente y los recursos naturales: Un Enfoque de Equilibrio General*. Tesis Doctoral. Departamento de Fundamentos e Historia Económica. Universidad de Alcalá.
- Hearne, R. R., y Easter, K. W. (1998). Economic and financial returns from Chile's water markets. En Easter, et al. (Ed.), *Markets for water: Potential and performance*. Boston: Kluwer.
- Hurwicz, L. (1998). Issues in the design of mechanisms and institutions. En Loehman y Kilgour (Eds.), *Designing institutions for environmental and resource management*. Northampton, MA: Edward Elgar.
- Johansen, L.(1974). *A Multisectoral Study of Economic Growth*. Tesis Doctoral.
- Johansson, R.C., Tsur, Y., Roec T.L., Doukkali, R y Dinar, A. (2002). Pricing irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy*. (2002) Vol. 4, pp. 173–199



- Kohn, R. E. (1998). Environmental protection by one or both trading partners in a Heckscher-Ohlin-Samuelson model. *Open Economics Review*. Vol. 9, pp: 327–342.
- Nieswiadomy, M. L. y Molina, D.J. (1989). Comparing Residential Water Estimates Under Decreasing and Increasing Block Rates Using Household Data. *Land Economics*, vol. 65(3), pp: 280-289.
- OCDE. (1999). The Price of Water. Trends in OECD Countries.
- OCDE (2002). *Transition to full-cost pricing of irrigation water for agriculture in OECD Countries*.
- Ortega, J.F., de Juan, J.A. y Tarjuelo, J.M. (2004). Evaluation of the water cost effect on water resource management: Application to typical crops in a semiarid region. *Agricultural Water Management* (2004). Vol 66, pp 125-144.
- Rausser, G. C., y Zusman, P. (1998). *Political power and endogenous policy formation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Renzetti, S. (1992), 'Estimating the Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing. *Land Economics*. Vol 68(4), pp: 396–404.
- Robinson, S. (1991) "Macroeconomics, Financial Variables and Computable General Equilibrium Models".
- Roe, T., y Diao, X. (1997). The strategic interdependence of a shared water aquifer: A general equilibrium analysis. En Parker, y Tsur (Eds.), *Decentralization and coordination of water resource management*. Boston: Kluwer.
- Rogers, P. *et al.*, (1998). Water as a social and economic good: how to put the principle into practice. Global Water Partnership, Technical Advisory Committee, N°2. GWP, Stockholm.
- Schaible, G. D. (1997). Water conservation policy analysis: An interregional, multi-output, primal-dual optimization approach. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 79, pp: 163–177.
- Smith, R. B. W., y Roumasset, J. (1998). Constrained conjunctive-use for endogenously separable water markets: Managing the Waihole-Waikane Aqueduct. University of Minnesota, *Working paper*.
- Smith, R. B. W., & Tsur, Y. (1997). Asymmetric information and the pricing of natural resources. *Land Economics*, vol 73(3); pp: 392–403.
- Thobani, M. (1997). Formal water markets: Why, when, and how to introduce tradable water rights. *World Bank Research Observer*. Vol 12(2), pp: 161–182.
- Tsur, Y., y Dinar, A. (1997). On the relative efficiency of alternative methods for pricing irrigation water and their implementation. *World Bank Economic Review*. Vol. 11, pp: 243–262.
- Vaux, H. J., y Howitt, R. E. (1984). Managing water scarcity: An evaluation of inter-regional transfers. *Water Resources Research*. Vol. 20, pp: 785–792.
- Walras L. *Elements of Pure Economics*. Allen y Unwin, Londres, 1954.
- Willis, D. B., Caldas, J., Frasier, M., Wittlesey, N. K., y Hamilton, J. R. (1998). The effects of water rights and irrigation technology on stream flow augmentation cost in the Snake River basin. *Journal of Agricultural and Resource Economics*. Vol. 23(1), pp: 225–243.
- Zilberman, D. (1997). Incentives and economics in water resource management. Paper de la Segunda Conferencia sobre Medio ambiente y Recursos Económicos, Toulouse, Francia, Mayo 14–16.
- Zilberman, D., Chakroavorty, U., y Shah, F. (1997). Efficient management of water in agriculture. En Parker, y Tsur (Eds.), *Decentralization and coordination of water resources*. Boston: Kluwer.

