



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2021-2022

TÍTULO:

DISEÑO DE UN EXPERIMENTO DE SUBASTA DE AGUA DE RIEGO EN EL ENTORNO DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR.

AUTOR:

Antonio Luis Ortuño Sánchez

TUTOR ACADÉMICO:

Dr. D. María del Pilar Espinosa Goded

RESUMEN:

En la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir se ha alcanzado una situación en la que es ya imposible que la oferta de agua se incremente al mismo ritmo de la demanda. Además, las situaciones de escasez en Andalucía causadas por la sequía, sacan a relucir el peso que tiene la agricultura de regadío en la demanda de agua. Este contexto hace que el concepto de eficiencia en la gestión de los recursos hídricos tome vital importancia en la actualidad.

El objetivo de este trabajo es diseñar, en el entorno de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), una subasta para la adquisición a los agricultores de sus concesiones de riego, o una parte de ellas, para reasignar los recursos de manera más eficiente. La aplicación de las subastas se enmarca en el funcionamiento de un banco de agua. En un banco de agua los derechos o concesiones sobre este recurso se pueden reasignar de forma voluntaria mediante la mediación de un organismo regulador.

En este documento se estudian los requerimientos necesarios para realizar una subasta de agua y se trata el diseño experimental (en laboratorio) de la misma, de forma que permita testar algunos de los parámetros determinados en el diseño. También se abordan las dificultades que pueden aparecer debido a las barreras culturales detectadas en los agricultores sobre su disposición a participar en este tipo de procedimientos, destacando la

importancia que tiene la implicación de las autoridades competentes para impulsar este tipo de iniciativas.

PALABRAS CLAVE:

Guadalquivir, regadío, bancos de agua, subastas de agua, experimento laboratorio, sequía, barreras culturales.



Máster Universitario en Economía y Desarrollo
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

MASTER THESIS ACADEMIC COURSE 2021-2022

TITLE:

DESIGN OF AN IRRIGATION WATER AUCTION EXPERIMENT IN THE ENVIRONMENT OF THE GUADALQUIVIR BASIN.

AUTHOR:

Antonio Luis Ortuño Sánchez

ACADEMIC SUPERVISOR:

Dr. D. María del Pilar Espinosa Goded

ABSTRACT:

In the Guadalquivir River Basin District, a situation has been reached in which it is now impossible for water supply to increase at the same rate as demand. Furthermore, the scarcity situations in Andalusia caused by drought bring to light the weight of irrigated agriculture in the demand for water. This context makes the concept of efficiency in the management of water resources of vital importance today.

The aim of this work is to design, in the environment of the Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), an auction experiment for the acquisition from farmers of their irrigation concessions, or a part of them, in order to reallocate resources more efficiently. The application of auctions is framed in the operation of a water bank. In a water bank, water rights or concessions can be reassigned through the mediation of a regulatory body.

This document studies the necessary requirements to carry out a water auction and discusses the experimental design (in the laboratory) of the auction, in order to test some of the parameters determined in the design. It also addresses the difficulties that may arise due to the cultural barriers detected in farmers regarding their willingness to participate in this type of procedure, highlighting the importance of the involvement of the competent authorities to promote this type of initiative.

KEYWORDS:

Guadalquivir, irrigation, water banks, water auctions, laboratory experiment, drought, cultural barriers.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.MARCO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL.....	4
2.1. Marco contextual: las confederaciones hidrográficas	4
2.1.1 La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.....	5
2.1.2 Usos del agua: regadíos y demanda agraria	6
2.1.3. Las concesiones de riego a agricultores	8
2.2. Marco conceptual: mercados y bancos de agua.....	9
2.2.1.Experiencias de bancos de agua en EE. UU, Australia y España.....	12
3.REVISIÓN BÁSICA DE LA TEORÍA DE SUBASTAS	14
3.1.Tipos de subastas empleados en el intercambio de derechos y concesiones de agua..	17
4.DISEÑO DE LA SUBASTA DE AGUA DE RIEGO	19
4.1.Parámetros preliminares.....	20
4.2.Parámetros específicos del diseño de la subasta.....	25
4.3.Implementación de la subasta en el laboratorio	29
5.DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	34
6.BIBLIOGRAFÍA.....	38

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS:

Tabla 1: Demanda de agua por usos en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.....	6
Tabla 2: Dotaciones en cabecera de zonas regables.....	8
Tabla 3: Cuadro resumen de las distintas tipologías de bancos de agua.....	12
Tabla 4: Parámetros fijos que no son objeto de testeo en el experimento.....	29
Tabla 5: Propuesta de diseño de sesiones de laboratorio del experimento.....	30
Tabla 6: Asignación de características a un participante.....	32
Tabla 7: Valoración de la concesión para participar en el experimento.....	32
Tabla 8: Valoración de los encuestados sobre características inherentes al banco de agua	35
Figura 1: Mapa físico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.....	5
Figura 2: Modelo conceptual de los bancos de agua.....	10
Figura 3: Visión general de las fases del diseño de una subasta de agua.....	19
Figura 4: Ejemplo de subasta experimental de Cummings et al. (2004).....	33

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de cambio climático al que nos enfrentamos como sociedad, no se deben olvidar sus efectos sobre un recurso esencial para la vida como es el agua. Se estima que para el año 2050 la población del planeta alcance los 9.700 millones de personas y que, en consecuencia, sea necesario aumentar la producción de alimentos en un 70% (Martínez, 2017). Con estos datos se puede intuir la presión que esto va a suponer en la demanda de agua dulce. Autores como Montilla-López et al. (2017) advierten que, en algunas regiones áridas y semiáridas de países desarrollados, como es el caso de España, donde la agricultura de regadío resulta especialmente competitiva, se ha alcanzado la situación de “madurez de la economía del agua” en la que es ya imposible que la oferta de agua se incremente al mismo ritmo de la demanda.

A todo lo anterior hay que añadir las dificultades derivadas de los periodos de sequía. Las alteraciones en los modelos climáticos están aumentando el riesgo de producción de estos eventos extremos, existiendo evidencias de un aumento de la duración de las sequías de un 29% desde el año 2000 (Fundación Aquae, 2022).

En estas situaciones de escasez es necesario destacar el peso que tiene la agricultura de regadío en la demanda de agua. Al analizar la última información disponible en las bases de datos del Banco Mundial, observamos que el 71,26 % del agua dulce consumida en el mundo se destina a la agricultura. Si hacemos este mismo ejercicio en el ámbito territorial de este trabajo, caracterizado por el clima de Andalucía y la recurrencia de la sequía, vemos que en la cuenca del Guadalquivir el principal consumidor de agua es el uso agrario, representando el 88% de la demanda total, en contraste con los usos urbanos que sólo representan un 10% de la demanda (CHG, 2015).

Por todo lo anterior, el concepto de eficiencia en la gestión de los recursos hídricos toma vital importancia, siendo interesante destacar a autores como Spulber y Sabbaghi (2012), que llaman la atención sobre la siguiente cuestión: la gestión del agua ha sido vista tradicionalmente como una disciplina en el que los conocimientos ingenieriles han tenido la mayoría del protagonismo, habiéndose tratado el concepto de eficiencia desde el punto de vista de la ingeniería, dándole poca importancia al concepto de eficiencia económica cuando se gestiona la oferta y demanda de este recurso. Por lo tanto, y centrándonos en la

cuenca del Guadalquivir, en el futuro va a ser necesario tener en cuenta las herramientas que nos proporciona la economía en la gestión de los recursos hídricos ya que, como indican los autores Montilla-López et al. (2017), esta cuenca se encuentra cerrada a nuevos usuarios ante la imposibilidad de aumentar la oferta de recursos, con lo que es preciso cambiar el enfoque a la gestión de la demanda, creando las políticas de gobernanza adecuadas.

En este trabajo se van a presentar instrumentos económicos que pueden ayudar a esa gestión de la demanda y que podrían ser aplicados en la cuenca del río Guadalquivir. Se tratará el uso de agua destinado a riego agrícola y sus concesiones administrativas a los agricultores ya que es importante mencionar que la legislación española prioriza y garantiza siempre el uso para abastecimiento de la población, según lo dispuesto en el artículo 60 del Texto Refundido de la Ley de Aguas.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar, en el entorno de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), un experimento de subasta para la adquisición a los agricultores de sus concesiones de riego, o una parte de ellas, para reasignar los recursos de manera más eficiente. La aplicación de las subastas se va a enmarcar dentro del funcionamiento de un banco de agua ya que se quiere tratar su viabilidad de implementación en la CHG. Esta viabilidad se está analizando en el proyecto AQUAEBANK (Percepción y gestión de los bancos de agua como instrumento de mejora en la eficiencia del uso de los recursos hídricos en Andalucía). En un banco de agua los derechos o concesiones sobre este recurso se pueden intercambiar de forma voluntaria, estando estos intercambios diseñados y supervisados por un organismo regulador. En este caso, los precios y los volúmenes de agua intercambiados se fijarían mediante una subasta.

Para desarrollar lo descrito es necesario plantear algunos objetivos específicos cuya consecución nos ayudarán a alcanzar el objetivo expuesto. Estos objetivos específicos consistirán en la descripción de las características institucionales de las confederaciones hidrográficas y, en particular, de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, que es el organismo administrativo con las competencias para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Este tipo de organismos, en base a lo dictado en el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), juegan el papel de ente administrador, intermediario y regulador de las transacciones que se lleven a cabo en el experimento de subasta. Se tratará la organización

de la gestión del agua, los usos agrícolas y el funcionamiento de las concesiones de agua a los agricultores. Se expondrá, a continuación, el concepto de banco de agua, sus fundamentos teóricos, así como algunas experiencias llevadas a cabo en España y en otros países. Y es dentro de este contexto de mercado, en el que se busca realizar una asignación eficiente de los recursos, donde se presentará la aplicación de la teoría económica de subastas. Se tratarán los requerimientos necesarios para realizar una subasta experimental y los parámetros que habría que testar, como herramienta que nos permita hacer esa asignación eficiente de los recursos hídricos destinados a riego agrícola, dentro de la cuenca del Guadalquivir.

2. MARCO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL

2.1. Marco contextual: las confederaciones hidrográficas

En el artículo 16 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas en España (TRLA, en adelante) encontramos la definición de cuenca hidrográfica, que es 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. El artículo 16-bis amplía este concepto al de demarcación hidrográfica, que es la zona terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas. En España, la cuenca hidrográfica y su ampliación al concepto de demarcación constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos pertenecientes a la misma (Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero).

El artículo 21 del TRLA nos ayuda a relacionar los conceptos anteriores con las confederaciones hidrográficas ya que recoge que cuando una cuenca hidrográfica exceda el ámbito territorial de una comunidad autónoma, como es el caso de la del río Guadalquivir, es necesario constituir organismos de cuenca con las funciones y cometidos que se regulan en este texto legislativo. Estos organismos son las confederaciones hidrográficas, definidas en el artículo 22 del TRLA como organismos autónomos pertenecientes a la Administración General del Estado y que están adscritos al ministerio que ostente las competencias en medio ambiente. Destacamos las siguientes funciones que tienen asignadas, entre otras, y que afectan al ámbito de este trabajo:

- La elaboración del plan hidrológico de cuenca, así como su seguimiento y revisión.
- La administración y control del dominio público hidráulico.
- El otorgamiento de autorizaciones y concesiones referentes al dominio público hidráulico, salvo las relativas a las obras y actuaciones de interés general del Estado, que corresponderán al Ministerio de Medio Ambiente.
- La inspección y vigilancia del cumplimiento de las condiciones de concesiones y autorizaciones relativas al dominio público hidráulico.

Entre sus características distintivas debemos recalcar dos que están claramente relacionadas con nuestro propósito. La primera sería que es el organismo administrador único del agua, siendo esta gestión hoy en día la clave fundamental que explica su existencia (Barreiro, 2018). La segunda consiste en que habilita la participación de los interesados en la compleja organización establecida en materia de aguas. Esta engloba a las administraciones públicas, a los representantes de los intereses ambientales y a los usuarios (abastecimientos urbanos, regantes, aprovechamientos hidroeléctricos, etc.). Las confederaciones, por lo tanto, se convierten también en el lugar de encuentro institucional de los interesados y afectados por la gestión de los recursos hídricos (Loras, 2010).

2.1.1 La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) se constituye por Real Decreto-Ley de 22 de septiembre de 1927 y es función propia de este organismo la gestión de las aguas continentales pertenecientes a la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Tiene su sede principal en Sevilla, en la Plaza de España, y dispone, además, de oficinas periféricas en las provincias de Córdoba, Granada, Jaén, así como en Ceuta y Melilla por gestionar también las demarcaciones hidrográficas de las dos ciudades autónomas (CHG, 2022c). En la siguiente imagen vemos el mapa físico de esta demarcación:

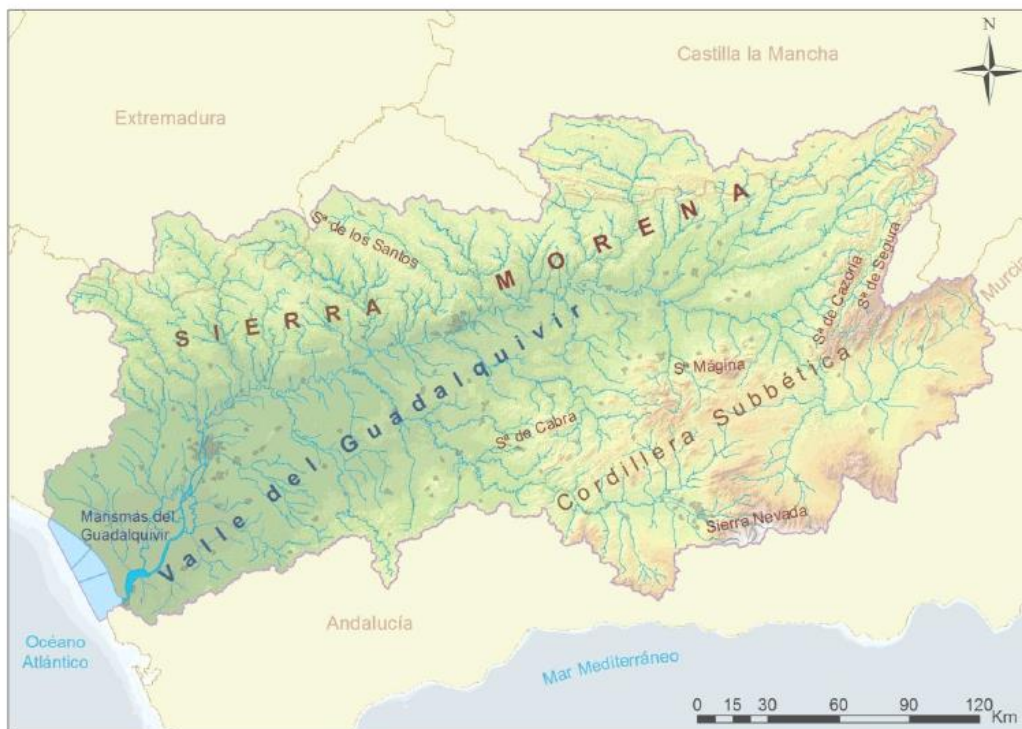


Figura 1. Mapa físico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Fuente: CHG, 2015.

La planificación hidrológica en una demarcación hidrográfica se articula en los planes hidrológicos. Estos son documentos elaborados por los organismos de cuenca en los que se recogen las pautas a seguir para la gestión del agua en cada demarcación. En la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir está actualmente vigente el correspondiente al periodo 2016-2021 (segundo ciclo), estando en elaboración el perteneciente al periodo 2022-2027.

En el plan en vigor se recoge el siguiente resumen de la demanda consuntiva por usos para el año 2015 y su previsión para el año horizonte 2021:

Tipo de demanda	Año 2015		Año 2021	
	Demanda neta anual (hm ³)	Porcentaje sobre el total	Demanda neta anual (hm ³)	Porcentaje sobre el total
Abastecimiento	379,45	10%	400,00	10%
Agrario	3.356,77	88%	3.327,84	87%
Industrial	43,40	1%	43,40	1%
Energía	35,80	1%	58,67	2%
Total	3.815,42	100%	3.829,91	100%

Tabla 1. Demanda de agua por usos en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Fuente: CHG, 2015.

La prioridad de usos está marcada por lo dispuesto en el artículo 60.3 del TRLA, siendo el uso prioritario el abastecimiento a la población. A partir de ahí, el orden de preferencia es el siguiente: regadío y usos agrarios, usos industriales para producción de energía eléctrica y, finalmente, otros usos no recogidos en los anteriores (otros usos industriales, acuicultura, usos recreativos, etc.)

2.1.2 Usos del agua: regadíos y demanda agraria

La demanda de agua de uso agrario incluye el regadío en agricultura, la demanda forestal y los usos ganaderos. Representa el mayor porcentaje de uso (87%) en la Demarcación del Guadalquivir (Tabla 1).

La demanda bruta de agua destinada a riego agrícola se estima en base a la información real de la que dispone la CHG. Está basada en la demanda neta, a la que se le aplica un factor de corrección por eficiencia global en el riego. Esta demanda neta, a su vez, depende de la superficie regada (según el inventario regadío del año 2008) y de la dotación neta

asignada por la CHG para cada tipo de cultivo, que va desde los 1.500 m³/ha anuales del olivar hasta los 10.450 m³/ha al año del arroz (CHG, 2015).

La demanda bruta total considerada para el año 2015 era de 3.357 hm³/año (Tabla 1) o, expresado por unidad de superficie de regadío, 3.919 m³/ha. Esta demanda se satisface en un 64,4% con riegos regulados, en un 10% con riegos no regulados y en un 25,6% con aguas subterráneas (CHG, 2015).

Para el estudio de la demanda de agua agrícola se utilizan las Unidades de Demanda Agraria (UDA). Una UDA es una agrupación de unidades agrícolas en base a criterios tales como el origen de las aguas de riego (superficial, subterráneo o reutilización) o la masa de agua donde se encuentra la toma, correspondiéndole una dotación de agua en metros cúbicos por hectárea. Cada UDA está caracterizada por aspectos tales como la superficie de riego, tipos de cultivo, demandas de agua, comunidades de regantes que la componen, fuentes de suministro de agua y volúmenes suministrados por cada una de ellas, y sistemas e infraestructuras de riego, entre otros. (CHG, 2015).

En el apéndice 2 “Uso regadío” del Anejo 3 “Descripción de usos, demandas y presiones” del plan hidrológico (CHG, 2015) se dispone de información detallada sobre las dotaciones para riego por UDA y por comunidad de regantes contempladas por la CHG.

Hay que tener en cuenta, además de lo expuesto anteriormente, que las dotaciones definitivas que se asignarán a los regantes son establecidas en la Comisión de Desembalse de la CHG ya que las dotaciones vistas anteriormente se aplican en años hidrológicos normales, cuando la disponibilidad de agua para riego es suficiente para atender todas las demandas (Gómez-Limón et al., 2021).

Esta comisión tiene la misión de deliberar y formular propuestas al presidente del organismo sobre el régimen adecuado de llenado y vaciado de los embalses y acuíferos de la cuenca, para atender los derechos concesionales de los distintos usuarios (CHG, 2022a). Durante cada año se reúne varias veces y determina, en función de las precipitaciones, el estado de los embalses y otros criterios, que volumen de agua se desembalsa finalmente para atender el uso destinado a regadío. Por ejemplo, consultando las actas del año 2022 disponibles en la página web de la CHG (CHG, 2022a), se puede leer en la del mes de

mayo que, atendiendo a lo recogido en el Plan Especial de Sequía, se proponía un desembalse de 600 hm³ del sistema de regulación general en el periodo comprendido entre el 11 de mayo y el 30 de septiembre. Así mismo, se establecían reducciones en las dotaciones de las concesiones para riego, según la tabla siguiente:

Concesión (m ³ /ha)	Reducción	Dotación autorizada (m ³ /ha)
6.000	70,83%	1.750
5.000	67,00%	1.650
3.500	60,00%	1.400
2.000	50,00%	1.000
1.500 o menos	40,00%	900 o menos

Tabla 2. Dotaciones en cabecera de zonas regables.
Fuente: CHG, 2022a.

2.1.3. Las concesiones de riego a agricultores

Según lo dispuesto en la Ley de Aguas de 1.985, los propietarios de tierras de cultivo han recibido concesiones administrativas gratuitas con carácter temporal de hasta 75 años y directamente unidas a la posesión de tierras, puesto que el uso del agua destinado a riego siempre ha implicado que el titular de la concesión lo fuera también de las tierras a las que el uso de este recurso estuviese destinado (Giannoccaro et al., 2012).

Vemos también en el artículo 59 del TRLA que todo uso privativo de las aguas requiere concesión administrativa, salvo los usos recogidos en el artículo 54 de esta ley, que hacen referencia a las aguas pluviales que discurren por una finca o las aguas procedentes de manantiales ubicados en el interior de las fincas, siempre y cuando los volúmenes extraídos no superen los 7.000 m³ anuales. Hay que recalcar que las concesiones no garantizan la disponibilidad de los caudales concedidos, como ya hemos visto anteriormente.

Las condiciones generales de las concesiones se recogen en el artículo 61 de esta ley y es interesante destacar que también existen concesiones administrativas concedidas a comunidades de regantes. Efectivamente, el organismo de cuenca podrá otorgar concesiones colectivas para riego a una pluralidad de titulares de tierras que se integren mediante convenio en una agrupación de regantes (comunidades de regantes).

Los regantes pagan al organismo de cuenca unos cánones y tarifas que son publicados cada año por las confederaciones hidrográficas y que suelen constar de un canon fijo y otro variable en función del agua consumida. Para el caso de la CHG se paga un canon de regulación fijo por hectárea, cuyo importe varía según se trate de grandes zonas regables o no, o en función de que las zonas se encuentren en el sistema de regulación directa o indirecta (CHG, 2022b). Si los regantes están integrados en una comunidad de regantes, será esta la que pague los cánones y tarifas a la CHG.

2.2. Marco conceptual: mercados y bancos de agua

La economía del agua de la mayor parte de las demarcaciones hidrográficas ha alcanzado la fase de madurez, caracterizada por una demanda alta y creciente del recurso, una gran competencia entre los territorios y usuarios, una oferta limitada de recurso a largo plazo y la existencia de importantes externalidades ambientales negativas (Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía, 2020). Actualmente la cuenca del río Guadalquivir se encuentra cerrada a nuevos usuarios. Esto significa que en las últimas décadas ha habido un incremento de la demanda de agua por el crecimiento de la superficie destinada a riego agrícola, no existiendo ya margen para aumentar en la misma medida el suministro de agua para satisfacer nuevas demandas (Gutiérrez-Martín et al., 2020).

En estos desequilibrios entre oferta y demanda es donde entran en juego los mercados de agua. Estos son el resultado de la aplicación de la teoría económica para resolver un problema de gestión de la demanda ante una oferta limitada de recursos. Autores como Montilla-López et al. (2017) destacan la necesidad de implementar instrumentos económicos, como son este tipo de mercados, para reorientar las políticas de gestión de estos recursos hacia el enfoque de la demanda. El objetivo de estos instrumentos es dotar a la administración responsable de la gestión de los recursos hídricos de mecanismos para realizar una asignación eficiente de estos recursos.

Estos mercados permiten asignar los recursos hídricos a quien más utilidad obtengan de ellos, cambiando los usos en función de las situaciones de escasez y/o rentabilidad, asignando, a la vez, precios reales del agua que sean un incentivo para su uso más eficiente (Pérez y Sánchez, 2011).

Los bancos de agua son un conjunto de formas institucionales de mercados de agua caracterizados porque los compradores y vendedores no intercambian directamente los derechos o concesiones administrativas. Estas transacciones se realizarían obligatoriamente a través de un único intermediario que centralizaría todas las ofertas y las demandas, siendo su intermediación fundamental para el establecimiento de los precios de las mencionadas transacciones (Spulber y Sabbaghi, 2012; Montilla-López et al., 2017). Su función es transferir agua de unos usos a otros bajo vigilancia de la administración competente, con el objetivo no sólo de establecer un mercado, sino también de promover la protección del medio ambiente, la equidad en la utilización de los recursos y la minimización de posibles conflictos sociales en situaciones de escasez (Montilla-López et al., 2017).

El concepto un banco de agua se representa en la siguiente figura:

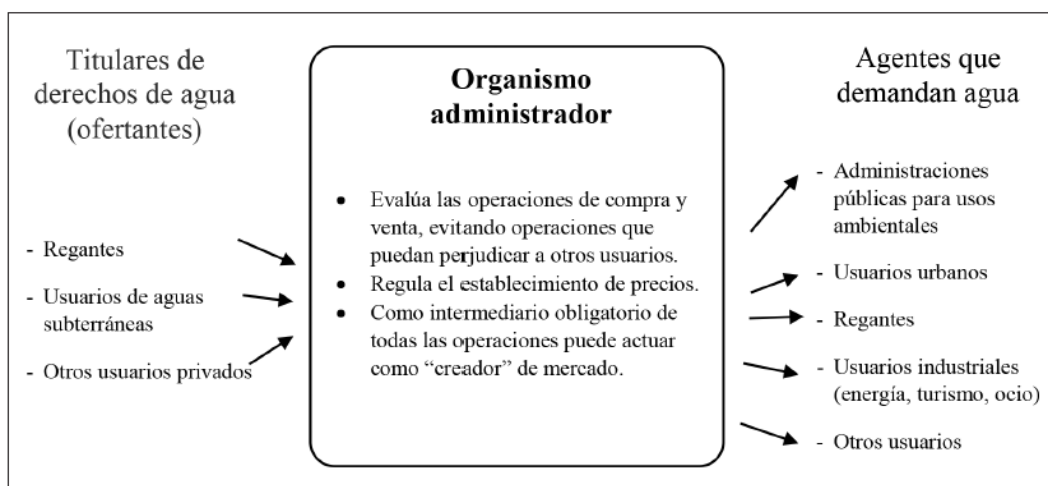


Figura 2. Modelo conceptual de los bancos de agua.
Fuente: Montilla-López et al. (2017).

Los mercados de agua están recogidos en la legislación española con diferentes denominaciones. Parece que son un primer paso para resolver la excesiva rigidez en la asignación de los recursos hídricos de la que son responsables las instituciones encargadas de su gestión ya que rompen con la vinculación del agua a la tierra que se había visto antes (Paneque, 2012; Montilla-López et al., 2017). En el TRLA estos mercados aparecen denominados como “Centros de Intercambio de Derechos”, cuya descripción se recoge en la Sección 2ª del texto: “Cesión de derechos al uso privativo de las aguas”, artículos 67 a 72. De la misma forma, también aparecen en la Ley de Aguas para Andalucía (Ley 9/2010, de 30 de julio), en el artículo 46. En este texto legislativo ya se les llama “Bancos Públicos del Agua”. En el caso de los centros de intercambio de derechos, el artículo 68 del TRLA

obliga a que los contratos de cesión se formalicen por escrito y sean puestos en conocimiento del organismo de cuenca y de las comunidades de usuarios a las que pertenezcan el cedente y el cesionario mediante el traslado de la copia del contrato, debiendo identificarse expresamente, en caso de que el destino del agua sea el riego, las parcelas que el cedente dejará de regar o regará con menos dotación, así como las tierras que regará el adquirente con las aguas cedidas.

Ambas figuras representan lo que se ha definido anteriormente como banco de agua. La diferencia más destacable es que los centros de intercambio de derechos sólo se constituyen en situaciones de sequías o sobreexplotación de acuíferos, mientras que los bancos públicos de agua no estarían sujetos a situaciones excepcionales, pudiendo suponer un instrumento de reasignación de recursos en situaciones que no fuesen necesariamente de sequía (Paneque, 2012).

En línea con lo anterior se enmarca el proyecto AQUAEBANK en el que participa María P. Espinosa Goded (tutora de este TFM). Este proyecto se centra en el análisis de la implementación de bancos de agua en Andalucía como herramienta para reducir los impactos negativos de la escasez de agua, no sólo ante situaciones extremas como puede ser una sequía, sino como un instrumento que mejore la eficiencia de asignación del recurso ante cualquier situación, considerando criterios económicos, sociales y ambientales. Se plantea en el proyecto el uso de los bancos de agua como instrumento económico que permita realizar una transición paulatina desde el sistema concesional existente a uno nuevo, que tenga como objetivo la reasignación del recurso en escenarios climáticos que auguran una creciente conflictividad entre los usos productivos y ambientales (Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía, 2020).

Por lo tanto, el contexto de diseño de la subasta será para su utilización en un banco de agua, en su concepto más amplio, en el que se pueden comprar y vender derechos y concesiones de agua bajo la premisa de la asignación eficiente del recurso, tal como se recoge en el proyecto AQUAEBANK.

Los autores Montilla-López et al., (2016 y 2017) han analizado la variedad de diseños institucionales de bancos de agua, exponiéndose un cuadro resumen con las distintas tipologías existentes a continuación:

Variable definitoria	Organismo administrador	Derecho objeto de intercambio	Finalidad	Estrategia de gestión
Tipos de bancos	<p>Bancos de agua públicos: gestionados por la autoridad competente en materia de aguas.</p> <p>Banco de agua privados: gestionados por la iniciativa privada, principalmente ONG.</p>	<p>Bancos de agua permanentes: los vendedores transfieren al banco la titularidad de los derechos de uso o propiedad de manera definitiva.</p> <p>Bancos de agua temporales o spot: las cesiones de los derechos son temporales o se trata de cantidades limitadas. Su actividad se concentra en periodos de sequía.</p> <p>Bancos de contratos de opción: se intercambian contratos que permiten a sus compradores tener la opción de comprar agua al vendedor del contrato, pero no hay obligación de compra.</p>	<p>Bancos de agua para la reasignación del recurso: reasignan los recursos en función de la oferta y la demanda de los usuarios, favoreciendo las transferencias de los usos de menor valor a otros de mayor valor.</p> <p>Bancos de agua para la consecución de fines ambientales: se compran derechos sin posterior reasignación para usos consuntivos. Están pensados para resolver problemas ambientales.</p> <p>Bancos de agua para la gestión del riesgo de disponibilidad de agua: se implementan para la negociación de contratos de opción sobre el agua para que los usuarios adopten decisiones eficientes en situaciones de exposición a riesgo.</p>	<p>Bancos de agua activos: los gestores del banco adoptan una estrategia proactiva de creación de mercado. El banco actúa como único comprador de derechos. Se establece un presupuesto máximo a gastar y los sistemas de compra pueden ser variados, incluyendo los procedimientos de subasta.</p> <p>Bancos de agua pasivos: limitan su función a poner en contacto a compradores y vendedores. Actúa sólo como intermediario.</p>

Tabla 3. Cuadro resumen de las distintas tipologías de bancos de agua.
Fuente: Elaboración propia a partir de Montilla-López et al., (2016 y 2017).

2.2.1. Experiencias de bancos de agua en EE. UU, Australia y España.

En EE. UU. se han puesto en funcionamiento bancos de agua en los que la mayor parte de las operaciones han consistido en transferir agua desde la agricultura a usos urbanos e industriales, como pueden ser la minería o la generación eléctrica (Bjornlund y McKay, 2002). La experiencia más conocida es la desarrollada en California, motivada por la frecuencia con la que se suceden episodios de sequía en esta región. También se han realizado experiencias de este tipo en estados como Idaho, en el que en el año 1995 el gobierno estatal instauró un banco de agua para la consecución de fines ambientales y poder paliar los daños provocados en la cuenca del río Columbia por las grandes presas para generación de energía hidroeléctrica, o los bancos implementados en Colorado o en Nuevo México con la finalidad de reasignación de los recursos entre diferentes usuarios (Montilla-López et al., 2016). No obstante, en estas experiencias de bancos de agua no se han utilizado las subastas para la determinación de precios, siendo la experiencia más

relevante de implantación de subastas de derechos de agua la relacionada con la Ley de protección contra la sequía del río Flint del estado de Georgia (The Flint River Drought Protection Act), con el objetivo de pagar a los regantes por la suspensión de sus derechos de riego en caso de sequía (Cummings et al., 2004).

Como caso internacional en el que se han usado subastas en un banco de agua debemos mencionar Australia. En este país nos encontramos con el banco de agua más activo del mundo y su constitución data de 1980. Se utiliza para comerciar con derechos temporales y permanentes, y se estima que el 20% del agua usada en este país proviene de las transacciones llevadas a cabo en esta institución. Gran parte de estas se realizan a través de intermediarios, que incluyen centros de intercambio, “brokers” y abogados. Los intercambios en los bancos se llevan a cabo mediante dos mecanismos de estrategia pasiva: uno es mediante el uso de internet, donde compradores y vendedores hacen públicas sus ofertas creando algo similar a un mercado bursátil; y la otra opción es mediante un sistema de subastas de oferta sellada. Hay que destacar el alto número de operaciones y la adaptación de los precios de mercado a las condiciones cambiantes, lo que confirma el éxito de estos mecanismos para la reasignación de los recursos hídricos (Montilla-López et al., 2017).

Finalmente, para el caso de España, autores como Montilla-López et al. (2017) exponen que las experiencias de funcionamiento de bancos de agua han sido relativamente escasas y sólo se han producido en periodos de sequía. Existen casos desarrollados en la Confederación Hidrográfica del Guadiana o en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, pero debemos destacar el llevado a cabo en la Demarcación Hidrográfica del Segura. En esta demarcación se creó en el año 2007 el Centro de Intercambio de Derechos del Segura debido a la escasez estructural asociada a esta cuenca y agravada por la sequía de los años 2005-2008. Se realizaron dos ofertas públicas de adquisición de derechos (OPAD) durante los años 2007 y 2008 para cesiones temporales de las concesiones. El sistema de adquisición fue por subastas, consiguiéndose adquirir derechos para $2,93 \text{ hm}^3$ por año a un precio medio de $0,168 \text{ €/m}^3$ (Montilla-López et al., 2017; Paneque y Beltrán, 2013).

3. REVISIÓN BÁSICA DE LA TEORÍA DE SUBASTAS

En esta sección se hace una breve exposición de la teoría de subastas que servirá para enmarcar los aspectos más relevantes implicados en el diseño de una subasta de derechos de agua. Igualmente, se proporcionarán referencias en las que ampliar la información sobre este aspecto de la teoría económica, siendo un tema que se ha tratado notablemente en los últimos tiempos.

La teoría de subastas nos proporciona modelos útiles para estudiar la formación de precios en las condiciones en las que existen asimetrías en la información disponible, siendo definido el concepto de subasta por los autores McAfee y McMillan (1987) como una institución de mercado con un conjunto claro y exacto de reglas que determinan la asignación de recursos subastados y sus precios en base a las ofertas o pujas presentadas por los participantes. Estos mismos autores destacan que las subastas son uno de los medios más eficientes para conectar rápidamente compradores y vendedores en un mercado.

Las subastas se pueden utilizar tanto para vender uno o varios bienes, como para comprarlos. En el primer caso el subastador es el vendedor y en el segundo es el comprador, con lo que los participantes en la misma tendrán el papel, a su vez, de compradores o vendedores. Estas, además, pueden ser de un solo bien o de múltiples bienes.

Para el caso de subastas de un solo bien, se pueden distinguir cuatro tipos básicos (McAfee y McMillan, 1987; Durá, 2003):

- Subasta inglesa o ascendente: este tipo es el más utilizado para la venta de bienes. Se caracteriza porque el precio se va incrementando sucesivamente hasta que queda un único comprador, que es al que se le adjudica el bien al precio final. Su característica esencial es que en todo momento cada participante conoce el valor de la mejor puja en vigor.

- Subasta holandesa o descendente: esta variante es la inversa de la subasta inglesa. El subastador comienza el proceso con un precio muy alto que va disminuyendo sucesivamente hasta que algún comprador lo acepta.
- Subasta con sobre cerrado al primer precio: en este caso los participantes presentan sus pujas en sobres cerrados y el bien se adjudica a la mejor oferta por el precio propuesto.
- Subasta de Vickrey o con sobre cerrado al segundo precio: esta modalidad es igual a la anterior, con la salvedad de que el precio a pagar no sería el ofertado por el ganador sino el correspondiente a la segunda puja más alta presentada.

Sobre estos cuatro tipos básicos existen numerosas variantes como pueden ser aquellas en las que se considera un precio mínimo (que puede ser público o no), otras en las que se establecen tasas por participar en la subasta, o las que imponen un tiempo límite para presentar las pujas, entre otras.

Cuando hablamos de subastas de múltiples bienes o unidades nos referimos a bienes homogéneos donde cada bien es igual o muy parecido al resto, de tal forma que el precio establecido en el proceso de subasta se pueda aplicar a cada unidad del bien subastado (Sanz, 2015). Existen casos de subastas de múltiples bienes heterogéneos, pero no son de aplicación en el objeto de este trabajo.

Se pueden distinguir los siguientes tres tipos principales de subastas de múltiples bienes (Sanz, 2015):

- Subasta discriminatoria: conocida también como subasta de varios precios o “pay-as-bid”. En esta modalidad los participantes presentan sus pujas en sobres cerrados, calculando el subastador el precio de equilibrio o corte con todas las ofertas realizadas. La cantidad del bien que obtendrá el comprador será aquella situada en precio de equilibrio, pero el precio a pagar será el ofertado por los participantes cuyas pujas hayan sido aceptadas. El equilibrio de esta subasta es el equilibrio de Nash, resultando muy complicado su cálculo. Para ello será necesario partir de tres supuestos de simetría que consisten en considerar que los compradores son simétricos, que cada unidad del bien es también simétrica y que los compradores (o vendedores) son simétricos en sus limitaciones de capacidad.

- Subasta de precio uniforme: se conoce también como subasta no discriminatoria y en ella los participantes presentan sus ofertas en sobre cerrado y la cantidad del bien que se obtiene se determina, igualmente, mediante el precio de equilibrio. No obstante, en este caso el precio a pagar por los bienes subastados será el precio de equilibrio que se determine.
- Subasta de Vickrey de múltiples unidades: también en este caso se presentan las pujas en sobre cerrado, obteniendo tantos bienes como pujas hayan conseguido realizar los participantes en el precio de equilibrio. En este caso, el precio a pagar por los bienes subastados será el coste de oportunidad de cada unidad del bien que se haya obtenido.

Añadir que también se pueden utilizar la subasta holandesa y la subasta inglesa para múltiples bienes (Sanz, 2015).

El análisis de las subastas y las estrategias para realizar las pujas se basaba, en los inicios de esta teoría, en los enfoques desarrollados por Friedman en los años cincuenta del siglo pasado (Durá, 2003). Friedman utilizaba modelos con competidores no estratégicos obviando los conceptos de equilibrio de la Teoría de Juegos. En este tipo de modelos, el cálculo de la puja óptima en una subasta al primer precio se basa en el análisis de las probabilidades de ganar, dependiendo estas del estudio de las pautas fijas que siguen los participantes para presentar sus ofertas. Por lo tanto, la dificultad radica en la estimación de la probabilidad de que la puja presentada sea la ganadora, siendo la clave de este modelo el análisis estadístico de las pujas de los competidores (Durá, 2003). Este modelo carecía de realidad y presentaba limitaciones, lo que lleva a una evolución hacia lo que se denominan subastas con información completa en el que ya se emplea la Teoría de Juegos y las valoraciones sobre el bien subastado son conocidas por el resto de los jugadores (Durá, 2003; Sanz, 2015).

El gran avance en la Teoría de Subastas lo constituye el desarrollo del Modelo de Referencia, en el que se basan algunos de los resultados más importantes de esta teoría y que ha contribuido al desarrollo de una gran parte de la literatura sobre subastas mediante la modificación o relajación de algunos de sus supuestos básicos (Durá, 2003). En este modelo nos encontramos en una situación de juego con información incompleta ya que las valoraciones de los compradores no son de dominio público. Los participantes en la

subasta, cuando preparan sus ofertas, tienen que hacer conjeturas sobre como sus rivales valoran el bien y como pujarán en función de esta valoración y, además, tendrán que hacer suposiciones sobre las previsiones que los otros jugadores, a su vez, realicen sobre como él mismo va a pujar (Durá, 2003).

En los trabajos de los autores McAfee y McMillan (1987) y Durá (2003) se recoge una completa descripción del Modelo de Referencia y se puede ampliar la información sobre la Teoría de Subastas.

3.1. Tipos de subastas empleados en el intercambio de derechos y concesiones de agua

El objetivo típico de una subasta de derechos o concesiones de agua es adquirir un determinado volumen de agua a un coste mínimo (Colby et al., 2021), siendo la situación más común, como ya se ha indicado anteriormente, aquella en la que existe un solo comprador que recibe ofertas o pujas de varios vendedores o poseedores de derechos con disposición a cederlos.

De la revisión de la literatura realizada sobre experimentos de laboratorio o experiencias reales de subastas de derechos y concesiones de agua podemos determinar, en base a lo recogido por autores tales como Cummings et al. (2004), Zhang et al. (2013), y Colby et al. (2021), que las subastas de este tipo de múltiples bienes son procesos complejos que presentan algunas dificultades. Las principales son el cálculo del precio unitario y la disparidad que pueden presentar, en términos de homogeneidad (calidad, disponibilidad, etc.), los derechos de agua objeto de subasta.

En base a lo publicado por los autores anteriores, se puede establecer que los tipos de subastas de múltiples bienes más adecuados para implantar en este campo son las subastas de precio uniforme y las subastas discriminatorias (ambas de sobre cerrado), existiendo también algún caso en el que se ha empleado la subasta inglesa en su variante de múltiples bienes.

Además, en los experimentos realizados se observa que las subastas de precios uniformes ofrecen mejores resultados que las subastas de precios discriminatorios ya que

las primeras promueven mayor competencia entre los participantes y son más eficientes en la asignación de los recursos (Zhang et al., 2013; Colby et al., 2021).

Los autores Cummings et al. (2004) igualmente subscriben la preferencia de las subastas de precio uniforme porque incentiva a que los vendedores presenten pujas con el valor real que ellos asignan a sus derechos o concesiones. El objetivo sería que los vendedores realizaran pujas iguales al coste de oportunidad que asignen a sus derechos de agua. No obstante, reconocen la dificultad que presenta la implantación de esta regla, así como la explicación de las condiciones teóricas de desarrollo de la subasta a los participantes, proponiendo, en su lugar, que el precio unitario al que los derechos y concesiones sean vendidos esté determinado por la mayor oferta aceptada por la institución compradora. En caso de utilizar subastas discriminatorias, cada vendedor con una oferta aceptada recibirá el precio propio que ofertó, según el funcionamiento normal de este tipo de subastas.

También Zetland (2013) destaca las ventajas que supone el utilizar las subastas de precio uniforme por ser más sencillas de entender para los participantes, llamando la atención sobre la importancia de elegir sistemas que favorezcan la participación para que la subasta arroje resultados satisfactorios.

4. DISEÑO DE LA SUBASTA DE AGUA DE RIEGO

En este apartado se desarrolla el diseño de la subasta de agua en el que se van a determinar unos parámetros fijos y otros que serán los que se propondrán para su testeo en el experimento de laboratorio.

Los autores Colby et al. (2021) proponen la siguiente visión general del proceso de diseño de una subasta de agua:

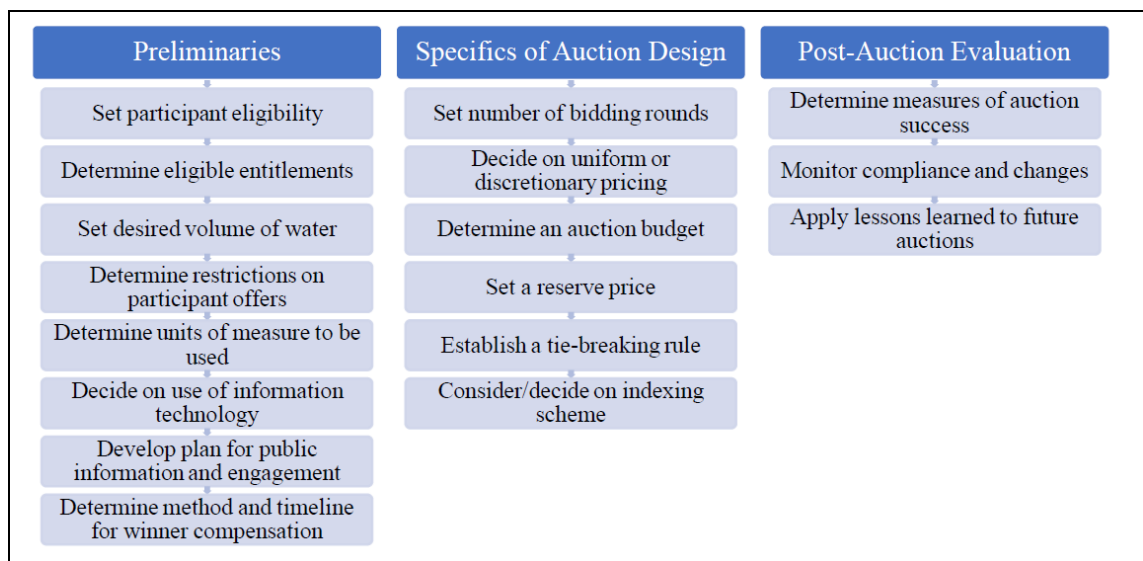


Figura 3. Visión general de las fases del diseño de una subasta de agua, su implementación y evaluación.
Fuente: Colby et al., 2021.

El propósito es, por lo tanto, analizar una serie de parámetros preliminares y específicos del cuadro anterior para proponer cuáles deben ser testados en laboratorio con el objeto de comparar, en un futuro, los diferentes resultados que ofrecen una vez que se apliquen al proceso de subasta. Para ello se toma como guía la experiencia expuesta por Cummings et al. (2004) sobre la subasta para la reducción del riego en el estado de Georgia (EE. UU). En los experimentos de laboratorio que describen en su trabajo simulan una situación en la que existe la figura de un solo comprador, que es el organismo estatal competente en materia de aguas (en nuestro caso es el banco de agua), que dispone de un presupuesto para adquirir derechos o concesiones de riego con el objetivo de evitar el uso del agua y combatir la escasez en periodos de sequía. Por otro lado están los poseedores de las concesiones de riego (agricultores), que pueden mantener esos permisos para su actividad agrícola u optar por venderlos a este organismo. Al organismo le interesa

maximizar la reducción del uso de agua de riego para el presupuesto del que dispone. En aquel caso, y a diferencia de las consideraciones a aplicar en la cuenca del Guadalquivir, las ofertas presentadas están referidas a superficie de tierras de labor que se quitarán del riego. En los experimentos que conducen los autores testean, desde el punto de vista del comprador, parámetros tales como objetivo de superficie a quitar de riego, el presupuesto máximo disponible o la determinación del precio de reserva. Así mismo, se comparan los resultados obtenidos utilizando subastas de precio uniforme y discriminatorio, así como los derivados de la aplicación de diferentes reglas a las subastas (rondas de revisión de ofertas, si se permite la comunicación entre participantes, uso de criterios de desempate, etc.). Existe una página web en la que hay disponible un programa que permite realizar simulaciones basadas en los experimentos expuestos en este artículo: <https://veconlab.econ.virginia.edu/wa/wa.php> (Veconlab, 2023).

En línea con lo expuesto, la subasta se establece en un contexto de mercado tipo monopsonio, donde existe un solo comprador de derechos, que es el banco de agua promovido por la CHG (organismo regulador de la reasignación de agua), y una oferta constituida por los regantes poseedores de las concesiones.

4.1. Parámetros preliminares

Quien es elegible para participar:

El ente administrador promotor de la subasta debe determinar si es necesario establecer restricciones geográficas (Colby et al., 2021). En nuestro caso, la subasta se realizará considerando a los agricultores miembros de comunidades de regantes (CCRR) de la cuenca del Guadalquivir, puesto que el 80% del agua usada para riego proviene de estas comunidades (Hernández-Mora y Del Moral, 2015). Por ello, es de suponer que, en un contexto real, la mayor parte de las subastas serían sobre las concesiones en manos de este tipo de agricultores.

Sería algo similar a la experiencia del mercado inter-cuenca, desarrollado en los años 2006-2008, en el que se realizaron una serie de transacciones entre regantes de la cuenca del Guadalquivir y de la cuenca del Almanzora, pero en nuestro caso utilizando una subasta, y siendo el comprador el banco de agua. En aquella experiencia Aguas de Almanzora S.A.

adquirió un volumen de 102,38 hm³ a varias CCRR de la cuenca del Guadalquivir a un precio de 0,18 €/m³ (Giannoccaro et al., 2012).

Mencionar que, independientemente de que pudiesen participar en la subasta CCRR pertenecientes a una misma Unidad de Demanda Agrícola o CCRR pertenecientes a zonas más amplias de la cuenca del Guadalquivir, partiremos del supuesto de que nos encontramos en el caso de una subasta de múltiples unidades de un bien homogéneo o con alto grado de homogeneidad (volumen de agua). El objeto de transacción en la subasta es el recurso agua en volumen (m³). Otros costes como cánones fijos o aquellos costes asociados a bombeos no son considerados en el proceso.

Qué tipo de permisos de aguas se incluyen y restricciones a aplicar:

A partir de lo expuesto, van a ser objeto de la subasta los permisos o concesiones en manos de agricultores pertenecientes a comunidades de regantes.

Existe la posibilidad de incluir los aprovechamientos de aguas subterráneas. Se trataría de las concesiones para usos privados de aguas subterráneas concedidas con anterioridad a la Ley de Aguas de 1.985. Estos usos están vinculados a los derechos de posesión de las tierras donde se encuentren los pozos o manantiales y teniendo en cuenta que la venta a otros usuarios no sería legal (Hernández-Mora y Del Moral, 2015), salvo a la propia autoridad competente, que en este caso sería el banco de aguas de la CHG.

A la hora de elegir los tipos de permisos o derechos objeto de la subasta se debe tener en cuenta que estamos en el caso de una subasta de múltiples bienes homogéneos, con lo que, siguiendo lo propuesto por autores como Hartwell y Aylward (2007), se restringirá el procedimiento a concesiones cuyo origen del agua sea superficial, de tal forma que se puedan considerar equivalentes en características. Por lo tanto, en lo que se refiere al contexto de la CHG, se enfocaría la subasta para concesiones de aguas superficiales, que constituyen la mayor parte del consumo (65% del riego regulado) y es más fácil su control. No obstante, en próximas fases del experimento de subasta se podría valorar la participación de las concesiones de aguas subterráneas (Mullen, 2019).

Respecto a otras posibles restricciones, autores como Zetland (2013) advierten sobre el potencial problema de obtener unos resultados poco satisfactorios causado por la escasa participación en estos eventos. Por lo anterior, no se considera necesario imponer otras restricciones como no permitir la participación de regantes que quieran reservarse una parte de su concesión para el riego de sus cultivos porque, por ejemplo, la subasta se desarrolle en el inicio de la campaña de riego, sobre todo dados los problemas de escasez en la cuenca del Guadalquivir.

Cantidades de agua ofrecida:

En este caso nos referiremos a volúmenes consuntivos cuando hablamos de cantidad de agua. Como ya se ha expuesto, una de las claves del éxito de una subasta de agua es favorecer la participación, con lo que a la hora de analizar la cantidad de agua de cada concesión con la que se puede participar en el evento, parece que se obtendrían mejores resultados cuando se permite a los participantes que determinen qué porción de sus concesiones o derechos están dispuestos a subastar (Colby et al., 2021). En contraste, obligar a participar con la concesión completa simplifica las transacciones y el monitoreo posterior (Cummings et al. 2004).

En este caso se permitiría acudir a la subasta con una parte de la concesión (por ejemplo, porque quieran reservarse una parte para el riego de sus cultivos) ya que procura una mayor flexibilidad y puede incrementar la participación, lo que proporcionaría unas condiciones que llevarían a comercializar un mayor volumen a menor precio (Colby et al., 2021). En nuestro contexto los agricultores tienen concesiones establecidas en metros cúbicos por hectárea, como ya se expuso en la sección 2.1.1. En consecuencia, será necesario proceder a su conversión a un volumen de agua en metros cúbicos. Esto toma especial relevancia ya que estamos en el supuesto de una subasta de unidades homogéneas y el criterio de precio debe ser en todos los casos €/m³.

Cuantificación del agua

La unidad de medida utilizada para cuantificar el agua que se transfiere debe reunir tres condiciones básicas: ser fácil de calcular, ser fácil de comprender por parte de los

participantes en la subasta y finalmente, ser coherente con lo recogido en la legislación vigente en materia de aguas (Colby et al., 2021).

Así las cosas, como ya se ha mencionado, la cuantificación se realizará en metros cúbicos. Es decir, que una vez conocida la concesión final dictaminada en la comisión de desembalse, en metros cúbicos por hectárea, y según la superficie de tierras que el agricultor o CCRR esté dispuesto a quitar del uso de regadío, o porque decida reducir el volumen de agua utilizado (optando por un riego deficitario o por un cambio a cultivos con menor necesidad de riego), se obtiene un volumen de agua.

Uso de las tecnologías de la información. Subastas online:

Tradicionalmente, las subastas de agua han tenido lugar de manera presencial y en sedes físicas conocidas y ubicadas en zonas rurales, que además han servido como eventos de encuentro entre los miembros de la comunidad (Colby et al, 2021). Sin embargo, hoy en día el uso de las tecnologías de la información presenta una serie de ventajas que deben ser evaluadas en el diseño de la subasta. El empleo de las subastas online puede simplificar varios aspectos del proceso ya que agiliza la presentación de las ofertas y la recolección de datos, así como facilita la comunicación entre oferentes y demandantes (Colby et al, 2021).

Las subastas de agua usando plataformas web llevan empleándose desde hace varios años en diferentes países donde es habitual la utilización de bancos de agua. Australia ha sido un país pionero en la implantación de mercados de agua y donde es habitual el uso de internet y diversas plataformas web en las que compradores y vendedores hacen públicas sus ofertas, creando algo similar a un mercado bursátil. Como ejemplo tenemos la plataforma Water Exchange (www.waterexchange.com.au), que representa el mecanismo de intercambio mayormente utilizado es este país (Colby et al. 2021).

En el estado de California (EE. UU) también se pueden encontrar ejemplos de uso de plataformas como la anterior. En este caso se ha de destacar Water Find USA (www.waterfindusa.com), portal de internet para operaciones de mercado con derechos de agua que tiene su origen en Australia, donde comenzó a operar en los mercados de aquella región.

No obstante, hay que tener en cuenta el perfil del agricultor en el área de la CHG ya que, como indican Hartwell y Aylward (2007), pueden existir casos en los que los participantes estén poco habituados al uso este tipo de tecnología e incluso haya problemas para el acceso a internet en algunas zonas de este ámbito territorial, provocando problemas de participación en la subasta.

En el experimento parece adecuado considerar el uso de plataformas web para realizar las subastas, sobre todo en la fase de laboratorio para testar los resultados, ya que la subasta online presentaría las ventajas señaladas y podrían limitarse los inconvenientes destacados según el perfil del participante y su familiaridad con este tipo de tecnologías.

Además, a la hora de realizar una subasta en el contexto real de la CHG, el uso de las TIC combinados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilitaría aspectos tales como pueden ser la integración de las operaciones con las bases de datos públicas (registro de aguas), lo que agilizaría la verificación de los datos aportados en las ofertas (titularidad de los derechos, localización, uso de las concesiones, etc.), así como el control y supervisión de que los regantes que venden sus derechos no los utilizan posteriormente (Montilla-López et al., 2017).

Plan para la exposición pública de la información sobre la subasta:

Si bien en esta fase diseño de la subasta en modalidad de experimento no es primordial el desarrollo de un plan de anuncio del evento y exposición pública, si se quiere traer a colación la importancia de este aspecto en su posterior implantación a escala real.

Una de las causas que llevan al fracaso de este tipo de eventos es la poca o nula participación debido a la falta de familiaridad de los potenciales participantes con las subastas, lo que lleva a que no se sientan cómodos y desconfíen de este tipo de procesos (Colby et al., 2021). Por lo tanto, lograr la confianza de los participantes es un aspecto fundamental para obtener resultados satisfactorios mediante una adecuada participación. Si los participantes entienden y creen que el proceso y sus objetivos tienen en cuenta sus preocupaciones e intereses estarán más dispuestos a participar (Colby et al., 2021).

Para ello, un buen diseño de la información que se va a exponer es clave para lograr la máxima participación. Esta debe incluir una exposición clara del proceso de subasta, cómo se elegirán las ofertas ganadoras y qué precio se va a pagar, siendo esto último también fundamental a la hora de desarrollar el experimento y que se obtengan resultados fiables (Colby et al., 2021; Cummings et al., 2004).

Condiciones para el pago de las ofertas seleccionadas:

Entre los parámetros de diseño es necesario establecer cómo y cuándo se va a proceder al pago de las ofertas ganadoras por parte del banco de agua. Los autores Colby et al., (2021) exponen, en función de las experiencias que han revisado, que existen dos opciones: el método simple, que es pagar al agricultor la suma completa en una fecha determinada; o la otra opción, más compleja en su planteamiento, que es realizar los pagos en varios plazos según un programa de fechas determinado. En todo caso, la opción elegida debe quedar claramente reflejada y descrita en la información sobre la subasta que se vaya a someter a exposición pública.

En el caso que nos ocupa no parece relevante este aspecto ya que se parte del supuesto de que el banco de agua tendrá la liquidez necesaria al estar promovido por un organismo como es una confederación hidrográfica. Por lo tanto, los pagos se realizarán en el momento de la transacción, según el modelo más simple.

4.2. Parámetros específicos del diseño de la subasta

Selección del número de rondas:

La selección del número de rondas de la subasta es un parámetro básico que hay que tener en cuenta en el proceso de diseño. Se puede optar por una subasta de una sola ronda, donde cada agricultor realiza una única oferta y esta podrá ser aceptada o rechazada al final del proceso. Por otro lado, si se opta por una subasta de múltiples rondas iterativas, los participantes entregan sus ofertas, que van siendo aceptadas o rechazadas de manera provisional, permitiéndose a los agricultores la entrega de nuevas ofertas revisadas, incluso a aquellos cuyas ofertas iniciales fueron ya aceptadas. Este proceso se repite de manera iterativa según el número de rondas preestablecido por el organizador de la subasta, o hasta

que los ofertantes estén satisfechos con el resultado del evento y ya no deseen presentar nuevas ofertas (Colby et al., 2021).

La ventaja de las subastas de una sola ronda es su simplicidad, tanto para los participantes como para el organizador (Hartwell y Aylward, 2007). No obstante, las subastas de varias rondas iterativas presentan ventajas como son la maximización de la participación y la minimización de los costes administrativos de la organización del evento (Colby et al., 2021). En los experimentos piloto realizados en el estado de Georgia (EE. UU), se concluyó que aporta más ventajas para el éxito de la subasta el permitir a los agricultores revisar sus ofertas durante el proceso. Lo anterior se justifica porque observaron que, en esta modalidad, los agricultores tienen más tiempo para reflexionar sobre la situación, respondiendo a las decisiones de los organizadores y de los otros participantes, consiguiendo precios de venta más razonables que en una subasta de una sola ronda, y la impresión general entre los participantes de estar satisfechos con los resultados (Cummings et al., 2004).

Por lo anterior, en el experimento se propone optar por una subasta de múltiples rondas dando opción a los participantes a revisar sus ofertas durante el proceso.

Elección del tipo de subasta. La teoría del ingreso equivalente:

Como se ha expuesto en la sección tercera de este trabajo, los tipos de subastas de múltiples bienes más adecuados para implantar en los mercados de agua son las subastas de precio uniforme y las subastas discriminatorias, ambas de sobre cerrado.

Autores como Vickrey (1961) postularon que, en base a la Teoría del Ingreso Equivalente, todas las subastas que cumplan con ciertas propiedades generan el mismo ingreso esperado. Sin embargo, en los experimentos que se han realizado en el contexto de las subastas de agua, se ha observado que las subastas de precio uniforme ofrecen mejores resultados que las de precios discriminatorios (Hailu y Thoyer, 2007; Colby et al., 2021).

En base a las experiencias llevadas a cabo, las subastas de precios uniformes promueven una mayor competición entre los participantes y ofrecen mayores ingresos para los vendedores, obteniéndose, en general, unos resultados más consistentes y predecibles,

así como una reasignación de los recursos más eficiente (Zhang, 2013; Hailu y Thoyer, 2007).

Por otro lado, Hailu y Thoyer (2007), en base a las simulaciones por ordenador realizadas en varios experimentos con poca participación, destacan que una de las desventajas observadas en las subastas de precios discriminatorios es que los participantes tienden a sobrepujar. No obstante, los autores Cummings et al. (2004), en el experimento de subasta llevado a cabo en el estado de Georgia para la reducción del uso de agua de riego, concluyen que no hay diferencias sustanciales entre estas dos modalidades de subasta. En base a los resultados obtenidos, optan por la modalidad de precios discriminatorios ya que detectaron que en cada ronda se producían revisiones al alza de los precios ofertados, prácticamente desapareciendo las diferencias entre ambos tipos de subastas y siendo políticamente más aceptable la modalidad de precios discriminatorios ya que cada agricultor recibe un pago que refleja el valor que le da a su concesión.

En nuestro caso, las dos variantes son perfectamente utilizables y se pueden probar ambas en el laboratorio. Es interesante destacar lo reflejado por Cummings et al., (2004) en el párrafo anterior ya que los agricultores del entorno del Guadalquivir podrían entender y aceptar mejor también la modalidad de precios discriminatorios puesto que recibirían el precio equivalente al coste de oportunidad que para ellos represente la opción de regar sus tierras.

Criterios para seleccionar a los ganadores:

Los métodos para determinar las ofertas ganadoras son dos principalmente:

- Establecer un precio de reserva: consiste en determinar un tope en el precio por unidad ofertado que será aceptado por el comprador (banco de agua). Cualquier oferta por debajo de ese precio de reserva será aceptada y las que estén por encima serán rechazadas (Hartwell y Aylward, 2007; Colby et al., 2021).
- Establecer un límite presupuestario o límite en la cantidad de agua que se quiere comprar: en este caso se trata de seleccionar las ofertas ganadoras en base a un presupuesto máximo o a un objetivo de compra de un volumen de agua. Las ofertas recibidas se ordenan de menor a mayor a precio y se van aceptando

hasta que se alcanza el presupuesto establecido o el objetivo de compra de agua determinado (Hartwell y Aylward, 2007; Colby et al., 2021).

El primer método presenta como inconveniente la posibilidad de que el organismo comprador esté obligado a aceptar todas las ofertas por debajo del precio de reserva, incluso una vez se haya alcanzado el límite presupuestario o el objetivo de agua a adquirir por el banco (Colby et al., 2021).

A la hora de su aplicación práctica, lo más efectivo es aplicar ambos criterios a la vez para conseguir minimizar el coste por unidad que tenga que pagar el ente comprador (Hartwell y Aylward, 2007; Cummings et al., 2004), siendo preferible esta opción mejor que la aplicación de cada uno de los métodos por separado ya que, además, se consigue no sobrepasar el límite presupuestario (Colby et al., 2021).

Criterio de desempate:

Otro aspecto relacionado con el anterior es la consideración de que se den situaciones de empate entre las ofertas y la necesidad de indicar que reglas se aplicarán para el desempate (Cummings et al., 2004).

Los autores Colby et al., (2021) destacan la posibilidad de que establecidos un precio de reserva y un límite presupuestario, existan dos ofertas iguales por debajo del precio de reserva y que la aceptación de ambas implique superar el presupuesto establecido. En esta situación el banco de aguas necesita un criterio claro para afrontar esta situación. En el caso de la subasta de agua realizada en el estado de Georgia (EE. UU) se estableció como criterio la selección al azar de la oferta ganadora, lo que fue visto por los participantes como un sistema justo (Cummings et al., 2004).

Este criterio de selección al azar presenta, además, la ventaja de que disminuye la posibilidad de colusión entre los participantes, favoreciendo la competencia entre ellos (Cummings et al., 2004).

En el experimento se implantaría este mismo criterio de desempate, en base a las experiencias descritas por los autores anteriores.

4.3. Implementación de la subasta en el laboratorio

En este apartado se exponen los parámetros específicos que se consideran necesarios para implementar una subasta en laboratorio. Estos parámetros se corresponden tanto a los descritos en la sección 4.2, como a los necesarios para simular las características de los agricultores en el experimento. De los parámetros vistos anteriormente se han seleccionado una serie de ellos que se determinan como fijos y que no serán objeto de testeo en el experimento:

Parámetros fijos	Descripción
Quien es elegible para participar	Agricultores miembros de comunidades de regantes (CCRR) de la cuenca del río Guadalquivir.
Cantidades de agua ofrecida	Por simplificación del experimento la cantidad de agua será la misma para cada permiso/concesión.
Cuantificación del agua	Volumen de agua en metros cúbicos.
Uso de las tecnologías de la información. Subastas online	El experimento se realizará utilizando una plataforma web creada al efecto.
Plan para la exposición pública de la información sobre la subasta	Se debe preparar un documento con instrucciones claras sobre el proceso de subasta, que incluya cómo se elegirán las ofertas ganadoras y cómo se determina el precio que se va a pagar.
Condiciones para el pago de las ofertas seleccionadas	En el momento de la transacción. No relevante para el experimento.
Selección del número de rondas	Se testarán varios números de rondas, haciendo un control de los resultados en función del número de estas. Se da opción a los participantes a revisar sus ofertas conociendo las ofertas aceptadas/rechazadas en rondas anteriores.
Criterio de desempate	Selección de la oferta de manera aleatoria.

Tabla 4: Parámetros fijos que no son objeto de testeo en el experimento.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinados los parámetros fijos, ahora se tratarán aquellos que serán objeto de testeo en el laboratorio. Son los siguientes (Tabla 5):

- Tipo de subasta: se testará la subasta de precio uniforme y la de precio discriminatorio, comparando los resultados obtenidos en las sesiones de laboratorio que se proponen en la tabla 5.

- Selección de los ganadores: para la simplificación del experimento se optará por testar variantes que alternen un límite presupuestario con alcanzar un objetivo de volumen de agua adquirido por el banco. El precio de reserva se define en €/m³ como: 1,33 x máximo coste de oportunidad (0,33 €/m³ definido a continuación), por lo tanto, el valor será 0,44 €/m³.
- Concesión: concesiones referidas a aguas superficiales pertenecientes a una misma CCRR o a diferentes CCRR, con lo que tenemos el caso de una misma concesión para todos los participantes, o el caso de que varíen las concesiones entre estos si se incluyen distintas CCRR.

Una propuesta de diseño de las sesiones de laboratorio es la siguiente:

Sesión	Tipo subasta	Selección ganadores	Concesión
1	Uniforme	Límite presupuestario	Misma concesión
2	Discriminatoria	Límite presupuestario	Misma concesión
3	Uniforme	Límite presupuestario	Diferente concesión
4	Discriminatoria	Límite presupuestario	Diferente concesión
5	Uniforme	Volumen agua	Misma concesión
6	Discriminatoria	Volumen agua	Misma concesión
7	Uniforme	Volumen agua	Diferente concesión
8	Discriminatoria	Volumen agua	Diferente concesión

Tabla 5: Propuesta de diseño de sesiones de laboratorio del experimento.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe el proceso de simular las características de los agricultores en la subasta experimental. Para ello se propone seguir el mismo procedimiento que Cummings et al. (2004), adaptando las características a la situación de la CHG. La principal diferencia es que en Cummings et al. (2004) se subastaba el derecho al riego, pero sin tener una concesión específica por cada hectárea. Por tanto, no era posible cuantificar la cantidad de agua sino las hectáreas que pasaban a secano. En consecuencia, se asumen, las siguientes premisas en el experimento:

- Coste de oportunidad: este concepto trata de reflejar el valor que tiene regar o no regar las tierras de cultivo. Para el experimento se tomarán los valores del rango de precios del agua del experimento de elección del proyecto AQUAEBANK: 0,03 €/m³ a 0,33 €/m³. Los agricultores están sujetos a incertidumbre respecto al rendimiento, precio de los insumos y precio de los productos. No obstante, para

simplificar las elecciones y tal como hicieron Cummings et al. (2004), en una primera fase no se añadirán parámetros que reflejen incertidumbre para simplificar el experimento.

- Cada participante tiene 3 permisos de riego asociado cada uno a una superficie en hectáreas y con un coste de oportunidad en €/m³. Este último se asignará de manera aleatoria de entre el rango que se ha expuesto, asumiendo una distribución uniforme.
- Cada permiso o concesión tiene la misma dotación en metros cúbicos por hectárea para cada participante, con la idea de simplificar el experimento (dependiendo de la percepción de los participantes en las dificultades de elección se puede complicar la subasta en una segunda fase asumiendo que cada participante utiliza diferentes intensidades de riego en cada permiso). Las dotaciones que se asignarán a cada permiso se toman de los datos reflejados en el Anejo 3 del Plan Hidrológico (CHG, 2015), desde los 1744 m³/ha hasta los 12235 m³/ha. Estos valores los aproximamos en el experimento a un rango que va desde los 1800 hasta los 12200 m³/ha. Para asignar la dotación a cada participante en la subasta se propone tomar el 50% del valor de la dotación (situación de sequía), con lo que se establecen para el experimento las siguientes dotaciones a asignar a cada participante: 900, 2200, 3500, 4800 y 6100 m³/ha. En el caso de que se esté en la variante de testeo de subasta dentro de una misma CCRR, se asumirá la misma concesión para todos los participantes, y en el caso de que sean de diferentes CCRR, se asumirán diferentes concesiones por participante.
- El número de hectáreas asociado a cada permiso se asignará de forma aleatoria a cada participante, siguiendo una distribución uniforme y tomando como rango de valores el percentil 10% y 90% de las encuestas del proyecto AQUAEBANK, por lo tanto, de 3 a 72 ha.

Para facilitar la comprensión se describe un ejemplo de cómo tendría lugar el proceso. Se dispone de un participante en el experimento al que se le asigna aleatoriamente las siguientes características:

Permiso/ Concesión	Dotación de la concesión (m ³ /ha)	Superficie asignada a la concesión (ha)	Coste de oportunidad (€/m ³)
1	2200	5	0,15
2	2200	15	0,21
3	2200	10	0,27

Tabla 6: Asignación de características a un participante.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez que el participante conozca sus características, tendrá que tomar sus decisiones. Para ello calculará el coste de oportunidad referido a la unidad de hectárea. Este se obtiene multiplicando el coste de oportunidad asignado, en €/m³, por las dotaciones de cada permiso con el que participa. En función del dato que obtenga, debe decidir que precio le pone a esa hectárea y de forma automática, dividiendo ese precio entre la dotación de cada concesión determina el precio en €/m³ de su permiso o concesión con el que participará en la subasta:

Permiso/ Concesión	Dotación de la concesión (m ³ /ha)	Superficie asignada a la concesión (ha)	Coste de oportunidad (€/m ³)	Coste de oportunidad en €/ha	Precio ofertado (€/ha)	Precio ofertado (€/m ³)
1	2200	5	0,15	330	340	0,1545
2	2200	15	0,21	462	470	0,2136
3	2200	10	0,27	594	602	0,2736

Tabla 7: Valoración de la concesión por parte del participante para participar en el experimento.
Fuente: Elaboración propia.

Si es aceptada su oferta, recibe el importe negociado en €/m³ (última columna de la tabla anterior para el caso de una subasta discriminatoria) multiplicado por el número de hectáreas del permiso y por su dotación. Si la venta de uno no es aceptada en la subasta, el participante recibirá, para ese permiso, el coste de oportunidad que se le asignó en €/m³, multiplicado por el número de hectáreas del permiso y por su dotación.

A pesar de que la implementación real será continua (volumen de agua), para facilitar la decisión de los participantes y simplificar se hará como discreta.

En cada sesión las ofertas se recogen en una serie de rondas. Después de cada ronda son ordenadas de menor a mayor valor según el precio ofertado en €/m³ y se anuncian aquellas que han sido aceptadas provisionalmente, considerando el precio de reserva. El organismo tiene para cada sesión un criterio para la selección de las ofertas ganadoras, de

tal forma que estas, una vez ordenadas, se van aceptando comenzando por las de menor precio ofertado hasta que se alcance el objetivo de volumen de agua a adquirir, o el límite presupuestario. La subasta también puede terminar si no hay un cambio en las ofertas de los participantes en una de las rondas.

A modo de ejemplo se exponen los resultados (Figura 4) que visualiza un individuo en la subasta experimental de Cummings et al. (2004).



Figura 4: Ejemplo de subasta experimental de Cummings et al. (2004)
 Fuente: Veconlab (2023)

Finalmente, para comparar la eficiencia de la subasta se medirá el coste/m³ medio de cada diseño.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El cambio climático, además de plantearnos retos relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero o la gestión de los recursos energéticos, también nos va a requerir el diseño de políticas y herramientas que nos lleve a un uso racional de los recursos hídricos. Los bancos de agua pueden ser parte de esas herramientas que faciliten las transferencias de agua hacia usos agrarios y urbanos con mayor valor económico, así como para usos que satisfagan objetivos medioambientales en los que, por ejemplo, el objetivo de la compra de derechos no sea para su posterior reasignación, sino para atender problemas de escasez de agua por sobreasignación de recursos o para garantizar caudales ecológicos (Montilla-López et al., 2017). Y es dentro del funcionamiento de los bancos de agua donde se necesitan instrumentos económicos, como las subastas, que permitan determinar eficientemente aspectos claves de cualquier mercado como son el precio de los bienes y las cantidades óptimas que se van a intercambiar.

No obstante, los bancos de agua y las subastas tienen también algunas desventajas que deben ser discutidas en esta parte final. Como en todo mercado, existen barreras que han sido observadas en las diversas experiencias que ya se han puesto en práctica. Una de ellas es la falta, en algunos países, de infraestructuras y sistemas de conexión entre diferentes regiones hidrológicas. La barrera que supone el carecer de estas interconexiones se puede convertir en un grave inconveniente para facilitar las transacciones de derechos, siendo relevante el caso español en el que se carece de estos sistemas (Paneque, 2012). A esto se une la necesidad de financiación pública para poder disponer de estas infraestructuras y las implicaciones que tiene el hecho de que en España no se repercutan íntegramente los costes derivados de esas actuaciones públicas a los usuarios que se benefician de su uso por ser muy impopular (Riesgo y Gómez-Limón, 2001).

Otras barreras observadas tienen que ver con aspectos territoriales y culturales, especialmente con las percepciones que tienen los agricultores sobre este tipo de mercados. Autores como Hernández-Mora y Del Moral, (2015) advierten, por un lado, sobre el riesgo existente de que las transacciones que se lleven a cabo a través de un banco de agua estén fuertemente influenciadas por las presiones que pudiesen ejercer territorios con ventajas competitivas en aspectos como pueden ser tener una agricultura intensiva muy desarrollada

o un importante sector turístico. Por otro lado, también llaman la atención sobre los resultados de algunos estudios que exponen que los agricultores, en general, son reticentes a renunciar formalmente a sus concesiones ya que, en su visión de esta cuestión, temen que su disposición a venderlas les pueda acarrear algunas consecuencias negativas en el futuro. Entre sus temores destacan el reconocimiento implícito en la venta a la posesión de una concesión excesiva, lo que podría abrir la puerta a una revisión a la baja de las mismas por parte del organismo competente, o a una pérdida de poder del sector agrícola frente a otros usuarios de los recursos hídricos en la cuenca, en línea con los riesgos comentados al principio de este párrafo.

A este respecto y dentro del proyecto AQUAEBANK, los autores Perni et al., (2022) analizaron los resultados correspondientes a una encuesta realizada en tres comunidades de regantes de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, en particular, Bajo Guadalquivir - BG (53%), Genil Cabra - GC (40%) y Las Marismas – MA (7%). Las encuestas se han realizado para conocer su opinión y sus preferencias acerca de los bancos de agua, como paso crítico para garantizar la viabilidad institucional de este tipo de instrumentos. El experimento de elección tenía como objetivo estimar las funciones de utilidad de los regantes, así como su disposición a pagar por adquirir derechos y a aceptar una compensación económica por ceder derechos al participar en un banco de agua.

Interesa exponer los resultados obtenidos por los autores en los aspectos que se muestran a continuación relacionados con este trabajo:

Item	Media	s.d.	Puntuación (frecuencias relativas, %)						
			1	2	3	4	5	6	7
El agua se debe poder vender y comprar	3,8	2,3	26,7	12,0	5,3	4,0	25,3	10,7	16,0
La determinación de precios y cantidades intercambiadas en un banco de aguas deben fijarse mediante una subasta	1,7	1,5	77,3	5,3	5,3	6,7	6,7	1,3	1,3
Los precios del agua adquirida en un banco de aguas deben ser iguales para todos	6,3	1,4	4,0	0,0	1,3	6,7	2,7	12,0	73,3

1: Completamente en desacuerdo; 2: Mayormente en desacuerdo; 3: Ligeramente en desacuerdo, 4: Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 5: Ligeramente de acuerdo, 6: Mayormente de Acuerdo, 7: Completamente de acuerdo

Tabla 8. Valoración de los encuestados sobre características inherentes al banco de agua.
Fuente: Perni et al. (2022).

Puede observarse que, aunque no parece que haya consenso sobre si el agua se debería poder vender y comprar, hay que señalar que todos los encuestados prefieren que la asignación del recurso no se haga mediante una subasta (Perni et al., 2022). Igualmente, la

mayoría prefiere que los precios del agua sean los mismos para todos (Perni et al., 2022), lo que contrastaría con lo expuesto por Cummings et al. (2004) mencionado en el apartado sobre el análisis de los parámetros de la subasta experimental, en el que optaban por precios discriminatorios en el experimento de subasta por su mayor aceptación entre los agricultores. Comentar también que un 62,0% de los participantes eligió no participar en todas las alternativas del banco mostradas en el experimento de elección como comprador y/o vendedor, observando una mayor disposición a comprar que a vender. Los no dispuestos a vender se justifican, generalmente, en la baja dotación disponible, que no les permitiría obtener una compensación suficiente (Perni et al., 2022). Estos resultados serían acordes con lo expuesto por Hernández-Mora y Del Moral (2015).

En definitiva, a lo largo de este trabajo se ha expuesto el notable interés que ha despertado este tipo de instrumentos económicos en diversas administraciones públicas relacionadas con la gestión del agua en diferentes países, lo que ha llevado a desarrollar aplicaciones experimentales de la teoría de subastas aplicadas a las concesiones de agua (Cummings et al, 2004). También se ha querido destacar el potencial que las subastas de agua presentan, dentro del funcionamiento de un banco de agua, para convertirse en un eficaz mecanismo de reasignación de los recursos disponibles, fomentando el encuentro institucional de los interesados y afectados por la gestión de los recursos hídricos en el contexto de funcionamiento de un banco de agua en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Sin embargo, se ha visto que son pocas en España las experiencias llevadas a cabo y las dificultades que pueden aparecer, sobre todo debido a las barreras culturales detectadas en los agricultores sobre su disposición a participar en este tipo de procedimientos. Por lo tanto, es fundamental que las autoridades competentes en materia de aguas diseñen e implanten las políticas adecuadas que promuevan y fomenten este tipo de actuaciones, con el objetivo de producir un cambio cultural en la gestión del agua, sin olvidar que también es clave, como indican Gutiérrez-Martín et al., (2020), disponer de presupuestos adecuados para su puesta en funcionamiento. Este trabajo supone un avance en la potencial implementación de las subastas de agua ya que propone un diseño concreto para testar de forma experimental adaptado a las condiciones de la CHG y, aunque lo planteado está todavía en una fase inicial, se desea que lo expuesto sienta las bases para la puesta en funcionamiento del experimento descrito.

En una investigación futura se propone abordar una serie de cuestiones que se exponen seguidamente. Será necesario analizar los resultados observados en el experimento de subasta y decidir cuál es la mejor implementación. En función de esta primera experiencia se puede complicar el diseño añadiendo incertidumbre y un reparto heterogéneo de la dotación final en cada permiso, tal como se ha mencionado anteriormente. Este tipo de subastas no son algo habitual y ponen de manifiesto la complejidad de estos procedimientos, lo que hace necesario desarrollar métodos experimentales que ayuden a definir los parámetros para tratar de alcanzar el sistema de subasta óptimo (Cummings et al., 2004).

Por otro lado, si bien el planteamiento expuesto en este trabajo sobre el banco de agua se ha centrado en el diseño de una subasta para la compra de las concesiones a los agricultores por parte de esta institución, no se debe olvidar que existe una segunda fase en el funcionamiento de este tipo de instrumentos y que consiste en la reasignación posterior del recurso por parte del banco de agua a aquellos agentes demandantes de esta. Así, en futuras investigaciones se debe trabajar en el diseño y utilización de herramientas que permitan simular e implantar procedimientos para conceder el agua a los demandantes que lo requieran, como se propone en el proyecto AQUAEBANK. En este sentido, pueden resultar interesantes las experiencias llevadas a cabo en Australia mediante el uso de la plataforma Water Exchange (www.waterexchange.com.au), donde incluso las relaciones e intercambios se establecen directamente entre las partes interesadas sin la intervención de un organismo regulador estatal. No obstante, hoy por hoy la implantación de esto último en España es poco viable con la legislación actual.

También se debe recalcar, y así se ha mencionado anteriormente, que los bancos de agua tienen entre sus objetivos la consecución de fines ambientales (Montilla-López et al., 2017), con lo que también puede ser objeto de futuras investigaciones la inclusión de parámetros en la subasta que tengan en cuenta estas cuestiones. Por ejemplo, podría ser objeto de análisis el establecer diferentes precios de reserva si el objetivo de la adquisición no contempla una posterior reasignación para usos consuntivos y su destino fuese la recuperación de acuíferos, el mantenimiento de caudales ecológicos o la conservación de espacios naturales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial (2022). *World Development Indicators*.
- Barreiro, E. R. (2018). Confederaciones Hidrográficas: una fórmula de organización y gestión de plena vigencia en el siglo XXI. *Ambienta*, n.º 124, 126-139.
- Bjornlund, H., y McKay, J. (2002). Aspects of water markets for developing countries: experiences from Australia, Chile, and the US. *Environment and Development Economics*, 7(4), 769-795.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir), 2022a. Actas de la Comisión de Desembalse del año 2022. https://www.chguadalquivir.es/comision_desembalse. Recuperado el 7/10/2022.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir), 2022b. Cánones y Tarifas. <https://www.chguadalquivir.es/canones-y-tarifas>. Recuperado el 7/10/2022.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir), 2022c. El Organismo <https://www.chguadalquivir.es>. Recuperado el 7/10/2022.
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir), 2015. Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir: segundo ciclo (2016-2021). Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla. Disponible en <https://www.chguadalquivir.es/segundo-ciclo-guadalquivir>.
- Colby, B., Walker, A., y O'Donnell, M. (2021). Water auctions: design, implementation, and evaluation. Working Paper. Department of Agricultural and Resource Economics. University of Arizona.
- Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía (2020). Convocatoria de subvenciones a proyectos de I+D+i universidades y entidades públicas de investigación. Memoria Científico-Técnica del proyecto “Percepción y gestión de los bancos de agua como instrumento de mejora en la eficiencia del uso de los recursos hídricos en Andalucía (AQUAE BANK)”. Secretaría General de Universidades, Investigación y Tecnología.
- Cummings, R. G., Holt, C. A., y Laury, S. K. (2004). Using laboratory experiments for policymaking: An example from the Georgia irrigation reduction auction. *Journal of Policy Analysis and Management*, 23(2), 341-363.
- Durá Juez, P. (2003). Teoría de subastas y reputación del vendedor. Comisión Nacional del Mercado de Valores. Monografías n.º 3.
- Fundación Aquae (2022). [Sequía, el gran desafío del planeta - Fundación Aquae \(fundacionaquae.org\)](https://fundacionaquae.org). Recuperado el 29/08/2022
- Giannoccaro, G., Pedraza, V., y Berbel, J. (2012). Análisis de las percepciones de agricultores y regantes sobre mercados de agua en la cuenca del Guadalquivir. VIII Simposio del agua en Andalucía: “Agua y Constitución”. 1-3 octubre de 2012.

- Gómez Limón, J. A., Gutiérrez Martín, C., y Montilla López, N. M. (2021). Derechos prioritarios de agua: ¿son una opción adecuada para la asignación de agua durante periodos de sequía? En XIII Congreso de Economía Agroalimentaria. Cartagena. 1-3 de septiembre 2021. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2021 (p.p. 5-8).
- Gutiérrez Martín, C., Gómez Limón, J. A., y Montilla López, N. M. (2020). Self-financed water bank for resource reallocation to the environment and within the agricultural sector. *Ecological Economics*, 169, 106-493.
- Hailu, A., y Thoyer, S. (2007). Designing multi-unit auctions for the allocation of water scarcity. *Economic Record*, 83, S57-S72.
- Hartwell, R., y Aylward, B. (2007). Auctions and the reallocation of water rights in central Oregon. *River Papers*, (1).
- Hernández-Mora, N., y Del Moral, L. (2015). Developing markets for water reallocation: Revisiting the experience of Spanish water mercantilización. *Geoforum*, 62, 143-155.
- Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, n.º 155, de 09 de agosto de 2.010, p.p. 6-40.
- Loras, A. F. (2010). Las competencias del Estado y el principio de unidad de gestión de cuenca a través de las Confederaciones Hidrográficas. *Revista de Administración Pública*, n.º 183, 309-334.
- Martínez Lacambra, A. (2017). El agua y los retos del siglo XXI. *Aquae Papers n.º 7*. Fundación Aquae.
- McAfee, P., y McMillan, J. (1987). Auctions and Bidding. *Journal of Economic Literature*, XXV (2), 699-738.
- Montilla-López, N. M., Gomez-Limón, J. A., y Gutierrez-Martin, C. (2017). *Los bancos de agua como instrumento económico para la mejora de la gestión del agua en España*. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 247, 95-135.
- Montilla-López, N. M., Gutiérrez-Martín, C., y Gómez-Limón, J. A. (2016). Water banks: What have we learnt from the international experience? *Water*, 8(10), 466.
- Mullen, J. D. (2019). Agricultural water policy during drought: A strategy for including groundwater permits in future irrigation buyout auctions in the Flint River basin. *Water*, 11(1), 151.
- Paneque, P. (2012). Los Bancos Públicos del Agua en el marco de los nuevos modelos de gestión de la sequía en Andalucía. En Congreso Nacional del Medio Ambiente 2012.
- Paneque, P. y Beltrán, M. (2013). Water market debates in drought-vulnerable regions: public water banks in Andalusia (Spain). En ESEE 2013 Conference: Ecological Economics and Institutional Dynamics. 10th Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics. Lille (France).
- Perni, A., Borrego-Marín, M.M., Espinosa-Goded, M., Riesgo, L., Rodríguez-Entrena, M., y Villanueva, A. J. (2022). Análisis de preferencias de regantes sobre los bancos de agua: el caso de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Comunicación para el XII Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Murcia. 26-28 de enero 2023.

- Pérez, A. y Sánchez, P. (2011). *Derecho de las Aguas Continentales (A Propósito de la Ley de Aguas para Andalucía con Comentarios a su Articulado)* (1.ª ed.). Portal Derecho, S.A. (IUSTEL). P.p. 390-403.
- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas. Boletín Oficial del Estado, n.º 30, de 4 de febrero de 2.007, p.p. 5118-5120. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-2296>
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado, n.º 176, de 24 de julio de 2.001, p.p. 26792-26817. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14276>.
- Riesgo Álvarez, L., y Gómez-Limón Rodríguez, J. A. (2001). Mercados del agua. Análisis de las opciones elegidas para su aplicación en España. En *IV Congreso Nacional de Economía Agraria*.
- Sanz Calvo, D. (2015). *Teoría de Juegos y Subastas en Economía y Empresa*. Universidad de Valladolid.
- Spulber, N., y Sabbaghi, A. (2012). *Economics of water resources: from regulation to privatization*. (Vol. 13). Springer Science & Business Media New York.
- Veconlab. (2023). Experimental Economics Laboratory. Recuperado el 15 enero de 2023, de <https://veconlab.econ.virginia.edu/>
- Vickrey, W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders. *The Journal of finance*, 16(1), 8-37.
- Water Exchange. “Australia’s water market and clearing house”. Recuperado el 22/12/2022. <https://www.waterexchange.com.au/#:~:text=The%20National%20Waterexchange%20was%20form>
- Water Find USA. “Water market specialists”. Recuperado el 22/12/2022. <https://www.waterfindusa.com/>
- Zetland, D. (2013). All-in-Auctions for water. *Journal of environmental management*, 115, 78-86.
- Zhang, L. H., Jia, S. F., Leung, C. K., y Guo, L. P. (2013). An analysis on the transaction costs of water markets under DPA and UPA auctions. *Water Resources Management*, 27(2), 475-484.