



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INCIDEN EN EL MERCADO DEL AGUA

Clave: 201802365

RESUMEN

Este trabajo se enfoca en analizar los factores que inciden en el mercado de futuros del agua de California, a través del estudio del índice NQH2O, que es el índice que representa el mercado subyacente de este mercado de futuros. Dado que se trata del primer mercado de futuros de estas características y que tiene como *commodity* al agua, se ha generado mucho debate desde la creación de este futuro, tanto dentro de la comunidad financiera como fuera de ella, a nivel internacional. A lo largo del trabajo se identifican cuáles son los principales factores y condiciones de éxito de cualquier mercado de futuros para después analizar cuales de ellos inciden en el mercado de futuros del agua de California y concluir que consecuencias tienen en el mismo. Para ello se revisa la literatura y se utilizan datos de diversas bases de datos como por ejemplo *Factset* y herramientas de cálculo como *Microsoft Excel*. Los resultados muestran que hay varios factores, como la heterogeneidad del *commodity* y la falta de transparencia, que afectan negativamente al buen funcionamiento de este mercado de futuros y que el principal problema de este mercado es la iliquidez. Por eso mismo se proponen varias soluciones para que el mercado pueda mejorar su desempeño y cumplir con sus expectativas.

PALABRAS CLAVE

Mercados financieros, contratos de futuros, iliquidez, agua, NQH2O.

ABSTRACT

This paper focuses on analyzing the factors that affect the California water futures market, through the study of the NQH2O index, which is the index that represents the underlying market of this futures market. Given that this is the first futures market with these characteristics and water as a commodity, much debate has emerged since the creation of this future, both within the financial community and on a global scale. Throughout the paper, the main factors and conditions for success of futures market are identified in order to analyze which of them have an impact on the California water futures market and to conclude what consequences they have on it. The literature is reviewed for this purpose, and data from various databases such as *Factset* and calculation tools such as *Microsoft Excel* are used. The results show that several factors, such as the commodity's heterogeneity and the lack of transparency, have a negative impact on the successful

functionality of this futures market, and that the main issue with this market is illiquidity. As a result, several solutions are proposed in order for the market to improve its performance and meet expectations.

KEYWORDS

Financial markets, futures contracts, illiquidity, water, NQH2O.

TABLA DE CONTENIDO:

RESUMEN.....	2
PALABRAS CLAVE	2
ABSTRACT	2
KEYWORDS.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	5
A) RELEVANCIA DEL TEMA	5
B) OBJETIVO	7
C) METODOLOGÍA.....	7
D) ESTRUCTURA.....	7
II. LOS MERCADOS FINANCIEROS Y EL MERCADO DEL AGUA	9
A) ÍNDICES BURSÁTILES	9
B) MERCADOS DE DERIVADOS	10
C) EL MERCADO DEL AGUA	11
III. NASDAQ VELES CALIFORNIA WATER INDEX.....	13
IV. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LOS MERCADOS DE FUTUROS	15
A) FACTORES CLAVES PARA EL ÉXITO DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS	15
i. Factores relacionados con las características del mercado al contado o spot.....	15
ii. Factores relacionados con la especificación del contrato de futuros	17
iii. Otros factores.....	18
B) ANÁLISIS DE LOS FACTORES Y CONDICIONES EN EL MERCADO DE FUTUROS DEL AGUA	19
i. Factores relacionados con las características del mercado al contado o spot.....	20
ii. Factores relacionados con la especificación del contrato de futuros	29
iii. Otros factores.....	30
V. PROPUESTAS PARA QUE EL NQH2O PUEDA CUMPLIR CON LAS EXPECTATIVAS32	
A) RECOMENDACIONES EN RELACIÓN CON LA HOMOGENEIDAD	32
B) RECOMENDACIONES EN RELACIÓN CON EL TAMAÑO Y LA ACTIVIDAD DEL MERCADO	32
C) RECOMENDACIONES RESPECTO DE LA INCERTIDUMBRE EN LA FLUCTUACIÓN DE LOS PRECIOS.....	33
D) RECOMENDACIONES EN RELACIÓN CON LA ACCESIBILIDAD A LA INFORMACIÓN	33
E) RECOMENDACIONES EN RELACIÓN CON LA COMPETENCIA Y REGULACIONES	34
F) RECOMENDACIONES EN RELACIÓN CON LA ESPECIFICACIÓN DEL CONTRATO DE FUTUROS.....	34
G) OTRAS RECOMENDACIONES.....	34
VI. CONCLUSIONES	36
VII. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	39
VIII. BIBLIOGRAFÍA	40
IX. ANEXOS.....	45
A) ANEXO I: ARRENDAMIENTOS Y PRECIO DE VENTA DE LOS DERECHOS DE AGUA POR AÑO (2009-2018) Y ESTADO EN DÓLARES POR ACRE-PIE (\$/AP).	45
B) ANEXO II: TRANSACCIONES DE AGUA DE SUPERFICIE EN CALIFORNIA EN FUNCIÓN DE SU DURACIÓN (ACRES-PIES).	46
C) ANEXO III: VOLUMEN VENDIDO POR SECTOR (1000 AP) EN CALIFORNIA Y VOLUMEN COMPRADO POR SECTOR (1000 AP) EN CALIFORNIA.	47
D) ANEXO IV: PRECIOS MEDIOS ANUALES DE ARRENDAMIENTO DE DERECHOS DE BOMBEO EN LAS CINCO SUBÁREAS DE MOJAVE.....	48
E) ANEXO V: SUMINISTRO DEL AGUA EN EL ESTADO DE CALIFORNIA SEGÚN EL ORIGEN (EN MILLONES DE ACRE-PIES).	49
F) ANEXO VI: CORRELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE NQH2O Y LAS CONDICIONES DE SEQUÍA EN CALIFORNIA.....	50

I. Introducción

a) Relevancia del tema

Uno de los grandes problemas de la actualidad para la humanidad es la escasez del agua. No se trata de un problema reciente, sino que se viene gestando desde hace tiempo. De hecho, entre 1940 y 1980 el uso mundial de agua se duplicó y esto no hace más que aumentar debido al crecimiento de la población mundial (Swain, 1998). Esto ha hecho que la gestión del agua haya pasado a ser uno de los desafíos globales de la ONU y uno de sus objetivos de desarrollo sostenible, concretamente el número 6. Este objetivo persigue principalmente una correcta gestión del agua que permita el acceso universal al agua a un precio equitativo mejorando la higiene y reduciendo la contaminación (Organización de las Naciones Unidas, 2020). Además, el agua no solo es esencial para la salud del ser humano, sino que también es fundamental en otros aspectos como la agricultura, la energía o el cambio climático (Organización de las Naciones Unidas, s. f.). Por lo tanto, es fundamental tomar medidas para asegurar el acceso equitativo al agua y su gestión sostenible, para así garantizar un futuro próspero para las generaciones venideras.

Esto ha hecho que el agua sea un recurso cada vez máspreciado y estratégico. De ahí que en los últimos años este recurso haya empezado a cotizar en el mercado de futuros de Chicago tomando como referencia el Nasdaq Veles California Water Index (NQH2O). En respuesta a ello, muchas personas se han planteado los pros y las contras de su cotización. Sin embargo, su cotización en bolsa es relevante por varios motivos:

- Escasez de agua dulce: El desarrollo de la sociedad ha llevado consigo un crecimiento en demanda de agua dulce en todo el mundo (Del Valle Melendo, 2017) lo cual está haciendo que el recurso sea cada vez más escaso. Así las cosas, la cotización del agua podría ayudar conseguir una asignación del agua de manera eficiente y a promover un uso sostenible del mismo.
- Cambio climático: El cambio climático está afectando a la disponibilidad de agua dulce en todo el mundo, exacerbando las condiciones existentes (Organización de las Naciones Unidas, 2021). Es por ello por lo que la cotización del agua podría ayudar a adaptarse a estos cambios y a protegerse frente a los efectos negativos del cambio climático.

- Población en aumento: La población mundial no para de crecer, lo cual ha disminuido la disponibilidad de agua dulce por persona en más de un 20% en las últimas dos décadas (Organización de las Naciones Unidas, 2021). Asimismo, el fenómeno de la urbanización aumenta la demanda de agua en zonas urbanas, creando tensiones (Global Water Partnership, 2014). La cotización del agua sería ayuda a la hora de tratar de garantizar que el recurso esté disponible para satisfacer las necesidades de la población en crecimiento equilibrando la oferta y la demanda de este recurso en zonas urbanas.
- Agricultura: La agricultura es una de las principales consumidoras de agua dulce. De hecho, la irrigación representa alrededor del 70% de la utilización de agua dulce en el mundo y en países como España ese porcentaje aumenta hasta más o menos un 80% (Del Valle Melendo, 2017). Por ello, algunos opinan que la cotización del agua podría servir para gestionar de un modo más eficiente y sostenible en la agricultura.
- Protección medio ambiental: El agua es esencial para la vida todas las especies animales y vegetales habitantes en la Tierra (Del Valle Melendo, 2017) lo cual hace que su uso sostenible es esencial para proteger los ecosistemas y la biodiversidad. Así, la cotización del agua podría ayudar a garantizar un uso sostenible del recurso y proteger el medioambiente.

Sin embargo, muchos son muy críticos al hablar de la cotización del agua como futuro y consideran que el agua puede acabar en manos de unos pocos que se beneficiarían a través de su reventa a un precio más alto, especulando con un recurso tan valioso. Por ello consideran que esto no debe permitirse bajo ningún concepto, puesto que el beneficio de estos inversores supondría un perjuicio enorme en el resto de las personas. Este es el principal argumento en contra de este futuro y entre los opositores a la cotización del agua como futuro encontramos al experto de la Organización de las Naciones Unidas, Pedro Arrojo Agudo, que denunció que la cotización del recurso hídrico en bolsa podría invitar a la especulación a financieros que comerciarían con ella como con otras materias primas como el oro y el petróleo (Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, 2020). A pesar de ello, hoy en día, el agua sigue cotizando como futuro. Ahora que hemos visto porque este tema es muy relevante a nivel mundial vamos a pasar a entrar en materia y analizar el NQH₂O y su mercado de futuros desde un punto de vista financiero.

b) Objetivo

Este trabajo tiene por objetivo analizar el funcionamiento del NQH20 y su mercado de futuros. En concreto, estudiaremos la razón por la cual se creó dicho índice y si actualmente está cumpliendo con sus objetivos. Por otro lado, se realizará un análisis descriptivo de cuales son los factores que influyen en dicho mercado y nos centraremos en la iliquidez del mercado, pues es uno de los principales problemas de este mercado de futuros. Así, trataremos de ver cuáles son las consecuencias de ello y qué es lo que debe cambiar para que este mercado pueda cumplir con sus objetivos y expectativas.

c) Metodología

Para realizar un análisis exhaustivo y riguroso de este mercado, he utilizado una combinación de métodos deductivos y cuantitativos. Por un lado, he realizado una revisión de la literatura existente sobre el tema para poder obtener información suficiente y necesaria para llegar a ciertas conclusiones. Por otro lado, he llevado a cabo un análisis descriptivo para poder identificar los factores clave que influyen en este mercado en particular. Para obtener los datos necesarios para este trabajo, he utilizado diversas fuentes de información, entre ellas *Google Scholar* y varias bases de datos a las que he tenido acceso gracias a la biblioteca de la universidad. Además, para la elaboración de las tablas y gráficos necesarios para analizar ciertos factores, he utilizado herramientas como *Factset* y *Microsoft Excel*.

d) Estructura

Para que los resultados obtenidos sean de utilidad es necesario seguir una estructura coherente y bien organizada. En este sentido, el trabajo comenzará por establecer el marco conceptual, donde se explicarán los principales conceptos relacionados con los índices bursátiles, los mercados derivados y el mercado del agua. Una vez que se hayan definido estos conceptos, se procederá a explicar detalladamente el funcionamiento del índice NQH20, cuáles son sus objetivos y cómo se relaciona con el mercado del agua en California. Posteriormente, se analizarán los principales factores que inciden en el funcionamiento de los mercados financieros y, en particular, del mercado de futuros del agua. En este análisis se intentará determinar si existen circunstancias que potencien o impidan el buen funcionamiento del mercado y cómo estas

pueden ser gestionadas. Además, se examinarán las principales dificultades a las que se enfrenta este mercado, como la falta de liquidez o la poca transparencia, y se tratará de identificar las razones de estos problemas. A continuación, se presentarán propuestas concretas para que el NQH2O y su mercado de futuros puedan colmar sus aspiraciones y expectativas. Finalmente, terminaremos por realizar unas conclusiones donde trataremos de sintetizar todos los resultados que hayamos obtenido.

II. LOS MERCADOS FINANCIEROS Y EL MERCADO DEL AGUA

a) Índices bursátiles

Podríamos definir de manera general los índices bursátiles como la “*media ponderada de la capitalización bursátil de una lista específica y relativamente estática de valores*” (Lo, 2016). Por lo tanto, los índices bursátiles nos permiten realizar un seguimiento de las variaciones de precios de un determinado número de activos.

En cuanto a las funciones que cumplen los índices bursátiles podemos diferenciar entre dos. Por un lado, los índices nos permiten identificar cuáles son los factores que tienen mayor incidencia en las variaciones de precios en los mercados. Por otro lado, nos permite valorar como lo han hecho los inversores activos (aquellos que piensan que pueden sacar más rendimiento que el mercado) en comparación con los pasivos (Lo, 2016). En otras palabras, nos permite saber si un inversor activo ha batido o no al mercado, el cual viene reflejado por los índices.

Para poder cumplir con esta función de manera efectiva es necesario que se den ciertas circunstancias. En primer lugar, el índice debe ser transparente, permitiendo que todos los aspectos del índice sean conocidos por el público y puedan ser verificados por terceros. En segundo lugar, el índice invertible en el sentido de que el inversor debe poder invertir una cantidad significativa de capital en la cartera en el corto plazo y obtener la rentabilidad reportada por el índice. Finalmente, es necesario que el índice siga un determinado número de reglas, funcionando de forma sistemática y no en base al juicio personal (Lo, 2016).

Bajo esta definición general, entran la mayoría de los índices, pero también se quedan fuera algunos. Por ejemplo, existen índices que no son invertibles como tal, pero que sirven como base para otros activos financieros invertibles (Lo, 2016). Es el caso del NQH2O, que como tal no es invertible, pero sirve como base para los futuros del agua a través del Chicago Mercantile Exchange.

b) Mercados de derivados

Los derivados financieros son definidos como “*contratos financieros cuyo valor se deriva del valor de un activo subyacente o simplemente subyacente*” (Chiu, 2012). Existen muchísimos activos financieros que pueden servir como subyacente de este tipo de contratos financieros. Por ejemplo, una acción podría servir como subyacente, de tal forma que el valor del contrato derivado dependería de la fluctuación del precio de la acción. Lo mismo ocurriría en el caso de que el subyacente fuera un índice bursátil, la variación de su precio determina el valor del derivado.

En cuanto a los tipos de derivados podemos encontrar también varios, destacando los contratos de opciones y los de futuros. Mientras que los contratos de opciones son contratos que dan la opción de comprar (*call*) o vender (*put*) un producto o *commodity* a un precio establecido antes de una fecha futura determinada, los contratos de futuros son contratos en los que las partes se comprometen a comprar o vender una cantidad de un activo financiero a un precio específico en una fecha futura determinada (Chiu, 2012). Por lo tanto, este tipo de contratos se diferencia básicamente en que mientras que en los contratos de opciones no existe la obligación de comprar o vender el activo, sino una opción, en los contratos de futuros sí que existe. Además, tenemos que tener en cuenta que cuando el futuro no se negocia en un mercado organizado, sino que se negocia libremente entre las partes en mercados Over The Counter (OTC) o extrabursátiles, este recibe el nombre de *forward* (Celada, 2001).

Con respecto a los contratos de futuros hemos de mencionar que históricamente surgieron para prevenir el riesgo de las variaciones de precios de los recursos y mercancías. Más adelante, los inversores centraron su interés en este tipo de contrato, pero con fines especulativos. Es por ello por lo que con el paso del tiempo este tipo de contratos pasaron a ser ofrecidos por instituciones financieras, llegándose a crear mercados organizados específicamente para este tipo de negocios jurídicos como por ejemplo el Chicago Mercantile Exchange dónde cotiza el agua bajo el código de identificación H2O. Por todo esto podemos decir hoy en día los futuros tendrían no solo un uso de cobertura para minimizar los riesgos y gestionar mejor los recursos sino también usos especulativos y de arbitraje financiero (Celada, 2001).

c) El Mercado del agua

Ya hemos dicho que la existencia de un mercado del agua facilitaría la gestión eficiente del agua y la lucha frente a la escasez del agua, puesto que de esta forma se permite el intercambio de agua entre los agentes del mercado. El objeto de las transacciones que se producen en estos mercados son los derechos de uso de agua y no el agua como tal puesto que en la mayoría de los países el agua no tiene carácter privado, sino que es un bien de dominio público (Zabaleta & Sarti, 2021). Así, el mercado del agua es un mercado en los que se negocian los derechos de acceso y uso de un determinado volumen de agua. El mercado del agua puede clasificarse según varios factores (Zabaleta & Sarti, 2021):

- Según si existe o no un órgano regulador: puede ser formal si existe tal órgano o informal en caso contrario.
- Según el tipo de derecho de uso: pueden intercambiarse derechos permanentes (derecho de uso o la propiedad del recurso de forma definitiva), derechos temporales (cesión temporal del derecho ya sea de forma puntual (*spot* o al contado) o por un periodo de tiempo determinado) y opciones sobre el derecho de uso (derecho sin obligación de adquirir los derechos de uso del agua en una fecha futura a un precio determinado en el presente). Asimismo, existen contratos de futuros, que ya hemos definido, destacando el del agua en el que se centra este trabajo.

En los Estados Unidos de América, los mercados al contado del recurso hídrico se encuentran principalmente al oeste del país donde el clima es muy árido y existen muchas temporadas de sequías. De hecho, el mayor mercado de futuros del agua del país se encuentra en California donde entre 2009 y 2018 ha habido un volumen de transacciones de 1.1 millones de acre-pies, lo cual representa más o menos la mitad del volumen de transacciones del mercado del agua en ese periodo en todo el país (Schwabe et al., 2020).

En cuanto a la estructura del mercado, podemos analizarla desde tres principales dimensiones: los tipos de transacción, los agentes y las fuentes de agua. Los tipos de transacción pueden dividirse en ventas temporales (arrendamientos) y permanentes (compraventa). Los arrendamientos representan alrededor del 95% de las transacciones

del mercado y suelen ser por unos periodos de uno o dos años (Schwabe et al., 2020). En cuanto a los agentes, encontramos tres tipos diferentes: agricultores, grupos ecologistas y urbanos (donde encontramos agentes municipales e industriales). Los primeros son los principales proveedores de agua en el mercado, mientras que los últimos representan a los principales compradores. De esta forma la mayoría de las transacciones se producen entre agricultores y agentes urbanos, donde los primeros son los proveedores y los segundos los compradores. Finalmente, con respecto a las fuentes del agua, nos referimos al lugar de donde proviene el agua. Así podemos diferenciar el agua que proviene de la superficie de la que proviene del subsuelo. En cada una el agua se extrae de diferente forma, por lo que la regulación de cada una y sus respectivos costes son distintos. Sin embargo, el volumen representado en los derechos de agua es el mismo (Wang & Wang, 2022).

III. Nasdaq Veles California Water Index

El NQH2O es índice que sirve como referencia para el mercado de futuros del agua en el que las partes negocian un contrato en el que se obligan a comprar o vender un activo en una fecha futura a un determinado precio en el presente. El índice se creó para gestionar de manera más eficiente los recursos hídricos y dar transparencia a un mercado hasta ahora opaco, ya que hasta la fecha solo se compraban y vendían derechos para extraer agua del suelo o embalses en el mercado (físico) *spot*. Es por ello por lo que, en caso de sequía, los compradores se enfrentaban a precios muy elevados y a una gran incertidumbre. Con esta transparencia se pretende que los ganaderos y granjeros puedan estabilizar los ingresos de sus cosechas y cultivos: este mercado de futuros les permite cubrirse de las posibles subidas de precio en periodos de sequía o periodos en los que se tenga que hacer un gran uso de agua, basándose en la fluctuación del precio en los años anteriores y en el precio actual (Basnicki & Pickering, 2021).

El índice se convirtió en el primer contrato de futuros del agua del mundo que cotiza en el mercado de futuros de Wall Street cuando el Chicago Mercantile Exchange (CME) lo lanzó el 7 de diciembre de 2020 (Zabaleta & Sarti, 2021). Este índice rastrea los precios del agua en las cinco regiones de California con mayor actividad en el arrendamiento y compraventa de derechos de agua basándose en el precio medio ponderado de estas transacciones, excluyendo los costes de transporte y las pérdidas de agua en los mercados subyacentes (Nasdaq, 2022). De este modo, el índice coge como referencia el precio de los derechos de uso de agua negociados en el mercado al contado de California, tanto de forma temporal, como de forma permanente.

En cuanto a su valor, este se calcula tras ajustar los factores propios para la fijación de precios de cada mercado y tipo de transacción relevante para el índice. Además, el NQH2O se representa en una unidad específica de medida llamada "dólar por acre-pie" que hace referencia al volumen necesario para cubrir un acre de terreno con un pie de agua (Nasdaq, 2022). El cálculo de su valor se realiza una vez cada semana y refleja los contratos de arrendamiento y compraventa de agua de la semana previa. De este modo se realiza un seguimiento más o menos actual del precio del agua en base a la oferta y la demanda de agua en el estado de California. Asimismo, podríamos considerarlo como el precio internacional de referencia (Zabaleta & Sarti, 2021). De hecho, como ya hemos dicho, el mercado de futuros del agua de California toma como referencia este índice.

En este mercado, lo que se negocian son los contratos de futuro del agua, es decir el derecho de adquirir los derechos de uso del agua en una fecha futura a un precio determinado. Por lo tanto, una transacción no entraña automáticamente la posesión o el intercambio de los derechos de agua actuales (Wang & Wang, 2022). En su lugar, los agentes reciben o entregan en el momento de liquidación del contrato una cantidad de dinero correspondiente a la diferencia entre el precio acordado entre las partes y el precio y el valor del activo negociado al vencimiento del contrato sin que se vean afectados los derechos subyacentes al agua de California (Bruno & Schweizer, 2022).

Con respecto a sus novedades y beneficios, las principales son las siguientes. En primer lugar, se trata del primer mercado de este tipo, por lo que un inversor no va a poder encontrar nada igual en el mercado convirtiéndolo en un producto único. En segundo lugar, este mercado va a dotar de un cierto nivel de transparencia al mercado del agua, facilitando la determinación de los precios y creando un instrumento financiero que permite gestionar el riesgo relativo al suministro del agua. Finalmente, los datos que sirven como base para la determinación del precio provienen de una fuente de datos de confianza, Waterlitix™, una base de datos gestionada y controlada por el líder del mercado WestWater Research (Nasdaq, 2022).

IV. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LOS MERCADOS DE FUTUROS

En este apartado vamos a estudiar cuales son los factores que afectan a los contratos de futuros y su éxito para después analizarlos y ver como inciden concretamente en el NQH2O y en el futuro del agua. Para ello, como ya hemos avanzado en la introducción, vamos a realizar un análisis de la literatura para recabar la información y, sobre todo, los datos necesarios para la realización del análisis empírico.

a) Factores claves para el éxito de los contratos de futuros

i. *Factores relacionados con las características del mercado al contado o spot*

En primer lugar, encontramos factores relacionados con las características del mercado al contado o *spot*. Dentro de estos encontramos cinco factores clave tal y como explican Carlton (1984) y Wang y Wang (2022): que el *commodity* sea homogéneo, que exista incertidumbre en los cambios en la oferta y la demanda, que el mercado sea importante y activo con un gran número de participantes y transacciones, que exista abundancia de información pública relacionada con el mercado y, finalmente, que el precio del mercado este determinado por la competencia existente en el mismo sin que exista mucha intervención regulatoria.

Con respecto a la homogeneidad, se trata de una de las condiciones necesarias para que el mercado pueda existir (Carlton, 1984; Wang & Wang, 2022) puesto que de esta forma el *commodity* pasa a ser fungible a través de los contratos de futuros. Estos contratos facilitan la negociación y, en consecuencia, aumentan el volumen de transacciones del mercado. Si un mercado de futuros no es homogéneo, la fluctuación de precios y su atractivo decrecen y por lo tanto su volumen de transacciones disminuye. Esto mismo ocurre con los futuros de los camarones que son un *commodity* heterogéneo debido a que existen de distintos tamaños y con distintos precios (Sanders & Manfredo, 2002). Todo esto influye en la fluctuación del precio del futuro reduciendo la atracción por estos futuros y por lo tanto el volumen de transacciones. Es por ello por lo que como indican Wang y Wang (2022) “*en el caso de productos heterogéneos, es necesario un sistema de clasificación con normas claras de descuento y prima, ya que los precios de las transacciones reflejan la peculiaridad de cada operación*”.

La incertidumbre en la fluctuación de precios (fruto de la acción de las fuerzas de la oferta y la demanda) es otro factor clave y necesario para la existencia de un mercado de futuros ya que atrae a dos tipos de agentes, creando la demanda. Por un lado, atrae a los especuladores, que son aquellos que tratan de sacar beneficio de las fluctuaciones de los precios y, por otro lado, atrae a los *hedgers* que son aquellos agentes del mercado *spot* que buscan cubrir su riesgo en el mercado de futuros (Wang & Wang, 2022). Estos últimos son fundamentales para que funcione el mercado de futuros puesto que existe un vínculo muy fuerte entre el mercado *spot* o al contado y el mercado de futuros. De hecho, numerosos autores han estudiado esta relación o vínculo. Por ejemplo, Gray (1960) demostró que para que un mercado de futuros tenga éxito y volumen de transacciones, los *hedgers* tendrían que ver la utilidad de acudir al mercado de futuros para entonces tener una razón por la que acudir a ellos, aunque sea de manera temporal. En este mismo sentido, Bruno y Schweizer (2022) señalan que es necesario que exista una correlación lo suficientemente alta entre el mercado subyacente y el mercado de futuros para que la cobertura del contrato de futuros sea efectiva y atraiga a los *hedgers*.

El tercer factor clave está relacionado con los anteriores y es el que se refiere a las características del mercado *spot*. La poca participación en el mercado subyacente puede causar una alta volatilidad, lo cual aumenta el riesgo para los inversores. En este sentido, debemos mencionar que, si el mercado subyacente es pequeño y tiene poca actividad, una transacción puede representar una gran parte de la actividad del mercado y tener mucho impacto en el mercado subyacente (Bruno & Schweizer, 2022). Es por ello por lo que el mercado subyacente tiene que ser grande y tener mucha actividad. De hecho, Brorsen y Fofana (2001) concluyeron que la actividad del mercado al contado tiene una gran influencia en el mercado de futuros hasta el punto de que predice casi perfectamente si el mercado *spot* tiene o no un mercado de futuros. Además, como hemos señalado anteriormente, los *hedgers*, que son los que operan en el mercado de futuros para cubrir sus posiciones en el mercado al contado, representan la parte fundamental de la demanda.

En cuarto lugar, encontramos la disponibilidad de información pública, es decir, accesible para todo el mundo. Cuanto más accesible sea la información sobre el mercado mayor será la atracción para los inversores y mayor será el volumen de transacciones tal y como han observado Wang y Wang (2022) tras analizar la literatura. La accesibilidad de la información no solo atrae a los *hedgers* sino que también a los especuladores, incrementando el volumen de negociaciones (Han et al., 2016). Asimismo, Bessembinder

et al. (2006) señalaron que una mayor accesibilidad de la información contribuye al descenso de los costes de transacción y a un aumento de volumen de transacciones, transparencia y liquidez.

Finalmente, es necesario que el precio de los contratos de futuros dependa de las fuerzas de la oferta y la demanda, sin que ninguna intervención externa pueda afectar. Esta intervención podría ser pública pero principalmente privada. Las empresas más grandes pueden aprovechar su poder e influencia para establecer precios no competitivos en el mercado al contado, afectando esto en consecuencia a los precios de los contratos de futuros. Numerosos autores han analizado esto en diferentes mercados. Por ejemplo, Bollman et al. (2003) constataron que en los mercados en los que existe concentración y por lo tanto empresas con mucho poder, estas suelen establecer precios poco competitivos que no reflejan la oferta y la demanda reales. Esto se traduce en una reducción de la variación de precios y de la necesidad de los inversores de acudir al mercado de futuros para cubrir sus riesgos. Además, Wang y Wang (2022) señalan que la regulación de precios, con mínimos o máximos, puede limitar la volatilidad y también la atracción del volumen de transacciones del mercado.

Como vemos, la mayoría de los factores están estrechamente vinculados con el volumen de transacciones del mercado de futuros, que es una de las condiciones necesarias para el éxito de un mercado de futuros.

ii. Factores relacionados con la especificación del contrato de futuros

Además de los factores relacionados con el mercado subyacente, también son necesarias determinadas condiciones relacionadas con los contratos de futuros para el éxito del mercado de futuros. Obviamente es necesario que exista una igualdad entre las partes del contrato, sin que exista un abuso por parte de alguna (Pirrong, 2001). Sin embargo, los principales factores o condiciones están relacionadas con las dos formas que existen de ejecución de los contratos. Por un lado, está la entrega física del *commodity*, que es la forma tradicional y la más utilizada en los mercados de futuros, y que consiste en la entrega de la materia prima objeto del contrato de futuro al vencimiento del mismo. Por otro lado, tenemos la liquidación del contrato en atención a un índice (como puede ser el NQH2O). En este caso, el contrato se liquida por la diferencia existente entre el precio acordado entre las partes y el que señala el índice en la fecha del vencimiento, sin

que sea necesario entregar la materia prima. Para los contratos de futuros cuyo subyacente no sea homogéneo sino heterogéneo, la variedad de opciones de entrega física de la materia prima (pues al ser heterogénea existen distintas calidades o tipos) limita la capacidad de cobertura de los contratos e impide a su vez el éxito de estos (Sanders & Manfredo, 2002; Wang & Wang, 2022). Es por ello por lo que en este caso es preferible la liquidación por diferencias, que además es una forma de ejecución de los contratos que disminuye los costes de transacción y agiliza las operaciones.

Sin embargo, el problema en estos casos se encuentra relacionado con el índice que se toma como referencia. Muchas veces los índices no son lo suficientemente precisos como para reflejar la realidad del mercado subyacente. Esto puede ser por varias razones, como que por ejemplo sea muy difícil realizar un correcto seguimiento del mercado subyacente debido a la variedad de calidades y de tipos de la materia prima en cuestión (Paul, 1985; Wang & Wang, 2022). Asimismo, debemos mencionar que la liquidación del contrato en atención a un índice presenta el inconveniente de que la negociación suele ser más compleja y que en este tipo de liquidaciones del contrato, los especuladores suelen intentar predecir los precios por lo que, si el mercado subyacente es poco activo, estos agentes dispondrán de menos información lo cual les complica el proceso de predicción.

Como podemos ver, ambas formas de ejecutar los contratos presentan ventajas y desventajas que pueden ser claves para el fracaso o para el éxito de los mercados de futuros de materias primas. Pese a que la forma tradicional de ejecución de los contratos de futuros sigue teniendo mucha presencia en los mercados de futuros, muchos autores han analizado las dificultades y problemas que presenta la entrega física de la materia prima, sobre todo en el caso de materias primas heterogéneas. Con respecto a la liquidación por diferencias, aunque se hayan identificado varias dificultades, todavía no se han realizado muchos estudios al respecto.

iii. Otros factores

Existen otros factores que también pueden tener un gran impacto en los contratos de futuros. Por un lado, la tecnología a evolucionado mucho desde el comienzo de este siglo. Esto ha hecho que sea mucho más fácil acceder a este mercado, incluso como inversor individual. Además, esto también ha contribuido a la disminución de los costes

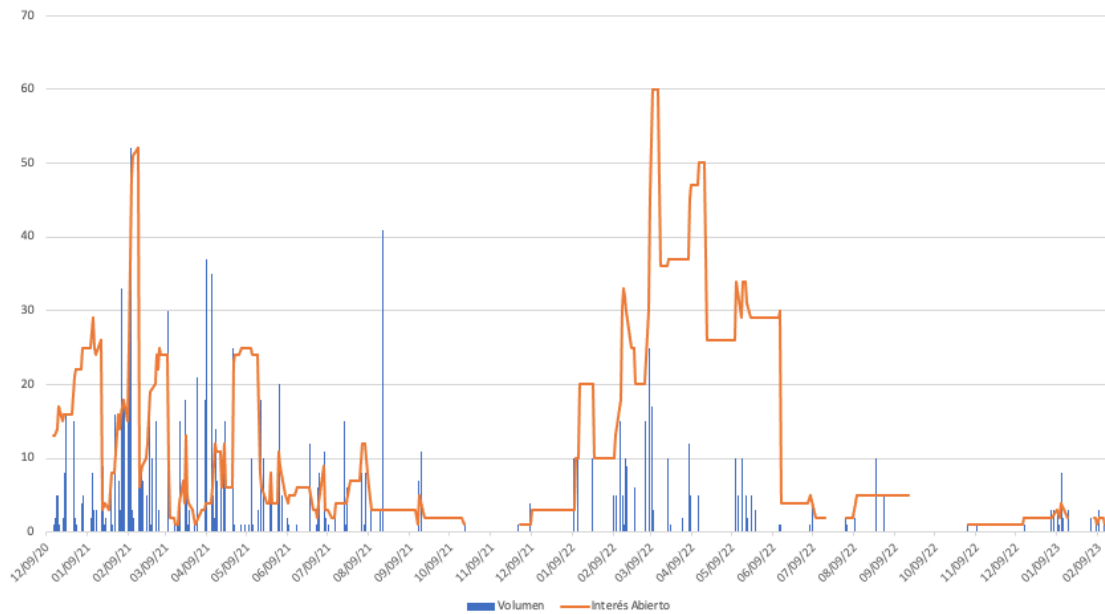
y a la agilización de las operaciones, pues todo se ha hecho mucho más inmediato. Todo esto ha ayudado a que hoy en día exista una mayor facilidad para atraer volumen a estos mercados, lo cual hace que sea necesario revisar las condiciones y factores que venimos de analizar, pues su impacto hoy en día ha podido cambiar (Wang & Wang, 2022).

Por otro lado, al estar tratando contratos de futuros de materias primas, los factores climatológicos tienen mucha importancia. Los ciclos estacionales están cambiando en muchos lugares, lo cual ha causado dificultades en la gestión del agua y el cultivo de otras materias primas. En el caso del mercado del agua, en los Estados Unidos de América, las sequías y los incendios experimentados en los últimos tiempos han dificultado mucho la gestión del agua y han creado problemas relacionados con la escasez de esta materia prima. Es por ello por lo que, para gestionar el riesgo relativo a la disponibilidad del agua, existe una creciente demanda en el mercado *spot* de dicha materia prima, que puede materializarse en un incremento de la demanda en su mercado de futuros (Wang & Wang, 2022).

b) Análisis de los factores y condiciones en el mercado de futuros del agua

El agua comenzó a cotizar como futuro en diciembre de 2020 y desde entonces ha sido criticado tanto por razones éticas como por su falta de liquidez. En el Gráfico n°1 podemos ver como desde su creación, tanto el volumen (número de contratos comprados y vendidos durante un periodo determinado de tiempo) como el interés abierto (número de contratos derivados pendientes que todavía no se han liquidado) se han mantenido bajos, lo cual demuestra que el mercado tiene poca liquidez y que los inversores del mercado al contado no acuden al mercado de futuros para cubrir su riesgo. En consecuencia, el mercado no puede cumplir sus expectativas y no consigue atraer a los *hedgers*. Es por ello por lo que es necesaria una mayor liquidez para dar viabilidad al mercado y a su éxito y funcionamiento. Pero ¿cuáles son las razones por las que esto ocurre? Ya hemos visto cuales son los factores y condiciones necesarios para el buen funcionamiento y éxito de un mercado de futuros. Por ello, antes de dar unas propuestas para el buen funcionamiento del mercado, vamos a analizar la situación actual del mercado y si se dan las condiciones necesarias para su éxito.

Gráfico n°1: Actividad del Nasdaq Veles California Water Index Futures entre diciembre de 2020 y febrero de 2021.



Fuente: elaboración propia con datos de Factset..

i. *Factores relacionados con las características del mercado al contado o spot*

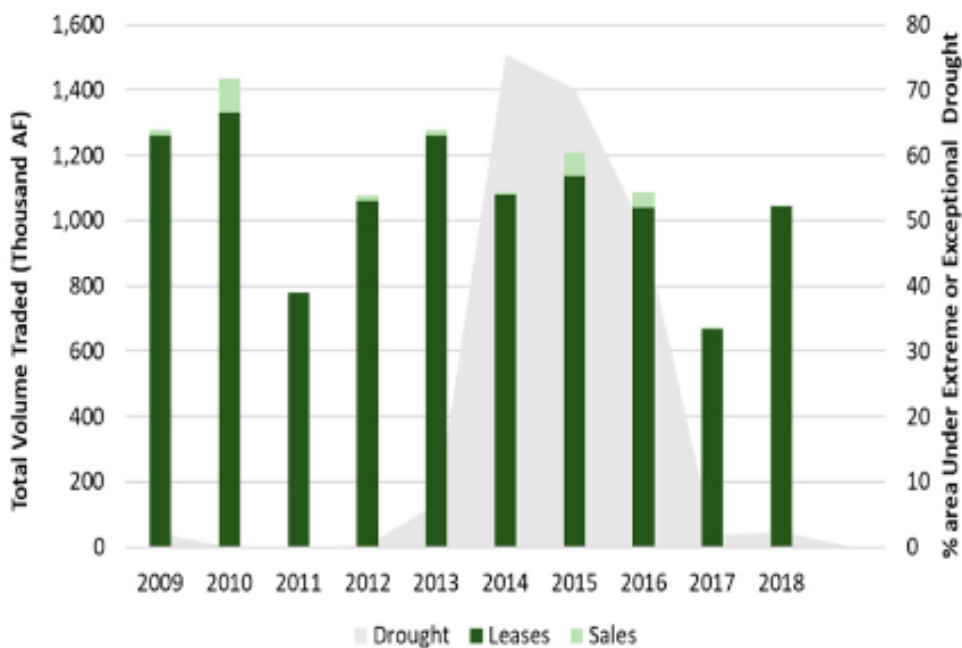
1. Homogeneidad

En primer lugar, encontramos la homogeneidad de la materia prima. Como vamos a ver a continuación, en el mercado *spot* del agua de California la materia prima no es homogénea desde varias perspectivas.

En primer lugar, existen varios tipos de transacciones, las cuales a su vez presentan diferentes precios. Para analizar esta característica hemos utilizado los datos sobre el mercado del agua de California entre 2009 y 2018 proporcionados por Schwabe et al (2020) que se basó principalmente en la base de datos Waterlix y datos de Hanak y Sencan (2021). La mayoría de las transacciones que han tenido lugar en el mercado son arrendamientos como podemos ver en la Tabla n°1. De hecho, en el periodo analizado por Schwabe, el arrendamiento domina el mercado tanto en términos de volumen ya que se han transferido un total de 1,1 millones de acre-pies por medio de arrendamientos y tan solo alrededor de 29.000 acre-pies se han negociado por medio de compraventas (Schwabe et al., 2020). No obstante, en cuanto al precio de ambas formas de transacción, la venta permanente tiene un precio mucho mas alto que los arrendamientos, pues mientras que el primer tipo de transacción tiene un precio de alrededor de \$4268 por acre-

pies, el segundo tipo de transacción tiene un precio de \$277 por acre-pies como podemos ver en el Anexo I. Por lo tanto, el precio del contrato de arrendamiento tiene un precio que representa tan solo un 6,49% del contrato de venta permanente, lo cual demuestra una gran diferencia. Por otro lado, podemos apreciar en el Anexo II que entre 1983 y 2019 el 89,62% del volumen de transacciones en relación con los derechos de agua de la superficie de California corresponde a contratos de arrendamiento y que además el 55% de esos contratos de arrendamientos son a corto plazo y el 45% restante a largo plazo.

Tabla n°1: Volumen total de transacciones por año en función del tipo de contratos.



Fuente: Schwabe et al., (2020).

En segundo lugar, los agentes o inversores que acuden al mercado pertenecen a muchos sectores diferentes. Con respecto a los proveedores de agua en el mercado *spot* de California, la gran mayoría pertenecen al sector de la agricultura pues representan un 76% de los proveedores (Schwabe et al., 2020). Los agentes del sector municipal también tienen una cuota de mercado importante, aunque mucho más baja, pues tan solo representan el 19% de los proveedores (Schwabe et al., 2020). En relación con los compradores y arrendatarios, el sector municipal es el que más volumen de agua ha comprado y arrendado entre 2009 y 2019 teniendo una cuota de mercado de alrededor del 55% como podemos apreciar en el Anexo III. Al sector municipal le sigue el sector agrícola con una cuota de mercado de aproximadamente 25%. Además, debemos destacar que las transacciones tienen precios diferentes en función de quienes sean las partes del

contrato tal y como demuestra la literatura. Toll et. Al (2019) (como se citó en Wang & Wang, 2022), demuestra que los precios de las transacciones del sector agrícola al sector urbano o dentro del sector agrícola presentan unas primas mucho más grandes que aquellas transacciones en las que el sector urbano es el proveedor y el sector agrícola es el comprador o arrendatario. Esto ocurre tanto para las compraventas de los derechos de agua como para los arrendamientos de los mismos y demuestra que, en términos de precio, existe nuevamente una heterogeneidad en el mercado.

En tercer lugar, debemos mencionar que el precio de los derechos de agua también varía en función de la ubicación geográfica. En primer lugar, Hanak y Stryjewski (2012) mostraron que, en la cuenca de Mojave, el precio medio de arrendamiento pasó de alrededor de 30-40\$ por acre-pies a mediados de los noventa a 180\$ por acre-pies en 2011, mientras que en la cuenca de Chino, el precio de arrendamiento pasó de 150-250\$ por acre-pies en la década de 2000 a 400\$ por acre-pies en 2011. Por otro lado, en el Anexo IV podemos apreciar como dentro del área de Mojave el precio del agua en el mercado *spot* ha crecido de distinta forma desde 1994 hasta 2018 teniendo el sub-área de Alto Mojave un precio bastante mas alto que el resto de sub-áreas. Estas diferencias de precios pueden deberse a que la infraestructura y el transporte del agua es bastante cara, por lo que, en función del lugar de destino del agua, los precios pueden incrementar considerablemente. Esta variación también puede encontrar su causa en factores relacionados con la población y con las condiciones económicas tal y como indican Wang y Wang (2022).

Por último, debemos mencionar que entre los factores que pueden contribuir a que el agua sea una materia prima heterogénea encontramos también a la fuente de dónde proviene el agua. Así, podemos ver en el Anexo V que entre 2001 y 2015 el suministro del agua en el área de California se ha compuesto de tres fuentes principales: el agua de la superficie, que representa un 66% del suministro; el agua subterránea, que representa un 22% del suministro; y finalmente, las aguas residuales, que representan un 18% del suministro. De este modo, podemos concluir que la gran mayoría del volumen de agua negociado proviene de la superficie.

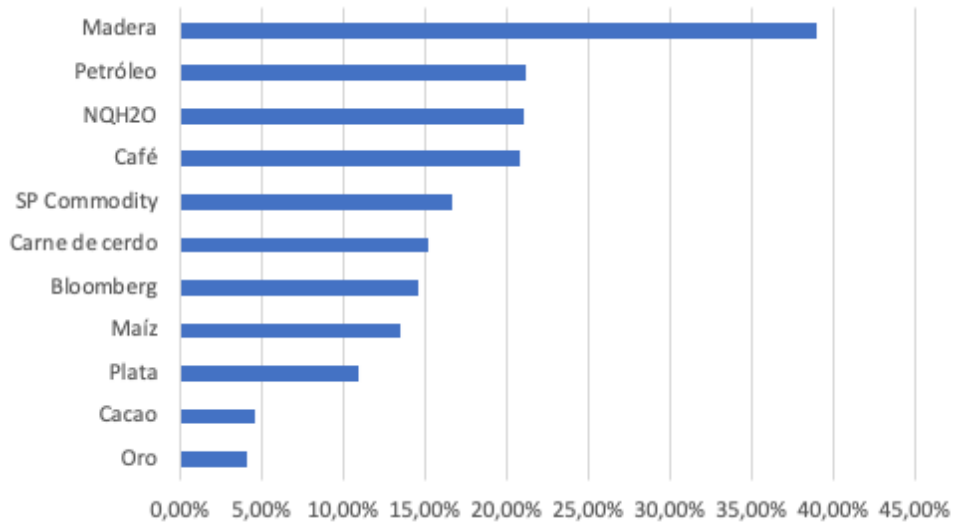
Como hemos podido apreciar, en el mercado *spot* del agua de California existen varios factores que hacen que el agua no sea una materia prima heterogénea. En primer lugar, existen varios tipos de transacciones, que a su vez tienen diferente precio y

características. En segundo lugar, los agentes que intervienen en la oferta y la demanda son distintos, pueden tener distintas finalidades e intereses y en función de quien sea el proveedor o el comprador o arrendatario, los precios pueden variar considerablemente. En tercer lugar, la ubicación geográfica del lugar de donde provenga el agua tiene también una gran influencia en el volumen negociado y en los precios, por lo que también es un factor a tener en cuenta. En cuarto y último lugar, el tipo de fuente del que provenga el agua negociada también puede tener una influencia en el volumen negociado. Todos estos factores hacen que el agua no sea homogénea, pues el volumen de agua y el nivel del precio depende de ellos. Por todas estas razones podemos decir que el agua es una materia heterogénea lo cual complica el buen funcionamiento y el éxito del mercado de futuros del agua.

2. Incertidumbre en la fluctuación de precios

Para analizar este segundo factor clave vamos a centrarnos en tres puntos, dos matemáticos y uno que se refiere más al análisis del mercado. En primer lugar, debemos analizar la variación de los precios. Wang y Wang (2022) compararon la elasticidad constante de varianza de los mercados de futuros de varias materias primas y observaron que el NQH2O tenía una de las elasticidades constante de la varianza (CEV) más altas en el periodo observado. De hecho, su CEV era de un 41% mientras que la mayoría de los mercados tenían un CEV que por lo general se mantenía entre el 10% y el 25%. Por ello llegaron a la conclusión de que la alta volatilidad relativa del NQH2O no contribuye a la iliquidez del mercado, pues cuando mayor sea la volatilidad de los precios, mayor será la incertidumbre en la fluctuación de los mismos. En este sentido, en el Gráfico nº2 he comparado el coeficiente de variación de varios mercados de futuros de materias primas de los Estados Unidos con el del NQH2O y he encontrado que, pese a que la volatilidad del NQH2O en este caso sigue siendo alta, se encuentra más cerca del resto de los mercados. Sin embargo, hemos de tener en cuenta, que la muestra de Wang y Wang únicamente recoge datos desde la creación del NQH2O hasta 2020 y nuestra muestra recoge datos desde la creación del NQH2O hasta la actualidad, por lo que la situación puede haber cambiado. En cualquier caso, en ninguna de las dos muestras podemos apreciar una baja volatilidad de contribuya a la iliquidez del mercado.

Gráfico n°2: Coeficiente de variación de los mercados de futuros similares.



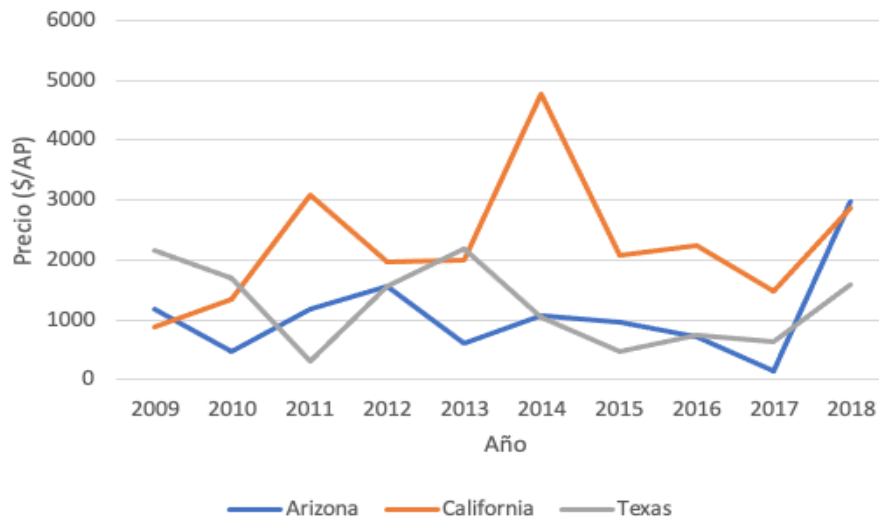
Fuente: Elaboración propia utilizando datos de Factset.

En segundo lugar, como ya hemos visto anteriormente, los mercados de futuros deben atraer a los *hedgers* para que estos cubran sus posiciones con futuros. Para ello, es necesario que exista correlación entre el mercado *spot* y el mercado de futuros tal y como señala la literatura. En la Tabla n°2 y el Gráfico n°3 podemos apreciar como la variación de la media de los precios anuales de los derechos de agua (incluyendo precios de arrendamientos y de compraventa) de Arizona y de Texas, entre los años 2009 y 2018 presentan correlaciones muy bajas e incluso negativas, aunque en ambos casos cercanas a cero.

Tabla n°2: Coeficiente de correlación entre los precios medios anuales de los arrendamientos y compraventas de derechos de agua de California, Arizona y Texas.

	Arizona	California	Texas
Arizona	1,0000	0,3050	0,1909
California	0,3050	1,0000	-0,3599
Texas	0,1909	-0,3599	1,0000

Gráfico nº3: Precio medio anual de los derechos de Agua en California, Arizona y Texas.



Fuente: Elaboración propia utilizando datos de Schwabe et al. (2020).

Además, según el estudio realizado por Wang y Wang (2022), entre 1985 y 2010 el mercado *spot* de California presentó una correlación baja con los mercados *spot* del agua de otros once estados, pues únicamente hay un estado con el que exista una correlación superior a 0,5. En este mismo sentido Bruno y Schweizer (2022) han utilizado un ejemplo para demostrar que el NQH20 no es lo suficientemente representativo, pues no existe una correlación suficiente ni siquiera en las distintas regiones que se encuentran recogidas por el mencionado índice. El NQH20 es un índice que representa la actividad del mercado *spot* del agua de determinadas regiones de California. Estas últimas no tienen un gran volumen de transacciones y se reparten la actividad de forma irregular. De esta forma, como en el mercado subyacente no hay suficiente actividad, algunas semanas el índice representará en mayor medida la actividad de una región o de otra, existiendo una mayor correlación con ciertas regiones que con otras. Por lo tanto, los *hedgers* de aquellas regiones que tengan una pequeña correlación no podrán cubrir correctamente su riesgo acudiendo al mercado de futuros del NQH20. Podemos por lo tanto decir que como no existe correlación entre el mercado al contado del agua de California y el mercado al contado del agua de otros estados, el mercado de futuros del agua del CME no tiene la capacidad de cubrir el riesgo a los *hedgers* de otros estados.

En definitiva, el mercado subyacente es un mercado con una volatilidad alta lo cual no parece ser un factor que contribuya a la iliquidez del mercado de futuros del agua y es un punto a favor del éxito del mencionado mercado. Sin embargo, la falta de correlación entre el mercado *spot* del agua de California y el de otros estados puede

limitar la capacidad del mercado de futuros del agua del CME para cubrir el riesgo de los *hedgers* de otras regiones. Por lo tanto, es importante considerar tanto la volatilidad de los precios como la correlación entre los mercados *spot* y de futuros al analizar la liquidez de un mercado de futuros de materias primas como el agua.

3. Tamaño y actividad del mercado

Por un lado, tenemos el tamaño que en el caso del mercado al contado del agua en California es grande si lo comparamos con el tamaño de los respectivos mercados de los estados de Arizona y de Texas: Schwabe et al. (2020) estimaron que el valor de los derechos de agua comercializados en 2018 en California era de 300 millones de dólares mientras que los mercados de Arizona y Texas tan solo alcanzaron 138 millones de dólares y 37 millones de dólares. Sin embargo, Wang y Wang (2022) compararon el tamaño del mercado *spot* del agua de California con el mercado *spot* de otras materias primas en el año 2018 y constataron que en cuanto a tamaño de mercado el mercado californiano se encontraba en penúltima posición, solo superando al mercado del roble y del platino. Es más, el tamaño del mercado al contado del agua de California (300 millones de dólares) se situaba en términos absolutos más cerca del platino (19 millones de dólares) o del roble (152 millones de dólares) que de los mercados que más tamaño tenían como pueden ser la gasolina (246.883 millones de dólares) o el petróleo de Texas (WTI) (254,820 millones de dólares). Asimismo, hay que tener en cuenta que el NQH2O recoge la información de únicamente cinco cuencas de California, siendo un índice bastante pequeño. Esto está directamente relacionado con lo que hemos visto anteriormente cuando analizábamos la correlación, ya que sabiendo que estas cuencas tienen poca actividad, si una semana en una de ellas hay más transacciones que en el resto, el índice representará en mayor medida las transacciones de esta zona y no las del resto, impidiendo la cobertura para los *hedgers* de las otras cuencas (Bruno y Schweizer, 2022). De hecho, como podemos apreciar en el Anexo IV, incluso dentro de la cuenca de Mojave (una de las cuencas de dónde se sacan los datos para elaborar el NQH20) existe una disparidad en la evolución de los precios, existiendo sub-áreas con subidas de precio al mismo tiempo que en otras se produce una bajada de precios. En consecuencia, podemos decir que a pesar de que el mercado al contado del agua de California tenga mayor tamaño que el de otros estados, sigue siendo pequeño si lo comparamos con la mayoría de los mercados *spot* de materias primas, lo cual es un impedimento para que el mercado de futuros del agua de California pueda cumplir con sus objetivos.

Por otro lado, el mercado subyacente ha tenido poca actividad ya que entre 1987 y 2009 tan solo se han producido un total de 481 transacciones, lo cual equivale a una media por año de alrededor de 22 transacciones (Brewer et al., 2008). Teniendo en cuenta que el precio del NQH2O se actualiza cada semana, este número de transacciones tan pequeño que van a haber semanas en las cuales el precio del NQH2O no va a variar. En comparación, otros mercados al contado de materias primas son mucho más activos debido a que actualizan sus precios mediante transacciones que ocurren en diferentes ubicaciones como puede ser en el caso del petróleo o de algunos metales (Wang & Wang). En definitiva, el mercado del agua de California tiene muy poca actividad, lo que contribuye a la falta de liquidez en su mercado de futuros ya que esto hace que no exista una gran demanda del futuro del agua, lo cual, nuevamente, supone un obstáculo para el buen funcionamiento de su mercado de futuros.

4. Accesibilidad a la información

Durante la realización de este Trabajo de Fin de Grado hemos encontrado dificultades a la hora de encontrar datos relativos a los mercados al contado de agua en los Estados Unidos. En primer lugar, los datos más antiguos que hemos encontrado son los de Brewer et al. (2008) que recogen información desde el año 1987 hasta el año 2009. Estos autores se basaron en los datos publicados por el periódico Water Strategist, los cuales dejaron de publicarse en 2009 (Stratecon, 2021). En segundo lugar, nos hemos basado en los datos utilizados por Schwabe et al. (2020), que provienen de la base de datos Waterlitix™. Esta base de datos recoge la información en la actualidad y es la que utiliza el NQH2O para reflejar los cambios de precio. Como podemos advertir, hay muy pocas bases de datos disponibles lo cual hace que exista una falta de accesibilidad pública a la información. Esto perjudica principalmente a los agentes especuladores debido a que estos no operan en el mercado *spot* como si lo hacen los *hedgers*, por lo que tienen menos conocimiento acerca de los movimientos del mercado.

Por otro lado, tal y como señalan Wang y Wang (2022), si que hay accesibilidad pública en relación con otro tipo de información como pueden ser las épocas de precipitaciones y de sequías, cuyos datos son publicados de manera periódica por los gobiernos y agencias del estado. No obstante, esta información no está directamente relacionada con el mercado del agua, sino que se trata de factores externos que pueden tener consecuencias en el mismo.

5. Competencia y regulaciones

La literatura ha identificado varios factores que pueden tener una gran incidencia en el precio de los derechos de agua y entre ellos ha destacado el poder de negociación de algunos agentes del mercado (Ansink & Houba, 2012). Hay que tener en cuenta que lo que se negocia en estos mercados son derechos de uso de agua, que puede ser temporales (arrendamientos) o permanentes (compraventa), como hemos mencionado previamente. De este modo, el titular de un derecho de agua no es titular del agua como tal sino del derecho de uso del agua, que puede dividirse por volumen (Wang & Wang, 2022). En consecuencia, tal y como ha señalado Holland (2006) el vendedor o arrendador de un derecho de agua puede limitar el volumen de agua negociado para que así el precio del agua se vea incrementado notablemente. No obstante, este poder no solo puede encontrarse en los vendedores o arrendadores sino también en el lado de los compradores y los arrendatarios. Esta estructura del mercado del agua otorga una posición de dominio a algunos agentes, lo cual limita la eficiencia del mercado. De hecho, Bruno y Sexton (2020) demostraron que el abuso de poder de los compradores y de los vendedores de los derechos de agua subterránea limitan los beneficios del comercio.

A pesar de que muchos autores hayan identificado el poder de negociación de los agentes como uno de los problemas del mercado del agua, otros autores han señalado que, si bien es cierto que el poder de negociación tiene efectos en los precios y en la eficiencia del mercado, su impacto es mucho menor que otros factores como la variabilidad del precio. En este sentido, Tomori et al. (2021) ha demostrado empíricamente que el poder de negociación dentro del mercado del agua de California existe, pero de manera limitada. Este estudio ha probado que el poder de los compradores únicamente rebaja el precio de transacción en un 6% y que existen otros factores que tienen un mayor efecto en el mercado como los costes de transacciones. Según estos autores, hay dos razones que explican estos resultados: por un lado, las transacciones suelen ser de cantidades pequeñas, por lo que el efecto es mucho menor; y por el otro lado, la segunda razón es que por mucho que el mercado del agua de California no sea muy activo existe una gran densidad en cuanto a las posibilidades de comercializar.

En lo que respecta a la intervención pública, en los Estados Unidos se ha producido una desregularización de muchos sectores como en los de las comunicaciones, el transporte o en el de la energía. No obstante, este proceso no ha tenido lugar en el sector

del agua, aunque en otros países si que ha tenido lugar y con cierto éxito (Holland, 2006). Algunos autores como Brookshire et al. (2004) y Hagerty (2019) han analizado la intervención del estado en estos mercados y han observado que la regulación puede tener efectos en los costes de transacción. Sin embargo, estos efectos no tienen tanto impacto y no merecen mayor mención.

Como podemos ver el poder de negociación de los agentes del mercado del agua puede tener un impacto en los precios y en la eficiencia del mercado, pero su efecto es limitado en comparación con otros factores como la variabilidad del precio de tal forma que no supone un obstáculo para el éxito del mercado de futuros del agua. Además, a pesar de que el mercado del agua en los Estados Unidos no se haya desregularizado a día de hoy, el efecto de las políticas y restricciones publicas no es de gran impacto por lo que tampoco podemos decir que impida un buen funcionamiento del mercado al contado del agua de California y de su mercado de futuros.

ii. Factores relacionados con la especificación del contrato de futuros

El mercado del agua es un mercado en el que los costes de cada transacción suelen incrementarse debido a la estructura del mercado y al coste de transporte físico del agua. El transporte del agua es uno de los principales problemas puesto que no solo eleva el precio debido a la sofisticada tecnología necesaria para ello, sino que también lleva tiempo, lo que hace que la transacción no pueda ser inmediata. Es por ello por lo que la utilización del sistema de liquidación del contrato conforme al NQH2O es la mejor opción, ya que el modelo tradicional de entrega de las materias primas demoraría demasiado las operaciones y conllevaría costes innecesarios (Wang y Wang, 2022).

Como hemos visto en apartados anteriores, el problema de este sistema de liquidación de los contratos se encuentra generalmente en el índice que se utiliza como referencia, que puede no ser transparente o incluso no ser representativo. Con respecto a la transparencia, si bien es cierto que el precio se publica cada semana, ni la formula utilizada por el índice ni los datos de las transacciones son conocidos por el publico. De hecho, el Nasdaq elaboró en 2019 un documento en el que explicaba la metodología utilizada por el NQH2O, pero en él no se explica la fórmula, sino que solo se explica a grandes rasgos el cálculo y se dan los criterios de elección de los datos. Asimismo, en este documento se señala que tras el cálculo utilizando los criterios de elección se ajusta

el resultado utilizando los datos de la última semana de cada trimestre. De esta forma, se limita el efecto de las fluctuaciones de los precios. Estos factores hacen que el NQH2O sea poco transparente y se añada mayor incertidumbre a su precio.

Con respecto a la representatividad del índice ya hemos visto que el NQH2O se basa únicamente en los datos de algunas cuencas de agua de California. Además, pese a que en comparación con otros estados California tenga una mayor actividad, su mercado del agua sigue siendo poco activo. Si a esto le sumamos que existe una disparidad en la fluctuación de los precios en las cuencas que se toman como referencia para elaborar el NQH2O, como podemos ver en el Anexo IV, habrá semanas en las que existirá mayor correlación con la actividad de una zona que con otra (Bruno y Schweizer, 2022). En consecuencia, no existe una gran correlación entre las transacciones de cada región del estado de California y el NQH2O, lo cual hace que este índice sea poco representativo. Asimismo, al limitarse a la zona de California, el índice no es representativo del mercado del agua a nivel nacional, por lo que los *hedgers* de otros estados no estarán atraídos por el mercado de futuros del agua de California.

Como hemos podido constatar, el mercado del agua presenta importantes desafíos en términos de costes de transacción debido a la complejidad y el coste del transporte físico del agua. La utilización del sistema de liquidación de contratos conforme al NQH2O parece ser la mejor opción para agilizar las operaciones y evitar costes innecesarios. Sin embargo, este sistema presenta problemas en términos de transparencia y representatividad, lo que genera incertidumbre en el precio y limita su atractivo para los *hedgers* de otros estados. Para mejorar la eficiencia y la representatividad del mercado del agua, es necesario aumentar la transparencia en el índice utilizado como referencia y ampliar su alcance a nivel nacional, considerando las particularidades y necesidades de cada región, como veremos al finalizar este apartado.

iii. Otros factores

Como hemos visto anteriormente los avances tecnológicos han hecho que sea más fácil atraer a los inversores. Sin embargo, como podemos ver en el Gráfico nº1 el mercado de futuros del agua del CME tiene un volumen y un interés abierto lo que denota una falta de liquidez. Esto demuestra que a pesar de los avances tecnológicos y de las nuevas estrategias de inversión en base a criterios ESG (Environmental, Social and Governance)

el mercado no esta cumpliendo con sus expectativas, aunque todavía no lleve ni un lustro de actividad.

En lo que respecta a los factores climatológicos, California se encuentra en una zona en la cual hay largos periodos de sequía, lo cual debería no solo incrementar el precio del agua sino también el volumen de transacciones. Así podemos apreciar en el Anexo VI que existe una correlación entre el NQH2O y los periodos de sequía y extrema sequía. Sin embargo, a pesar de que el NQH2O tenga una fluctuación que depende en parte de los periodos de sequía, el volumen de transacciones se ha mantenido bajo desde su creación. La razón de ser de esto es que la demanda del mercado *spot* no se traslada al mercado de futuros pues como hemos visto anteriormente el mercado de futuros del agua del CME no tiene la capacidad de cubrir los riesgos.

V. PROPUESTAS PARA QUE EL NQH2O PUEDA CUMPLIR CON LAS EXPECTATIVAS

En el apartado anterior hemos identificado y explicado cuales son las razones por las cuales el mercado no cumple con sus expectativas. Por lo tanto, en este apartado vamos a dar ciertas recomendaciones para cada uno de los factores que impiden el funcionamiento correcto de este mercado y se revierta la situación.

a) Recomendaciones en relación con la homogeneidad

El mercado de futuros del NQH2O tiene por objeto un *commodity*, el agua de california, que es heterogéneo. Esto contribuye a la iliquidez del mercado y hace que sea necesario un cambio. Wang y Wang (2022) concluyeron que para contrarrestar el efecto de la heterogeneidad sería necesario establecer unas escalas de precios a través de primas y descuentos en función de los tipos de contratos, de las partes que intervengan en los contratos y de la ubicación del agua. De esta forma, se contrarresta la dependencia de los precios del agua en esos factores y por lo tanto el efecto de la homogeneidad. En este mismo sentido, en un estudio sobre los mercados de futuros heterogéneos Garbade & Silber (1983) demostraron que en los casos en los que la heterogeneidad no esté relacionada con la forma de extracción de la materia prima con carácter general, como es el caso, los efectos de la heterogeneidad del *commodity* se contrarrestan a través del establecimiento de primas y descuentos. Es por ello por lo que proponemos establecer un sistema de primas y descuentos en función de los factores que inciden en la heterogeneidad, para evitar este problema y evitar que esto contribuya a la iliquidez del mercado.

b) Recomendaciones en relación con el tamaño y la actividad del mercado

Como hemos concluido en el apartado anterior, el mercado del agua de California presenta un bajo nivel de actividad y no es muy grande, a pesar de ser el mercado *spot* del agua con mayor actividad en los Estados Unidos. Con el objetivo de mejorar esta situación, una recomendación sería ampliar el mercado subyacente a otros estados además de California. Asimismo, Bruno y Schweizer (2022) sugieren incluir otras áreas de California en el mercado subyacente, ya que hay que tener en cuenta que el índice del

NQH2O no incluye todas las transacciones de agua al contado que se realizan en California, sino solo las de ciertas áreas. En este sentido, proponemos ampliar el área del mercado subyacente, tanto dentro como fuera del estado de California, para así reducir el problema de la baja actividad del mercado subyacente y, en mayor medida, el problema del tamaño del mercado. De esta forma, se podría atraer a un mayor número de inversores y se aumentaría el volumen de transacciones, lo que ayudaría a mejorar la liquidez del mercado del agua.

c) Recomendaciones respecto de la incertidumbre en la fluctuación de los precios

El principal problema que hemos observado en este aspecto es la baja correlación existente entre el índice y las distintas áreas de California dónde se negocia el agua. Esta falta de correlación puede afectar negativamente a la eficacia del mercado de futuros del agua y aumentar la iliquidez del mercado. Si bien la ampliación del área del mercado subyacente que acabamos de recomendar puede disminuir aún más esta correlación, según Wang y Wang (2022) con esto la baja correlación pasaría a ser un problema secundario. Esto se debe a que la ampliación del área del mercado subyacente puede tener un impacto positivo al atraer a más inversores al mercado de futuros del agua, lo que a su vez puede mejorar la liquidez del mercado.

d) Recomendaciones en relación con la accesibilidad a la información

El mercado del agua en California se caracteriza por la falta de accesibilidad a la información relacionada con las transacciones de los derechos de agua. La información disponible suele encontrarse en bases de datos de pago, lo que dificulta aún más el acceso a la información para los inversores interesados. Por lo tanto, es necesario tomar medidas para mejorar la accesibilidad de la información de transacciones del mercado subyacente y atraer a un mayor número de inversores al mercado de futuros y, especialmente, a los especuladores. En este sentido, los estudios de Wang y Wang (2022) sugieren que las actualizaciones periódicas sobre las transacciones del mercado, aunque sean con cierto retraso (por ejemplo, semanalmente), pueden aumentar el flujo de información pública y mejorar la transparencia del mercado. Esta mayor transparencia en el mercado de futuros puede aumentar el interés de los inversores y, por lo tanto, reducir la iliquidez del mercado.

e) Recomendaciones en relación con la competencia y regulaciones

Como hemos visto en el anterior apartado, en lo que respecta a la competencia y a las regulaciones no existen factores que afecten a la liquidez del mercado o que impidan un buen funcionamiento del mercado. Es por ello por lo que en este aspecto no vamos a hacer ninguna recomendación.

f) Recomendaciones en relación con la especificación del contrato de futuros

El mercado de futuros del agua de California utiliza el sistema de liquidación de los contratos conforme a un índice, el NQH2O, como sistema de especificación de los mismo. Este sistema presenta una serie de ventajas, entre ellas, la rapidez en las transacciones y la reducción de costes innecesarios. No obstante, uno de los principales desafíos que enfrenta este sistema es la falta de transparencia y representatividad. Esto genera incertidumbre y limita el atractivo de los *hedgers* de otros estados. Una forma de abordar este problema de representatividad es expandir el mercado de referencia (como hemos mencionado previamente), incluyendo los mercados *spot* de agua de otros estados. Esto permitiría una mayor inclusión y representatividad en el mercado de agua. En cuanto a la transparencia, tanto la fórmula utilizada por el NQH2O como los datos de las transacciones no son conocidos por el público. Para mejorar la transparencia en el mercado, se propone publicar la fórmula utilizada para calcular el NQH2O, lo cual permitiría una mayor claridad y comprensión por parte de los inversores. Con estas dos soluciones se resuelven los mencionados problemas y, por lo tanto, se dota al mercado de una mayor liquidez.

g) Otras recomendaciones

Bruno y Schweizer (2022) realizan dos recomendaciones adicionales para mejorar el funcionamiento del mercado. Por un lado, señalan que, tal y como concluyen Ayres et al. (2022), simplificar el proceso de revisión de las transferencias y disminuir las reglas sobre el lugar dónde el agua puede ser entregada y utilizada podría contribuir a un aumento de la liquidez y al mantenimiento de la protección de los intereses de terceros. Por el otro lado, consideran que aumentar la capacidad de almacenamiento mejorará la capacidad de predicción de los *hedgers* y les permitirá utilizar el mercado de futuros para

cubrir sus posiciones. Para ello recomiendan agilizar los procesos de autorización de recarga de las cuencas de agua y reducir los retrasos administrativos asociados con las aprobaciones comerciales y bancarias.

VI. CONCLUSIONES

El agua es un recurso esencial para nuestra vida y su consumo crece día a día. Esto hace que sea un bien cada vez más escaso y estratégico por lo que es necesaria una gestión sostenible y responsable para garantizar su disponibilidad a largo plazo. En este contexto, ha surgido el mercado de futuros del agua de California, el cual se basa en el índice NQH2O, que representa el mercado del agua al contado californiano. A pesar de las críticas sobre la cotización del agua como futuro, este mercado puede contribuir a una gestión más eficaz y eficiente del agua, lo que resulta crucial en un contexto de escasez y aumento de la demanda del recurso hídrico. Por tanto, resulta fundamental analizar si el mercado de futuros del agua de California cumple con sus objetivos y expectativas.

En este trabajo, hemos revisado la literatura existente para poder identificar cuáles son los factores y condiciones que inciden en el éxito de los mercados de futuros, con el fin de analizar empíricamente el caso concreto del agua de California. Para ello, hemos utilizado datos del mercado del agua de California y su mercado de futuros y hemos aplicado técnicas cuantitativas para evaluar su funcionamiento. Los resultados obtenidos han demostrado que el mercado presenta problemas de liquidez debido a varios factores y esto nos han llevado a proponer varias recomendaciones para mejorar el funcionamiento del mercado de futuros del agua de California.

En primer lugar, hemos constatado que el mercado del agua de California presenta una complejidad inherente debido a la heterogeneidad de la materia prima (el agua). En este sentido, hemos observado que existen múltiples factores que influyen tanto en los precios del agua como en el volumen de agua intercambiado, tales como las partes involucradas en los contratos, el lugar de la transacción o el tipo de contrato. Esto resulta en una reducción del atractivo del mercado y, por consiguiente, en un menor número de transacciones y en una disminución de la liquidez del mercado. Ante esta situación, hemos propuesto establecer un sistema de primas y descuentos en función de los factores que inciden en la heterogeneidad del *commodity*, con el fin de evitar su efecto en la iliquidez del mercado y, por ende, fomentar un mayor volumen de transacciones.

En segundo lugar, hemos apreciado que el mercado subyacente que se utiliza como referencia es demasiado pequeño y tiene poca actividad. En consecuencia, al no haber muchos *hedgers* en el mercado de referencia, el número de transacciones disminuye

y la liquidez del mercado también. Para revertir esta situación, hemos propuesto ampliar el área del mercado subyacente tanto dentro como fuera del estado de California, con el objetivo de atraer a un mayor número de inversores y aumentar así la actividad y el volumen de transacciones.

En tercer lugar, hemos visto que el mercado del agua de California presenta una gran incertidumbre en cuanto a la fluctuación de los precios del agua, lo cual contribuye a la liquidez del futuro del agua. No obstante, también hemos observado que existe poca correlación entre el NQH2O y el mercado *spot* del agua de otros estados y que tampoco hay mucha correlación entre el mercado al contado del agua de algunas áreas de California (recogidas dentro del índice) y el NQH2O debido a la poca actividad del mercado. A pesar de ello, con la ampliación del área del mercado subyacente que hemos propuesto se limitaría el efecto de la baja correlación ya que se atraería a muchos más inversores al mercado de futuros del agua y la baja correlación devendría un problema secundario.

En cuarto lugar, durante nuestra investigación hemos constatado que existe una falta de información accesible públicamente en el mercado del agua de California, ya que la información disponible es escasa y en muchas ocasiones privada. Esta falta de transparencia disminuye el atractivo del mercado para los inversores y es, por tanto, otro factor que contribuye a la falta de liquidez del mercado. Para solventar este problema, hemos sugerido que se facilite el acceso a la información de las transacciones del mercado subyacente, con el fin de atraer a un mayor número de inversores y contribuir al aumento de la liquidez.

En quinto lugar, en lo que respecta a la regulación y la competencia no hemos constatado ningún factor que disminuya la liquidez del mercado. Es por ello por lo que no ha sido necesario realizar ninguna recomendación en este aspecto.

En sexto lugar y último lugar, hemos apreciado que para simplificar las transacciones y evitar costes innecesarios se ha optado por la utilización del sistema de liquidación de contratos conforme al NQH2O. Sin embargo, este sistema de especificación de los contratos presenta problemas de representatividad y de transparencia lo que genera incertidumbre en el precio y limita su atractivo para los *hedgers* de otros estados. Con respecto a los problemas de representatividad, estos se

verían resuelto con la ampliación del área del mercado subyacente que hemos mencionado previamente. En lo que respecta a la transparencia, la publicación de la fórmula utilizada para el cálculo del NQH2O se presenta como la solución adecuada.

Adicionalmente, hemos expuesto las recomendaciones de Bruno y Schweizer (2022) de simplificar los procesos y aumentar la capacidad de almacenamiento. Estas últimas, servirían para agilizar los procesos relacionados con la transacción de los derechos de agua, dotándolos de una mayor transparencia y rapidez. Asimismo, servirían para atraer mas inversores al mercado de futuros del agua, lo cual es uno de los principales motivos por los que actualmente el mercado no tiene liquidez.

Con todas estas recomendaciones, esperamos que los problemas de liquidez del mercado se vean resueltos y el mercado de futuros del agua de California pueda mejorar su funcionamiento y ofrecer una mayor estabilidad y seguridad para los inversores y usuarios del agua.

VII. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La gestión del agua se ha convertido en un tema crucial en la actualidad debido a su escasez y su importancia estratégica. En este contexto, la cotización del agua como futuro puede ser una herramienta valiosa para su uso sostenible y eficiente. Es por ello que en el CME se ha creado el mercado de futuros del agua de California que representa un hito en este campo al ser el primer mercado de este tipo. Obviamente, al ser algo tan novedoso, inicialmente van a existir muchos obstáculos y problemas que van a impedir un funcionamiento inmediato. A pesar de ello, este mercado tiene margen de mejor ya que todavía tiene mucho tiempo por delante en el que se pueden aprender muchas cosas. Es por ello por lo que sería interesante explorar la posibilidad de crear un mercado de futuros del agua en España o incluso a nivel continental en Europa. Esta iniciativa podría tener importantes beneficios, aprovechando la creciente tendencia hacia la inversión sostenible y la experiencia adquirida en el mercado estadounidense. Además, la creación de un mercado de futuros del agua en Europa podría adaptarse a las particularidades y necesidades del continente, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sostenible del agua.

No obstante, es importante tener en cuenta que no todo lo que sucede en los Estados Unidos es extrapolable a Europa, ya que existen diferentes regulaciones y un órgano supranacional como la Unión Europea. Por lo tanto, cualquier iniciativa en este sentido debe adaptarse a las particularidades y requisitos de la Unión Europea, aunque pudiendo aprender de la experiencia de otros mercados similares, como pueden ser los mercados estadounidenses, y asegurando una regulación adecuada para garantizar su buen funcionamiento y sostenibilidad.

En definitiva, la cotización del agua como futuro es una herramienta prometedora para la gestión sostenible de este recurso vital. La creación de un mercado de futuros del agua en España o Europa podría ser una iniciativa valiosa, siempre y cuando se adapte a las particularidades de la región y se aprenda de la experiencia de otros mercados similares. De esta manera, podríamos avanzar hacia una gestión más eficiente y sostenible del agua, asegurando su disponibilidad para las generaciones futuras y mitigando los efectos del cambio climático en el uso de este recurso que es vital.

VIII. Bibliografía

- Ansink, E., & Houba, H. (2012). Market power in water markets. *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(2), 237-252.
<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2011.10.002>
- Ayres, A., Hanak, E., Gray, B., Sencan, G., Bruno, E., Escriva-Bou, A. & Gartrell, G. (2022, 4 agosto). *Improving California's Water Market*. Public Policy Institute of California. <https://www.ppic.org/publication/improving-californias-water-market/>
- Ayres, A. (2021). *Mojave Groundwater Market Assessment*. Public Policy Institute of California. <https://www.ppic.org/wp-content/uploads/0921aar-appendix-c.pdf>
- Basnicki, B., & Pickering, T. (2021). Commodity Investing in the Age of ESG and Inflation. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3947377>
- Bessembinder, H., Maxwell, W. F., & Venkataraman, K. (2006). Market transparency, liquidity externalities, and institutional trading costs in corporate bonds☆. *Journal of Financial Economics*, 82(2), 251-288.
<https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2005.10.002>
- Brewer, J., Glennon, R., Ker, A. P., & Libecap, G. D. (2008). 2006 PRESIDENTIAL ADDRESS WATER MARKETS IN THE WEST: PRICES, TRADING, AND CONTRACTUAL FORMS. *Economic Inquiry*, 46(2), 91-112.
<https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.2007.00072.x>
- Brookshire, D. S., Colby, B. G., Ewers, M., & Ganderton, P. T. (2004). Market prices for water in the semiarid West of the United States. *Water Resources Research*, 40(9). <https://doi.org/10.1029/2003wr002846>

- Bruno, E. M., & Sexton, R. J. (2020). The Gains from Agricultural Groundwater Trade and the Potential for Market Power: Theory and Application. *American Journal of Agricultural Economics*, 102(3), 884-910. <https://doi.org/10.1002/ajae.12031>
- Bruno, E. M., & Schweizer, H. (2022). The Futures Market for California Water: Challenges and policy recommendations. *The Future of Water Markets*, 45-51. <https://www.perc.org/wp-content/uploads/2022/09/PPR-Water-Markets-220916-WEB.pdf#page=47>
- Brorsen, B. W., & Fofana, N. F. (2001). Success and Failure of Agricultural Futures Contracts. *Journal of Agribusiness*, 19(2), 129-145. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.14692>
- Bollman, K., Garcia, P., & Thompson, S. (2003). What Killed the Diammonium Phosphate Futures Contract? *Applied Economic Perspectives and Policy*, 25(2), 483-505. <https://doi.org/10.1111/1467-9353.00151>
- Celada, A. R. (2001). Productos derivados Mercado de futuros y opciones. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 8. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14108511.pdf>
- Chiu, M. H. (2012). Derivatives markets, products and participants: an overview. *Research Papers in Economics*, 35, 3-12. <https://econpapers.repec.org/RePEc:bis:bisifc:35-01>
- Del Valle Melendo, J. (2017). El agua, un recurso cada vez más estratégico. *Cuadernos de estrategia*, 186, 71-118. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6115630.pdf>
- Garbade, K. D., & Silber, W. L. (1983). Futures contracts on commodities with multiple varieties: An analysis of premiums and discounts. *The journal of business*.

- Global Water Partnership. (2014, 14 abril). *Agua y urbanización - GWP*.
<https://www.gwp.org/es/DESAFIOS-CRITICOS/Agua-y-urbanizacion/>
- Gray, R. W. (1960). The characteristic bias in some thin futures markets. *Food Research Institute Studies*, 1(1387-2016-116008), 296-312.
- Hagerty, N. (2019). Liquid constrained in California: Estimating the potential gains from water markets. *Working Paper*.
https://hagertynw.github.io/webfiles/Liquid_Constrained_in_California.pdf
- Han, B., Tang, Y., & Yang, L. (2016). Public information and uninformed trading: Implications for market liquidity and price efficiency. *Journal of Economic Theory*, 163, 604-643. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2016.02.012>
- Hanak, E., & Sencan, G. (2021). *California's Water Market, By the Numbers: Update 2021*. T. Public Policy Institute of California. Recuperado 20 de febrero de 2023, de <https://www.ppic.org/wp-content/uploads/0921aar-appendix-b.pdf>
- Hanak, E., & Stryjewski, E. (2012). *California's Water Market, By the Numbers: Update 2012*. Public Policy Institute of California. https://www.ppic.org/wp-content/uploads/content/pubs/report/R_1112EHR.pdf
- Holland, S. P. (2006). Privatization of Water-Resource Development. *Environmental and Resource Economics*, 34(2), 291-315. <https://doi.org/10.1007/s10640-006-0002-3>
- Lo, A. W. (2016). What Is an Index? *The Journal of Portfolio Management*, 42(2), 21-36. <https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=231116021119094067024093117100070121018062034043090044011067090076100005106089117104029123096099014032005007118001119002082103037012043042080122118121079085093052044060089127095102026090098007084100005114030095091024095011123070005087108116093102&EXT=pdf&INDEX=TRUE>

- Nasdaq. (2022). *Nasdaq Veles California Water Index*. Recuperado 24 de enero de 2023, de <https://www.nasdaq.com/solutions/nasdaq-veles-water-index>
- Nasdaq. (2019). *Nasdaq Veles California Water Index*. Recuperado 23 de febrero de 2023, de https://indexes.nasdaqomx.com/docs/methodology_NQH2O.pdf
- Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. (2020, 11 diciembre). *Water: Futures market invites speculators, challenges basic human rights - UN expert* [Comunicado de prensa]. <https://www.ohchr.org/en/press-releases/2020/12/water-futures-market-invites-speculators-challenges-basic-human-rights-un?LangID=E&NewsID=26595>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020, 17 junio). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Agua*. United Nations. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Organización de las Naciones Unidas. (2021, 11 octubre). *El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>
- Paul, A. B. (1984). The role of cash settlement in futures contract specification. American Enterprise Institute for Public Policy Research. https://legacy.farmdoc.illinois.edu/irwin/archive/books/Futures-Regulatory/Futures-Regulatory_chapter5.pdf
- Pirrong, C. (2001). Manipulation of Cash-Settled Futures Contracts. *The Journal of Business*, 74(2), 221-244. <https://doi.org/10.1086/209671>

- Sanders, D. R., & Manfredi, M. R. (2002). The white shrimp futures market: Lessons in contract design and marketing. *Agribusiness*, 18, 505-522.
<https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=9451401b-f5e2-4375-b17c-ee8523391ca5%40redis>
- Schwabe, K., Nemati, M., Landry, C., & Zimmerman, G. (2020). Water Markets in the Western United States: Trends and Opportunities. *Water*, 12(1), 233.
<https://doi.org/10.3390/w12010233>
- Stratecon. (2021). *What Happened to Water Strategist?* Stratwater. Recuperado 22 de febrero de 2023, de <https://www.stratwater.com/what-happened-to-water-strategist/>
- Swain, A. (1998). *La escasez de agua: una amenaza para la seguridad mundial*. Ecología política, (15), 57-66. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/153352.pdf>
- Tomori, F., Ansink, E., Houba, H., Hagerty, N., & Bos, C. S. (2021). Market power in California's water market. *Social Science Research Network*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3772167>
- Wang, J., & Wang, X. (2022). Why is water illiquid?: The NQH2O water index futures. *Applied Economic Perspectives and Policy*. <https://doi.org/10.1002/aep.13225>
- Zabaleta, A. P., & Sarti, S. T. (2021). El mercado de futuros de agua: una nueva fórmula de reasignación del recurso. *Economistas*, 172, 238-243.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7889330>

IX. Anexos

a) Anexo I: Arrendamientos y precio de venta de los derechos de agua por año (2009-2018) y estado en dólares por acre-pie (\$/AP).

	Arizona				California				Texas			
Años	Arrendamientos	Ventas	Media año	Total	Arrendamientos	Ventas	Media año	Total	Arrendamientos	Ventas	Media año	Total
2009	228	2125	1176,5	2353	224	1544	884	1768	96	4217	2156,5	4313
2010	125	807	466	932	197	2498	1347,5	2695	122	3293	1707,5	3415
2011	89	2252	1170,5	2341	183	5981	3082	6164	106	501	303,5	607
2012	69	3067	1568	3136	224	3692	1958	3916	115	3016	1565,5	3131
2013	99	1131	615	1230	218	3797	2007,5	4015	112	4290	2201	4402
2014	121	2032	1076,5	2153	334	9230	4782	9564	186	1903	1044,5	2089
2015	126	1796	961	1922	446	3700	2073	4146	159	793	476	952
2016	162	1294	728	1456	381	4095	2238	4476	164	1354	759	1518
2017	126	153	139,5	279	278	2707	1492,5	2985	163	1119	641	1282
2018	159	5806	2982,5	5965	287	5442	2864,5	5729	167	3023	1595	3190
Media periodo	130,4	2046,3	1088,35	21767	277,2	4268,6	2272,9	45458	139	2350,9	1244,95	24899
Porcentaje	5,99%	94,01%	N/A	100,00%	6,10%	93,90%	N/A	100,00%	5,58%	94,42%	N/A	100,00%

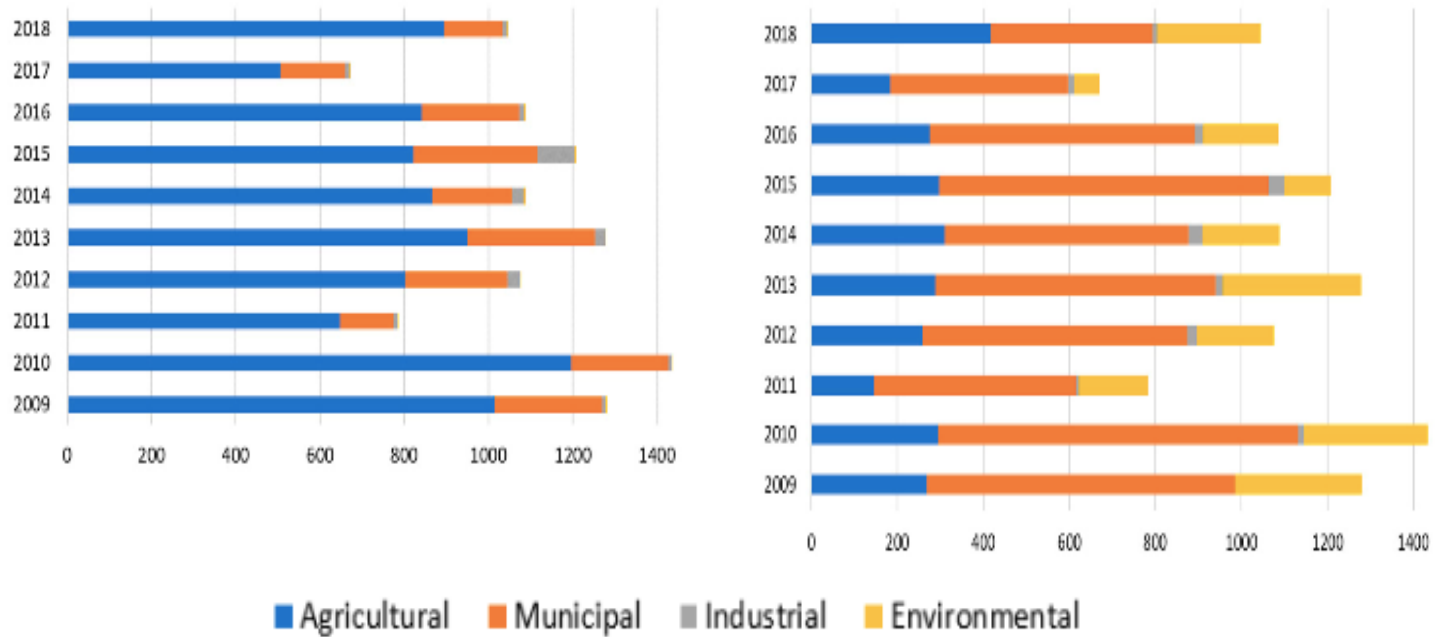
Fuente: Elaboración propia con datos de Schwabe et al. (2020).

b) Anexo II: Transacciones de agua de superficie en California en función de su duración (acres-pies).

Año	Arrendamiento a corto plazo	Arrendamiento a largo plazo	Arrendamientos totales	Venta permanente	Volumen de transacciones total
1982	117.157	25.157	142.314	-	284.628
1983	128.225	605	128.830	-	257.660
1984	55.063	8.785	63.848	-	127.696
1985	61.351	9.887	71.238	-	142.476
1986	125.279	6.247	131.526	-	263.052
1987	161.972	116.171	278.143	-	556.286
1988	210.872	110.000	320.872	-	641.744
1989	409.122	110.000	519.122	-	1.038.244
1990	420.128	110.000	530.128	-	1.060.256
1991	998.610	110.000	1.108.610	-	2.217.220
1992	393.351	138.408	531.759	-	1.063.518
1993	306.607	203.665	510.272	-	1.020.544
1994	552.595	175.802	728.397	-	1.456.794
1995	389.454	131.272	520.726	-	1.041.452
1996	697.858	132.134	829.992	-	1.659.984
1997	861.047	134.427	995.474	869	1.991.817
1998	533.356	159.922	693.278	32.169	1.418.725
1999	972.533	323.883	1.296.416	36.551	2.629.383
2000	870.322	324.260	1.194.582	94.038	2.483.202
2001	1.038.130	304.110	1.342.240	104.030	2.788.510
2002	653.582	310.693	964.275	145.428	2.073.978
2003	797.775	313.712	1.111.487	199.469	2.422.443
2004	703.789	395.224	1.099.013	169.972	2.367.998
2005	705.520	446.926	1.152.446	236.225	2.541.117
2006	464.476	548.719	1.013.195	285.177	2.311.567
2007	570.976	611.612	1.182.588	190.361	2.555.537
2008	451.689	788.527	1.240.216	148.990	2.629.422
2009	566.312	843.754	1.410.066	147.031	2.967.163
2010	630.878	946.722	1.577.600	220.238	3.375.438
2011	450.234	643.195	1.093.429	304.236	2.491.094
2012	326.034	772.486	1.098.520	231.205	2.428.245
2013	573.243	904.644	1.477.887	175.147	3.130.921
2014	420.500	742.413	1.162.913	65.569	2.391.395
2015	346.978	817.129	1.164.107	113.699	2.441.913
2016	250.095	957.129	1.207.224	202.749	2.617.197
2017	512.264	814.807	1.327.071	293.852	2.947.994
2018	513.217	872.888	1.386.105	209.760	2.981.970
2019	444.847	682.799	1.127.646	300.868	2.556.160
Total periodo	18.685.441	15.048.114	33.733.555	3.907.633	37.641.188
Porcentaje	55,39%	44,61%	89,62%	10,38%	100,00%

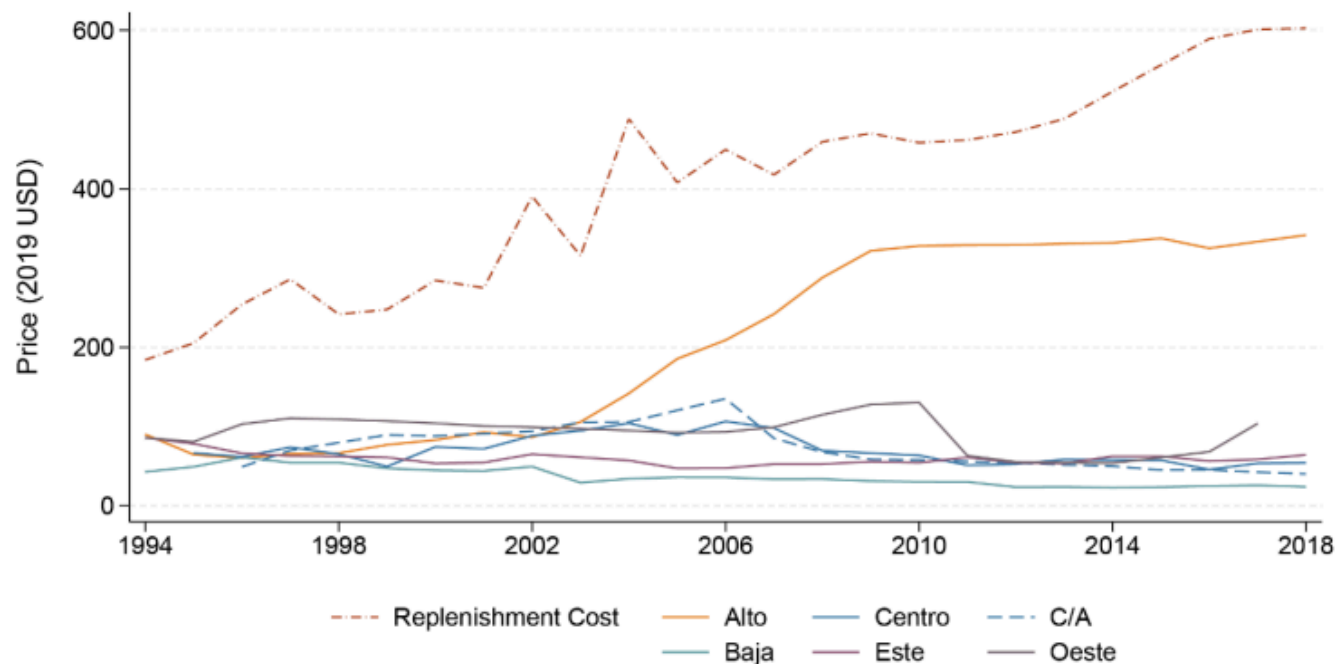
Fuente: Elaboración propias con datos de Hanak y Sencan (2021).

c) Anexo III: Volumen vendido por sector (1000 AP) en California y volumen comprado por sector (1000 AP) en California.



Fuente: Schwabe et al. (2020).

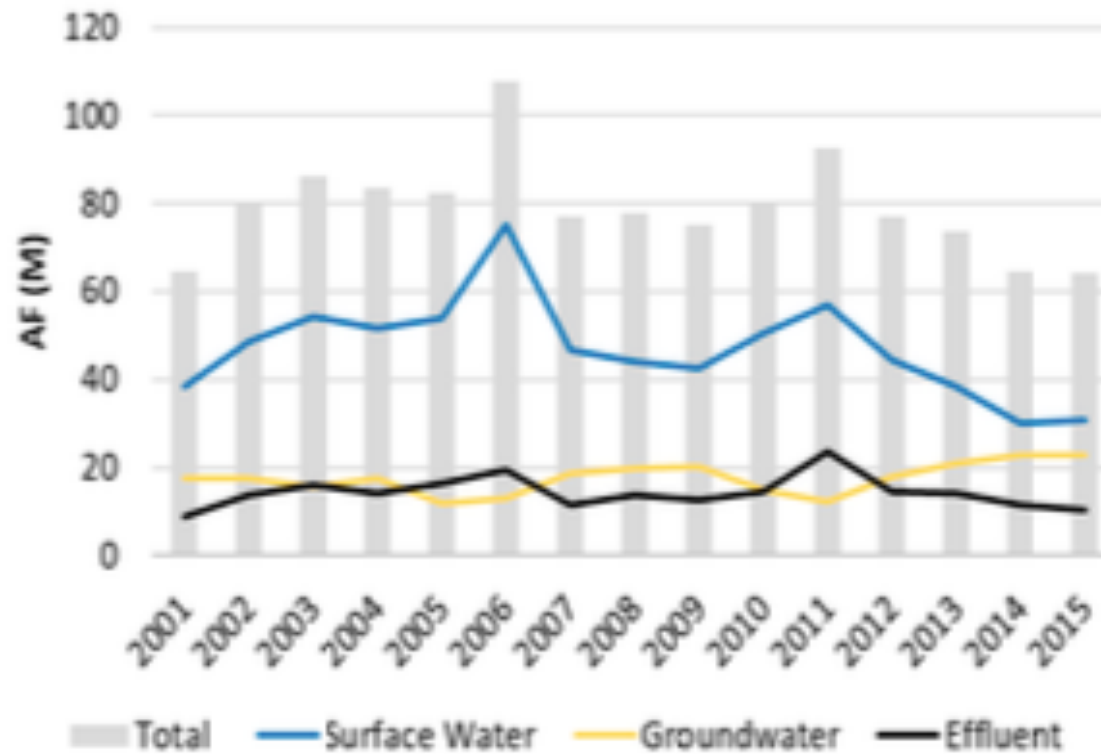
d) Anexo IV: Precios medios anuales de arrendamiento de derechos de bombeo en las cinco subáreas de Mojave.



Fuente: Ayres, A. (2021).

“Coste del agua de reposición (Replenishment Cost) como referencia. En el cálculo se incluyen tanto el FPA del año en curso como los derechos de trasvase. "C/A" representa el mercado de "agua de reposición" entre compradores de Alto y vendedores de Centro. Todos los valores son por acre-pie y en USD de 2019” Ayres, A. (2021).

e) Anexo V: Suministro del agua en el Estado de California según el origen (en millones de acre-pies).



Fuente: Schwabe et al. (2020).

f) Anexo VI: Correlación entre el índice NQH2O y las condiciones de sequía en California.

