

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Impacto de la introducción de una tasa de uso
de agua en El Salvador sobre la sostenibilidad
ambiental de los recursos hídricos**

**Máster Universitario en
Desarrollo Económico y Políticas Públicas**

Autora: Mónica Vázquez Pablo

Tutor: Miguel Buñuel González
Departamento de Economía y Hacienda Pública

Curso académico 2018/2019



Julio 2019

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS.....	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
Valor económico de los recursos hídricos.....	9
4. METODOLOGÍA.....	13
5. RESULTADOS.....	16
Tasa de uso de agua.....	16
Precio del agua.....	18
Demandas de agua.....	20
Valor del agua en El Salvador.....	23
Estudio de caso de la caña de azúcar.....	26
Índice de estrés hídrico.....	29
Recaudación.....	30
6. CONCLUSIONES.....	31
7. BIBLIOGRAFÍA.....	32
8. ANEXOS.....	35
ANEXO A. Estudios de elasticidad precio de la demanda de agua.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Efectos de la tarificación del agua	13
Tabla 5.1. Coeficientes de aplicación para el cálculo de la tasa de uso de agua.....	17
Tabla 5.2. Coeficientes y tasa de uso de agua para cada uso de agua.....	19
Tabla 5.3. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022 sin Tasa de uso de agua	20
Tabla 5.4. Elasticidad precio de la demanda de cada uso de agua.....	21
Tabla 5.5. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022 con Tasa de uso de agua A .	22
Tabla 5.6. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022 con Tasa de uso de agua B..	23
Tabla 5.7. Valor neto del agua para diferentes cultivos	24
Tabla 5.8. Precios actuales y con TUA	26
Tabla 5.9. Riego y coste de agua en caña de azúcar	27
Tabla 5.10. Tecnología de riego y Demanda de agua agrícola	28
Tabla 5.11. Índice de estrés hídrico en diferentes escenarios	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 3.1 Costes y Valores del agua	12
Ilustración 4.1 Índice de estrés hídrico.....	14

RESUMEN

La presión sobre los recursos hídricos de El Salvador aumenta y los mecanismos de asignación del agua utilizados en el pasado no son ya suficientes, dando lugar a crisis y conflictos que el cambio climático agravará. Las decisiones públicas y privadas se toman a partir de unos precios que reflejan muy parcialmente los diferentes costes y valores del agua. Esta situación lleva a un uso ineficiente del agua desde el punto de vista social y ambiental y conduce a la degradación y agotamiento de los recursos hídricos. Los valores del índice de estrés hídrico de varias regiones hidrográficas del país muestran el uso no sostenible que se está haciendo de los recursos hídricos. La introducción de una tasa de uso de agua enviaría una señal de su escasez e incentivaría un uso más eficiente, reduciendo la demanda de uso de agua y favoreciendo así la sostenibilidad ambiental de los recursos hídricos. Los resultados muestran que la implantación de una tasa de uso de agua tendría el efecto esperado de reducir el índice de estrés hídrico, al tiempo que la estimación de valores y costes del agua indican que los nuevos precios son realistas puesto que se sitúan por debajo del valor neto para los usuarios.

PALABRAS CLAVE: Tasa de uso de agua, sostenibilidad ambiental, asignación de agua.

ABSTRACT

The pressure on El Salvador's water resources increases and the water allocation mechanisms used in the past become increasingly problematic, leading to crises and conflicts that climate change will exacerbate. Public and private decisions are made based on water prices that reflect only partially the different costs and values of water, so water allocation is inefficient both from a social and an environmental perspective, thus leading to the degradation and depletion of water resources. The unsustainable use of water resources in the country is revealed by the water stress index of some hydrographic regions. The introduction of a water abstraction charge would send a signal of the resource scarcity and encourage a more efficient use, reducing the demand for water and thus improving water environmental sustainability. The results show that the implementation of a water abstraction charge would have the expected effect of reducing the water stress index, while the estimation of water values and costs indicate that the new prices are realistic since they are below the net value of water for users.

KEY WORDS: Water abstraction charge, environmental sustainability, water allocation.

1. INTRODUCCIÓN

Al contrario de lo que podría pensarse por su clima tropical, El Salvador no disfruta de una gran abundancia de agua. Aunque la precipitación anual es elevada, 1785 mm/año (TYPESA - TECNOMA-ENGECORPS y MARN, 2017), dispone de apenas 1752 m³ anuales por persona, muy cerca de los 1700 m³ por debajo de los cuales se considera que se padece estrés hídrico (Jiménez y Asano, 2008, citados en CEPAL, 2011). Además, la distribución de esta precipitación es muy desigual, con dos periodos muy marcados, una estación seca de noviembre a abril y una estación húmeda de mayo a octubre en la que se concentra el 93% de la precipitación anual. Una gran parte de la precipitación de esta estación húmeda no es aprovechable, pues se escurre hasta llegar al mar.

Esta aparente abundancia de precipitación no le blindará por tanto contra la escasez de agua. Las formas tradicionales de uso y asignación de agua, que fueron suficientes en el pasado, con menor población y menores demandas, no son ya adecuadas. El crecimiento de la población y del nivel de desarrollo, la expansión de la agricultura y mayores demandas de la industria y para la generación de energía han aumentado el consumo de agua superficial y subterránea.

Los mecanismos de asignación de recursos hídricos (o la ausencia de ellos) son ahora fuente de problemas, al tiempo que la competencia y los conflictos por unos recursos escasos aumentan. La demanda creciente de agua y los problemas de suministro se verán agravados por la variabilidad climática consecuencia del cambio climático (CEPAL, 2015; TYPESA - TECNOMA-ENGECORPS y MARN, 2017), aumentando los conflictos.

El acceso a agua en cantidad suficiente y de calidad adecuada es un elemento fundamental para satisfacer las necesidades básicas, es clave para mejorar la nutrición, reducir la incidencia de enfermedades y mejorar la asistencia a la escuela y la productividad de la población. Por otra parte, el agua tiene un rol imprescindible como insumo en la producción agrícola y puede ser esencial en la producción industrial y en la generación de energía eléctrica. Es evidente que el agua contribuye a la lucha contra la pobreza, al desarrollo y al crecimiento económico.

El deterioro de los recursos hídricos perjudica a toda la población, pero afecta con mayor intensidad a la población más pobre porque depende en mayor medida directamente de los bienes y servicios ambientales que los recursos hídricos proporcionan, como el agua para

consumo doméstico o para la producción de alimentos. A esto se suma que tienen menor renta disponible para adquirir los bienes en el mercado si no pueden conseguirlos directamente de la naturaleza.

Considerando el agua para uso doméstico, es indiscutible que el aumento de cobertura y calidad de los servicios de agua y saneamiento contribuye de forma significativa a la lucha contra la pobreza, al desarrollo económico, a la estabilidad política y a la cohesión social. El impacto socioeconómico de los servicios de agua y saneamiento es muy grande, pero además de inversión en infraestructura, requiere de la protección del recurso hídrico para asegurar la sostenibilidad ambiental de los sistemas de agua potable. En El Salvador, como en todos los países, la cobertura de servicios de agua potable en el área rural es menor que en la urbana y, dentro de cada área, los grupos de menores ingresos tienen menor cobertura. Esto hace que cerrar las brechas de cobertura sea cada vez más caro, por la dispersión de la población, y más difícil para los prestadores de servicios, por la menor capacidad de pago. El costo de la provisión del servicio aumenta cuando los recursos hídricos se deterioran, bien por los costos adicionales para la potabilización del agua, bien por la necesidad de utilizar acuíferos de mayor profundidad o fuentes cada vez más lejanas a la población atendida. Para la población rural, abastecida mayoritariamente por sistemas comunitarios, la energía eléctrica necesaria para el bombeo del agua puede suponer hasta el 90% de los costes de prestación del servicio de agua. El agotamiento de las fuentes superficiales y su necesaria sustitución por fuentes subterráneas, o la profundización de los acuíferos existentes no hace más que incrementar estos costes, aumentando la desigualdad ya existente entre la población rural y urbana en el acceso a los servicios de agua a un precio asequible. Este agotamiento de las fuentes de agua incrementa también el costo de abastecimiento para la población que no cuenta con servicio de agua y tiene que acarrearla o comprarla a vendedores ambulantes.

En la agricultura, el agua para riego permite obtener mayores rendimientos en los cultivos y genera valor a través de los cultivos agroindustriales de exportación como la caña de azúcar. Para los pequeños productores el agua juega un papel transcendental en la seguridad alimentaria y la posibilidad de realizar riegos complementarios para los cultivos tradicionalmente de secano como el maíz tendrá cada vez mayor importancia ya que el escaso margen que hay en la actualidad entre las necesidades hídricas de los cultivos y la precipitación se reducirá debido al cambio climático (TYPESA - TECNOMA-ENGECORPS y MARN, 2017).

El agua es también imprescindible para la generación de energía hidroeléctrica, térmica y geotérmica en el país, y para numerosos procesos industriales y agroindustriales. El descenso de los caudales en los ríos afecta a la generación hidroeléctrica, aumentando el costo de la energía eléctrica. El turismo, un sector en crecimiento, necesita también de una oferta de agua estable y de calidad. Los manantiales, lagos y lagunas, además de las playas, pueden ser un atractivo turístico. Sin embargo, la contaminación y la escasez afectan negativamente al potencial turístico de diversas zonas del país.

Las demandas y presiones crecientes y el mal manejo de los recursos hídricos están mostrando ya los efectos de la degradación de los recursos hídricos. Hay ejemplos de conflictos entre usuarios como los que se producen entre uso doméstico e industria en el acuífero de Nejapa, entre uso para generación hidroeléctrica y uso doméstico en el río Sensunapán, o entre uso agrícola y uso doméstico en Ahuachapán. La industria sufre aumento de costes como el causado por el traslado de fábricas productoras de refrescos a nuevos acuíferos. El coste para la provisión del servicio de agua potable aumenta por la perforación de nuevos pozos y la profundización de los existentes o por explotación de nuevas fuentes por agotamiento de las anteriores. El descenso generalizado de los caudales de los ríos, especialmente grave en la zona norte del país, el descenso de los niveles freáticos en algunos acuíferos y los indicios de intrusión salina en los acuíferos costeros reflejan el deterioro de los recursos hídricos.

Esta preocupante situación de los recursos hídricos se refleja en informes y estudios de diferentes organismos. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) señala que El Salvador está cerca del estrés hídrico y que para el año 2100 la ya escasa cantidad de agua por persona podría reducirse hasta menos de 400 m³ per cápita al año (CEPAL, 2015). El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en El Salvador indica que el agua, como parte del capital natural, podría convertirse en un factor limitante del desarrollo (PNUD, 2006). El mismo PNUD, la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), la Universidad Centroamericana (UCA) y organizaciones de la sociedad civil advierten de que la estructura actual de cobro por el agua para uso doméstico, industrial y agrícola conduce a ineficiencias en el uso e inequidades y que incentiva un despilfarro del agua que podría llevar al agotamiento de los recursos hídricos disponibles (PNUD, 2006; ANDA y TYPASA - ENGECORPS, 2017; Oliva, 2018 y TYPASA - TECNOMA-ENGECORPS y MARN, 2017).

El gobierno de El Salvador inició en 2010 una serie de reformas del sector hídrico, legislativas, normativas e institucionales buscando una mejor gestión de los recursos hídricos. Se realizaron esfuerzos para mejorar el conocimiento de la oferta natural de agua, de los usos y demandas a los que está sometida y poder así planificar la utilización de los recursos hídricos, plasmado en el primer plan hidrológico del país, el *Plan nacional de gestión integrada del recurso hídrico*. Se amplió la capacidad del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de monitorear el estado de la cantidad y calidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas (estaciones de monitoreo de nivel y caudal, de monitoreo de calidad). Y se diseñó un marco legislativo, la Ley General de Aguas (LGA), todavía en discusión en la Asamblea Legislativa. En esta propuesta de LGA se introduce por primera vez una tasa de uso, denominada canon por uso y aprovechamiento de aguas un concepto nuevo en El Salvador, no aplicado hasta el momento y fuente de fuertes debates. De hecho, es uno de los aspectos principales, junto con la composición del órgano que asumiría el otorgamiento de concesiones y permisos de uso de agua, que ha impedido la aprobación de la LGA.

2. OBJETIVOS

La presión creciente sobre los recursos hídricos demanda una gestión adecuada, asignar los recursos entre los diferentes usos y protegerlos contra el despilfarro y la contaminación. En este contexto una política de fijación de precios puede utilizarse como instrumento de asignación del agua entre los diferentes usos, incluidos los usos ambientales, para que se utilice de la manera que cree mayor beneficio para la sociedad. Por otra parte, se necesitan ingresos para regular los servicios, administrar los recursos hídricos y mantener la capacidad institucional necesaria para conservar o restaurar la calidad de los recursos hídricos.

La falta de una valoración económica adecuada del agua puede llevar a un uso de los recursos hídricos que supere la capacidad de éstos para regenerarse. Este parece ser el caso de El Salvador, la ausencia de reconocimiento del valor de sus diferentes usos se muestra en la ausencia de tarifas o en tarifas que toman en cuenta solo algunos de los costes necesarios para alcanzar un uso sostenible del agua. Las tarifas del principal proveedor de agua urbana, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y las de la mayoría de los pequeños proveedores, así como las de los distritos de riego solo consideran los costes de operación y mantenimiento, y no incluyen los costos de oportunidad del recurso ni las externalidades económicas y ambientales, resultando en un uso ineficiente, inequitativo e

insostenible. El bajo precio cobrado por el agua urbana por el principal operador conlleva un consumo excesivo en muchos usuarios urbanos, cerca de 200 litros por persona al día (ANDA, 2017), el doble de la recomendación de la Organización Mundial de la Salud. En el riego el agua tampoco se aprovecha de manera eficiente, el 91% del área regada utiliza riego por superficie (FAO, 2015), la técnica con menor eficiencia de riego. En el caso de las explotaciones agrícolas y de las industrias que no están conectadas a ninguna red y se abastecen por sus propios medios, incurren de igual manera solo en el coste de operación y mantenimiento.

La literatura internacional ha estudiado ampliamente la tarificación del agua como instrumento para promover la equidad, la eficiencia y la sostenibilidad (OECD, 2015; Grafton et al., 2017; Damania, et al., 2017 y Rogers et al., 2002). En general, estos estudios incluyen en el concepto de sostenibilidad la sostenibilidad económica, la social y la ambiental, aunque las conclusiones se centran en alguna de las dos primeras. Respecto a la sostenibilidad ambiental, como mucho relacionan que una tarificación que contemple el valor de escasez del agua conducirá a un menor uso de agua, mejorando así el medioambiente (Rogers et al., 2002 y PNUD, 2006). Incluso hay disparidad en los efectos que la tarificación del agua tendría sobre el consumo. Unos estudios, generalmente los que estudian el comportamiento de la demanda de agua urbana, concluyen que se daría una reducción del consumo (Molinos-Senante y Donoso, 2016); otros, generalmente los que estudian el comportamiento de la demanda de agua para riego, concluyen que en algunas zonas podría darse una reducción de consumo, pero que en otras se produciría una demanda total mayor de la inicial (Massarutto, 2003), lo que podría llevar a una menor sostenibilidad ambiental si el consumo supera la capacidad de oferta ambiental.

De estos estudios se concluye también que la tarificación del agua es probablemente la forma más simple de promover una gestión adecuada del agua (Rogers et al., 2002), pero que debe usarse en conjunto con instrumentos de ordenamiento y control (*command and control*) como volúmenes máximos de extracción y planificación de los recursos hídricos (Massarutto, 2003; Finney, 2013 y Damania et al., 2017) para lograr un uso ambientalmente sostenible de los recursos hídricos.

Más allá de estas referencias más o menos indirectas a la mejora de la sostenibilidad ambiental de los recursos hídricos por medio de la tarificación, tras una intensa revisión bibliográfica no se han encontrado estudios que relacionen directamente el uso de instrumentos económicos con el nivel de sostenibilidad ambiental de los recursos hídricos.

Respecto a la situación específica de El Salvador, estudios previos han analizado diferentes aspectos de la valoración económica del agua en el país, como el efecto que tendría un aumento de las tarifas residenciales de agua, combinada con subsidios cruzados, en la mejora de la cobertura, de la calidad y de la equidad de los servicios de agua residencial (PNUD, 2006 y Oliva, 2018); la relación entre las tarifas de agua residencial y los costos totales de provisión del servicio (Dimas, 2007); o la disponibilidad de los usuarios residenciales a pagar por el servicio hidrológico (Herrador y Dimas, 2001). Aunque estos estudios hacen análisis parciales, pues no contemplan todos los costes y valores del agua, coinciden en la importancia de hacer un uso sostenible de los recursos hídricos. Otros estudios estiman el valor ambiental del agua (Calles, 2014 y Calles y Piedra, 2005) y su relación con el posible establecimiento de una tasa de uso. Sin embargo, ninguno de los estudios encontrados mide la relación entre la valoración económica del agua, el precio pagado por los usuarios y la sostenibilidad ambiental de los recursos hídricos.

Este vacío es el que se pretende llenar con el presente trabajo, estudiando el efecto que la tarificación, específicamente la introducción de una tasa de uso (*water abstraction charge*) tendría en la sostenibilidad de los recursos hídricos de El Salvador, medida a través del *Índice de estrés hídrico*, calculado como la cantidad anual de agua utilizada por todos los sectores en proporción a los recursos de agua dulce disponible.

La elección de este instrumento en concreto responde a tres razones: 1) como se ha mencionado anteriormente, el anteproyecto de LGA recoge la introducción de una tasa de uso, llamada canon de uso y aprovechamiento en la ley, y es uno de los aspectos que más debate ha generado de esta legislación; 2) la literatura contempla las tasas de uso como la solución más adecuada a un contexto como el de El Salvador (Rogers et al., 2002); y 3) una tasa de uso tiene el potencial de reflejar el valor de escasez del agua (el precio del recurso en sí, basado en su valor en usos alternativos, el coste de oportunidad) y de expresar al menos parcialmente su valor ambiental, constituyéndose así en un instrumento para desincentivar los usos más ineficientes del agua (OECD, 2015).

Un incremento de las tarifas actuales de los servicios de agua para uso doméstico o para riego tendría ciertamente un efecto en la racionalización del consumo, pero respondería a un esfuerzo por acercar el cobro a los costes de producción, no a la inclusión de todos los costes, incluidos los ambientales (PNUD, 2006; Oliva, 2018 y TYPASA - TECNOMA-ENGECORPS y MARN, 2017). Este incremento de tarifa tendría muy posiblemente además un efecto no esperado al

incentivar la extracción directa de agua de los ríos y de los acuíferos por parte de los usuarios. Una opción que sería más barata para los usuarios (sólo tendría los costos de extracción que supone para el usuario) y podría ser más segura (no dependería de las horas y calidad de servicio de ANDA o de los distritos de riego). Esto no haría más que acentuar el problema de explotación no sostenible desde el punto de vista ambiental de los recursos hídricos del país, especialmente en el caso de las aguas subterráneas, en las que el control de los caudales extraídos es más difícil. Una tasa de uso que se aplique tanto a los usuarios que se abastecen a través de una red pública como a los que extraen el agua directamente de una fuente superficial o subterránea parece la única opción adecuada para limitar este efecto negativo para el medio ambiente y controlar el nivel de estrés hídrico.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Aunque el agua es esencial para la vida y para el funcionamiento de la economía, los recursos hídricos están siendo degradados y agotados. A esta situación se ha llegado en parte porque el valor ambiental del agua ha sido ignorado en las decisiones. Para poder llevar a cabo las medidas más eficientes desde el punto de vista social y económico y que impidan la degradación y el agotamiento de las fuentes de agua es necesario establecer su valor total para poder incorporarlo a las decisiones públicas y privadas. Debe asegurarse que los costes asociados a los diferentes usos sean asumidos por quienes usan el agua, y no trasladados a terceros o a la sociedad como ocurre en la actualidad.

Las tasas de uso son un instrumento que permiten, al menos en parte, internalizar los costes de oportunidad y los costes de externalidades sociales y ambientales. Además, los ingresos generados por esta tasa harían posible, si se utilizan como tasas finalistas (*earmarked*) para acciones de conservación de los recursos hídricos (evaluación, planificación, asignación de derechos de uso, vigilancia y control, educación, reforestación, pago por servicios ambientales, etc.) de manera que se asegure la conservación y reposición del capital natural hídrico.

La tasa de uso, como instrumento económico que pretende inducir un cambio en el comportamiento de los usuarios, debe guardar relación con el valor del agua, con los beneficios que obtienen los usuarios y con los impactos negativos que la extracción de agua de las fuentes naturales causa para el ambiente y para otros usuarios actuales o futuros.

Valor económico de los recursos hídricos

La valoración de los recursos hídricos genera grandes controversias. El concepto del agua como un bien económico fue tratado en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente de Dublín de 1992, una de las conferencias técnicas preparatorias para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente y el Desarrollo de Río de Janeiro de 1992. De los cuatro Principios de Dublín, el primero manifiesta que el agua es un recurso finito, vulnerable y esencial para la vida, el desarrollo y el medioambiente, que requiere un enfoque integrado para su gestión¹. El cuarto principio declara que el agua tiene valor económico y debe ser reconocido como un bien económico, con criterios de asequibilidad y equidad.

Sin embargo, esta consideración del agua como bien económico no implica que la determinación de su precio, y por tanto la asignación de los recursos hídricos, deba ser dejada en manos del mercado exclusivamente. Significa que el agua debe tener un precio a fin de 1) alcanzar la recuperación total de costos; 2) internalizar las externalidades negativas relacionadas con el consumo de agua; y 3) enviar una señal clara a los usuarios de que el agua es un bien escaso y debe ser usado con prudencia, desincentivando los usos ineficientes y de bajo valor (Van der Zaag y Savenije, 2006 y OECD, 2015).

Además de las características especiales del agua que veremos más adelante, la interpretación en sentido estricto del agua como un bien económico, aplicando únicamente los criterios de mercado para su valoración, entraría en contradicción con el primer principio de Dublín, que implica que debe considerarse el ciclo hidrológico en su conjunto, reconocer los intereses de los diferentes usuarios del agua (incluidos los usos ambientales), y considerar la sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos y los derechos de las generaciones futuras (Van der Zaag y Savenije, 2006). Es importante reconocer también que una asignación y uso de los recursos hídricos basada únicamente en su valoración económica puede suponer un nivel de extracción

¹ La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) está estrechamente relacionada con los Principios de Dublín. La GIRH fue promovida por organizaciones y organismos internacionales y plenamente asumida por la comunidad internacional con su inclusión en la Agenda 21 de Naciones Unidas y se mantiene en la Agenda 2030. La definición que da la *Global Water Partnership* es la más aceptada: “La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.”

superior al límite ambiental del ciclo hidrológico por falta de comprensión adecuada de las características del ciclo hidrológico o de la influencia en el bienestar de las personas, o causar problemas de equidad, por limitaciones de ingresos de los usuarios, (PNUD, 2006). Por tanto, la consideración del agua como un bien económico debe interpretarse en el marco de la gestión integrada de recursos hídricos, considerando costes y beneficios en sentido amplio, para favorecer la equidad, la eficiencia y la sostenibilidad. Es decir, este valor económico del agua debe considerar no solo el valor de uso inmediato que es el utilizado habitualmente, sino también el valor de usos indirectos, el de flujos de retorno, el ajuste por beneficios sociales y el valor intrínseco.

El agua tiene unas características que la hacen un bien económico especial y que Van der Zaag y Savenije (2006) detallan así:

- El agua es un bien esencial. No es posible la vida sin agua, tampoco es posible la producción económica ni el medioambiente.
- El agua es un bien no sustituible. No hay alternativas para el agua. La teoría económica se basa en la posibilidad de elección, pero no hay otras opciones que puedan sustituir al agua. Puede reducirse la cantidad de agua utilizada para la producción agrícola o industrial, pero hasta cierto límite. Y hay procesos que requieren agua, no puede sustituirse por otro insumo.
- El agua es un bien finito. El volumen de agua disponible está limitado por el volumen de agua que transita por el ciclo hidrológico.
- El agua es fugitiva. El agua es esencialmente un flujo, no está disponible a menos que la almacenemos. Hay almacenes naturales, como los acuíferos y los lagos, pero solo pueden ser usados de manera sostenible si son recargados por el flujo de agua. El nivel de explotación segura y sostenible está determinado por la recarga anual, no por la cantidad almacenada.
- El agua es un sistema. El ciclo anual del agua es un sistema complejo en el que intervienen numerosos procesos (precipitación, infiltración, escorrentía, recarga) complejos e interconectados. Una interferencia en el sistema se refleja en impactos y externalidades.
- El agua es voluminosa. El traslado de grandes volúmenes de agua es caro. Aunque los bienes normales son transportados largas distancias de manera corriente, no es el caso

del agua. En su lugar se transporta el producto (cereales, textiles, fruta, carne...) que contienen más de 1000 veces su peso en agua virtual, el agua necesaria para producirlos.

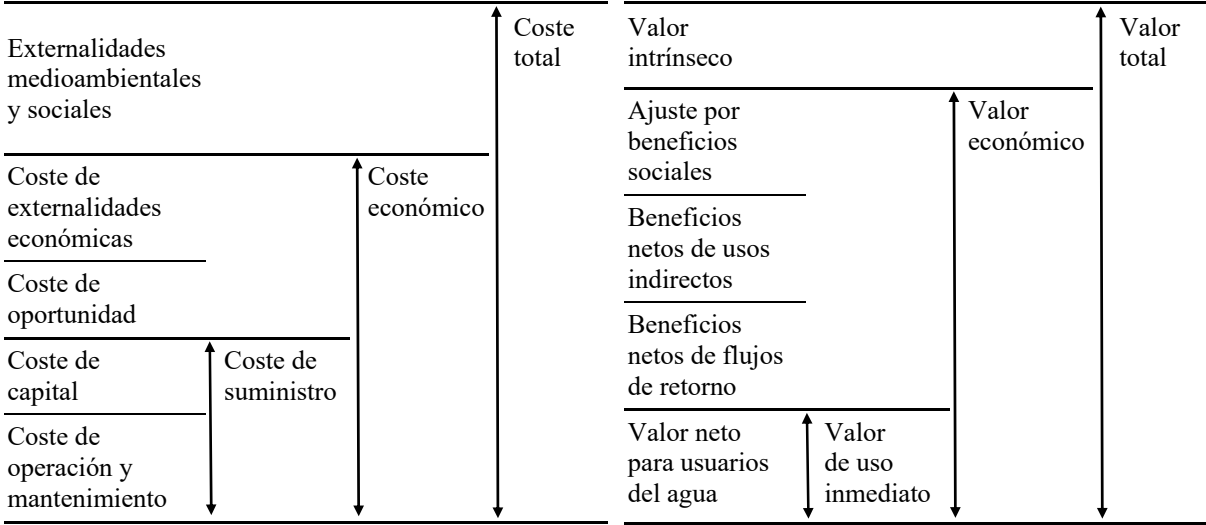
Además de estas peculiaridades, que la distingue de otros bienes económicos y naturales, como bien económico el agua también tiene particularidades, presentando características de los bienes públicos y de los bienes privados. Los bienes públicos puros son no rivales (que lo consuma una persona adicional no afecta o limita que otra pueda hacerlo) y no excluyentes (no se puede excluir a una persona o colectivo de su consumo), pero dependiendo de cómo y dónde se utilice, el agua presenta diferentes grados de exclusión y de rivalidad:

- Rivalidad. El agua puede tener una rivalidad baja como en el caso del uso para navegación o de los caudales ambientales; o una rivalidad alta, como las extracciones en un acuífero o el uso del agua de un distrito de riego.
- Exclusión. Puede ser no excluyente como el uso del agua para baño en ríos o playas o en la extracción de agua de acuíferos en los que es difícil limitar el acceso; o ser excluyente como el agua potable en las viviendas o el agua de lluvia captada en terrenos privados.

Para poder hacer el ejercicio de tarificación que supone la tasa de agua y que conduzca a una asignación y utilización del agua más eficiente, equitativa y sostenible es necesario tomar en cuenta todos los valores del agua. En este trabajo se sigue la clasificación de Rogers et al. (1998), ampliamente recogida por otros autores y organismos (UNESCO, 2006; PNUD, 2006 y OECD, 2010). Esta clasificación distingue entre valor, coste y precio del agua, tres conceptos que están relacionados, pero son distintos. El coste, que refleja el coste de proveer el servicio de agua al usuario, incluye los costes de operación y mantenimiento, los costes de capital, los costes de oportunidad, los costes de externalidades económicas y los costes de externalidades ambientales y sociales. El valor, que se deriva de las preferencias de los consumidores, incluye los beneficios para los usuarios del agua, los beneficios de los flujos de retorno, los beneficios indirectos, los beneficios sociales (como los relacionados con la salud y la seguridad alimentaria), y el valor intrínseco del agua (como el valor cultural o estético). El precio es la tarifa cobrada al usuario por el servicio.

El valor establecería el techo máximo de precio para el agua, ya que el usuario no estaría dispuesto a pagar más que ese monto. El coste establecería el monto mínimo que se debería cobrar por brindar el servicio para lograr la recuperación de costos, la equidad y la sostenibilidad. El precio o tarifa debería por tanto fijarse entre los montos dado por el coste y el valor. Esta tarifa puede contemplar subsidios para incluir consideraciones de equidad u otros aspectos, pero la idea general es que la tarifa debe permitir recuperar los costes totales del agua.

ILUSTRACIÓN 3.1 COSTES Y VALORES DEL AGUA



Fuente: Adaptado de Rogers et al. (1998) y UNESCO (2006)

En general, y El Salvador no es una excepción, es habitual que los usuarios paguen una tarifa por el servicio de agua doméstica, industrial o de riego que incluye únicamente los costes de operación y mantenimiento, y en pocos casos, una parte de los gastos de capital, pero no se considera el coste de oportunidad ni las externalidades. Esto a pesar de que cuanto más refleja el precio del agua su coste real, mejor se usa. Por una parte, el aumento de precio se traduce en una reducción de demanda, mejorando la sostenibilidad ambiental, y en una mayor eficiencia en la asignación de los recursos hídricos entre diferentes usos. Por otra parte, tarifas más altas permiten a los operadores de agua extender sus servicios a la población no cubierta, generalmente la rural y más pobre, que paga mayores costes que la población abastecida por la red pública. La fijación de precios reales del agua tiene varios efectos simultáneos, que Rogers et al. (2002) resumió en la siguiente tabla:

TABLA 3.1. EFECTOS DE LA TARIFICACIÓN DEL AGUA

Efectos de la tarificación del agua
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El aumento de precio reduce la demanda de agua <ul style="list-style-type: none"> - Los sustitutos se hacen más baratos - La puesta en marcha de medidas de ahorro de agua se hace asequible - Cambian las preferencias de los usuarios
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El aumento de precios aumenta la oferta <ul style="list-style-type: none"> - Proyectos marginales de suministro se hacen asequibles - Proporciona incentivos económicos para reducir las pérdidas de agua
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El aumento de precios facilita la reasignación entre sectores productivos <ul style="list-style-type: none"> - Del riego al uso doméstico o al industrial - De usos consuntivos a usos no consuntivos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El aumento de precios mejora la eficiencia de la gestión gracias a los mayores ingresos por: <ul style="list-style-type: none"> - Mejoras en mantenimiento - Mejoras en capacitación y formación del personal - Hacer asequibles técnicas modernas de monitoreo - Hacer asequibles técnicas modernas de gestión
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El aumento de los precios conduce a la sostenibilidad <ul style="list-style-type: none"> - Reduce las demandas de agua en el origen - Reduce las cargas contaminantes gracias al reciclaje de agua industrial
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El aumento de los precios reduce el costo unitario del agua para las personas de menos recursos <ul style="list-style-type: none"> - Aumenta la cobertura de las poblaciones urbanas y periurbanas pobres porque hay agua adicional disponible para ampliar el sistema - Reduce la dependencia de los pobres de los vendedores de agua

Fuente: Adaptado de Rogers et al. (2002)

4. METODOLOGÍA

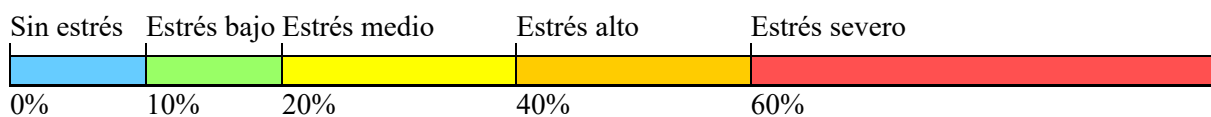
Analizamos el efecto que la implantación de una tasa de uso, que pasaría a formar parte de las tarifas de agua, tendría en la sostenibilidad ambiental de los recursos hídricos de El Salvador. Para medir la sostenibilidad ambiental de los recursos hídricos se utiliza un índice de estrés hídrico (IEH), que presenta el consumo anual de agua como porcentaje de la cantidad de agua fresca disponible. Este índice es el *Water Exploitation Index (WEI)* utilizado en los estudios de vulnerabilidad de recursos hídricos por efecto del cambio climático, por la Agencia Ambiental Europea y en el plan hidrológico de El Salvador. Viene definido como:

$$\text{Índice de estrés hídrico (\%)} = \frac{\text{Extracción anual total de agua dulce}}{\text{Recursos hídricos anuales totales}}$$

Donde la extracción anual total de agua dulce es la suma de la extracción de recursos de agua dulce, superficial y subterránea para usos consuntivos (doméstico, agricultura e industria). En el uso industrial se incluye el agua utilizada para la generación de energía térmica, pero no la utilizada para la generación hidroeléctrica, que se usa in situ. En la extracción para uso agrícola se contabiliza la cantidad anual utilizada para riego, ganadería y acuicultura. En el consumo doméstico se contabiliza el agua para el consumo directo de la población. En todos los consumos se contabiliza tanto el agua utilizada a través de una red de distribución (red pública o comunitaria de agua, distrito de riego) como la que proviene de un suministro propio. Los recursos hídricos anuales totales son la suma de los recursos renovables de agua dulce internos (los generados a partir de las precipitaciones en el país) y de los recursos renovales de agua dulce externos (caudales que entran al país por cuencas internacionales).

El índice de estrés hídrico indica la presión que ejerce el consumo sobre los recursos disponibles, identificando las zonas que tienen presiones altas y son susceptibles de tener problemas. Basándose en los valores establecidos por la Agencia Ambiental Europea, se considera que un valor del índice del 10% separa las zonas sin estrés de las que tienen estrés bajo, siendo el 20% el valor de aviso entre una zona estresada y no estresada. Valores entre el 20% y el 40% indican un estrés hídrico medio, valores entre el 40% y el 60% señalan un estrés hídrico alto, y por encima del 60% el estrés hídrico sería severo.

ILUSTRACIÓN 4.1 ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO



Fuente: Elaboración propia basada en European Environment Agency (2003)

Para reducir la limitación que podría tener el índice si se contempla únicamente el valor nacional, que no reflejaría las diferencias de estado entre cuencas, se estudia la variación en el índice de estrés hídrico tanto nacional como para cada una de las diez regiones hidrográficas del país. Para cada una de estas regiones se calcula el valor del índice de estrés hídrico que se tendría resultado de la variación de demanda que se daría como consecuencia de la aplicación de diferentes tasas de uso. En un primer análisis se evalúa el efecto en el índice de estrés hídrico de la aplicación de la tasa resultante con los coeficientes propuestos por el MARN y el Centro

de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) fruto de la discusión con sectores industriales, agrícolas y sociales entre 2014 y 2018. En un segundo análisis se evalúa la tasa de uso necesaria para que el índice de estrés hídrico de cada una de las regiones hidrográficas se mantenga por debajo del 60% que marca el estrés hídrico severo, realizando las modificaciones necesarias a los coeficientes de mayoración o minoración de la propuesta anterior.

La oferta de agua (los recursos hídricos disponibles) y la cantidad de agua utilizada (la demanda) son las establecidas en el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico elaborado por el MARN en 2015. Se utilizan las demandas estimadas para el año 2022, el escenario futuro más alejado, de cada uno de los principales sectores que hacen un uso consuntivo de agua (doméstico, agrícola, industrial y generación de energía térmica) y para cada una de las diez regiones hidrográficas en las que está dividido el país.

Para evaluar el efecto que la introducción de la tasa de uso tendría en el índice de estrés hídrico se calcula la variación en la demanda de cada uno de los usos para cada una de las regiones hidrográficas. La variación en la cantidad demandada se obtiene a partir de la demanda estimada para 2022 y las elasticidades precio de la demanda de cada uno de los usos a partir de la fórmula de la elasticidad:

$$\varepsilon = \frac{\% \text{ cambio en la cantidad}}{\% \text{ cambio en el precio}}$$

La variación en el precio se obtiene a partir del precio actual y el precio nuevo. Los precios actuales se han calculado para usuarios tipo de cada sector (doméstico, agrícola, industrial y generación de energía térmica). Los nuevos precios para cada usuario tipo serían el resultado de sumar al precio actual la tasa de uso de agua que resultaría de aplicación para cada usuario tipo en cada región hidrográfica.

Para los valores de la elasticidad precio de la demanda se han utilizado los valores establecidos en estudios previos realizados en El Salvador, cuando ha sido posible, o en países de contextos similares, México y Centroamérica cuando no existían estudios de El Salvador. Se realizó una búsqueda bibliográfica de estudios de demanda para cada uno de los cuatro sectores de uso consuntivo que se consideran. En el anexo A se detallan los estudios utilizados y se justifican los valores de elasticidad utilizados para el presente estudio.

A partir de los precios actuales, de los precios nuevos (que dependen directamente de la tasa de uso aplicada), de las cantidades (demandas de agua) previstas para 2022 y de las elasticidades se obtienen las cantidades (demandas de agua) que se tendrían en 2022 si se introdujera una determinada tasa de uso. Con estas nuevas demandas de agua se calcula el índice de estrés hídrico que se tendría en el país y en cada una de las regiones hidrográficas.

5. RESULTADOS

Tasa de uso de agua

La tasa de uso de agua (TUA) a aplicar a cada usuario (en \$/año) se calcula a partir de:

$$TUA = V \times PB \times C$$

Donde:

V: Volumen de agua derivado (m³/año)

PB: Precio básico (\$/m³)

C: Coeficiente de mayoración o minoración (adimensional)

El coeficiente de mayoración o minoración a aplicar en cada caso se obtiene al multiplicar los coeficientes individuales de cada uno de los criterios:

$$C = C1 \times C2 \times C3 \times C4 \times C5$$

Donde:

- C1: Coeficiente por tipo de uso. Doméstico, agrícola, industrial y generación de energía térmica (refrigeración de centrales energéticas).
- C2: Coeficiente por origen de las aguas. Diferencia si las aguas que se utilizan provienen de un cuerpo de agua con un porcentaje de extracciones respecto a la recarga natural alto o no. Este coeficiente refleja la escasez de agua en la fuente concreta utilizada, que puede variar entre fuentes superficiales y subterráneas y dentro de una misma región hidrográfica.
- C3: Coeficiente según ubicación geográfica. Asigna un valor mayor, que se traduce en una tasa de agua más alta, para las cuencas en las que los recursos hídricos están sometidos a mayor presión. Esta presión se mide por el mismo índice de estrés hídrico IEH. Este coeficiente refleja también la escasez de agua, haciéndola más cara donde menos oferta disponible hay.
- C4: Coeficiente por beneficio social que genera el uso de agua. Diferencia entre usos para actividades de subsistencia (agricultura para autoconsumo) o con fin social (sistemas

comunitarios de abastecimiento de agua) y el resto de actividades, reduciendo el precio base para los primeros usos a fin de no afectar a la seguridad alimentaria ni a la asequibilidad de los servicios de agua para la población de menor renta.

- C5: Coeficiente según situación socioeconómica de la zona. De manera similar al coeficiente anterior, toma en cuenta el nivel de pobreza del municipio en el que se hace el uso, reduciendo el precio para uso doméstico en mayor medida en las zonas de mayor pobreza.

Los valores para las distintas categorías de cada uno de estos coeficientes se presentan en la Tabla 5.1:

TABLA 5.1. COEFICIENTES DE APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA TASA DE USO DE AGUA

	<i>Categoría</i>	<i>Valor</i>
C1	1 Doméstico	1
	2 Agrícola	0,3
	3 Industrial y comercial. Refrigeración centrales energéticas	0,005
	4 Industrial y comercial. Resto de usos	2
	5 Recreativo. Hoteles y otros alojamientos	2
	6 Recreativo. Resto de usos	0,5
C2	1 Aguas reutilizadas	0,8
	2 Cuerpo de agua con extracciones/recarga natural > 55%	1,3
	3 Cuerpo de agua con extracciones/recarga natural > 75%	1,7
	4 Resto de casos	1
C3	1 Cuenca tipo 1 - IEH > 60%	1,2
	2 Cuenca tipo 2 - 30% < IEH < 60%	1,1
	3 Cuenca tipo 3 - 20% < IEH < 30%	1,05
	4 Cuenca tipo 4 - IEH < 20%	1
C4	1 Actividad de subsistencia o con fin social	0,4
	2 Resto de actividades	1
C5	1 Zona tipo 1 - Pobreza extrema severa	0,1
	2 Zona tipo 2 - Pobreza extrema alta	0,2
	3 Zona tipo 3 - Pobreza extrema moderada	0,5
	4 Zona tipo 4 - Pobreza extrema baja	1
	5 Uso no doméstico - No aplica C6	1

Fuente: Elaboración propia basada en la propuesta de canon de uso y aprovechamiento elaborada por MARN y CEDEX.

De los valores asignados a los diferentes coeficientes y categorías se evidencia que el consumo para uso agrícola está bonificado (C1.2) y que el uso industrial para generación de energía térmica estaría sujeto a una tasa de uso muy baja (C1.3). En sentido opuesto, el mayor valor que obtiene la industria y los hoteles y alojamientos del uso del agua respecto de otros usuarios

se refleja en un coeficiente de mayoración elevado (C1.4 y C1.5 respectivamente). El uso doméstico en zonas en pobreza está bonificado (C6), considerando el impacto en la equidad que la introducción de la tasa de uso podría tener. En sentido contrario, el mayor precio que debe tener el agua para reflejar su escasez está también considerado, con valores de los coeficientes C2 y C4 mayores para los casos de mayor escasez.

Precio del agua

Dado que el objetivo es calcular la demanda de agua resultante tras la introducción de la tasa de uso de agua para cada uso consuntivo es necesario en primer lugar establecer el precio actual del agua para cada uno de estos usos. Para ello se ha calculado el precio para los usuarios tipo de cada uso que representan al usuario mediano.

Para el uso doméstico se han establecido dos usuarios tipo. El primer usuario tipo es abastecido a través de la red de distribución de ANDA, red que abastece al 47% de la población, en general usuarios urbanos (ANDA y TYPESA - ENGECORPS, 2017). El precio del agua para este usuario se ha establecido en 0,22 \$/m³, que es el precio para un consumo de 11 m³/mes, el promedio de consumo del 78% de usuarios de ANDA según su Boletín estadístico (ANDA, 2017). El segundo usuario tipo se abastece de un sistema comunitario de agua, sistemas que abastecen al 30% de la población (ANDA y TYPESA - ENGECORPS, 2017), un usuario rural o de pequeños núcleos, que tiene un comportamiento diferente al urbano. Para este usuario tipo se ha establecido un precio de 0,15 \$/m³, el precio promedio calculado a partir de los datos de consumo y tarifas de los sistemas comunitarios encuestados en el Diagnóstico y catastro de sistemas de agua y saneamiento rurales realizado por ANDA en 2015.

Para el uso agrícola se ha calculado el precio para un usuario tipo situado en un distrito de riego transferido a una asociación de regantes, que es el caso del 70% del área bajo riego en el país (FAO, 2015). El precio del agua se ha establecido en 0,021 \$/m³, calculado para una explotación modelo de 10 hectáreas de caña de azúcar, el cultivo bajo riego mayoritario en el país, el 36% del área cultivada, y con riego por superficie, que es el 92% de riego total en El Salvador según los datos de la FAO (FAO, 2015). Este precio por m³ es el coste para el productor calculado sumando los costes de bombeo para impulsar el agua desde el canal del distrito de riego por la parcela, la cuota de administración, operación y mantenimiento que cada usuario paga al distrito

de riesgo (65 \$/ha y año) y el permiso de riego que cada regante debe pagar al Ministerio de Agricultura y Ganadería (8,16 \$/ha y año).

Para el uso industrial se ha calculado el precio para un usuario tipo que se autoabastece, que es el caso de más del 90% del agua utilizada para uso industrial, desde un pozo propio. El precio del agua se ha establecido en 0,033 \$/m³ calculado a partir del coste para el productor para un consumo de 1200 m³/mes con un bombeo de 50 metros dinámicos.

Por último, para el uso del agua para generación de energía térmica se ha establecido un precio de 0,019 \$/m³ calculado a partir del coste para el productor para un consumo de 1,296 millones de m³/mes, autoabastecido y con un bombeo de 50 metros dinámicos.

Una vez establecidos los precios actuales del agua para cada uso es necesario determinar los nuevos precios que se tendrían con la introducción de la tasa de uso de agua. Para ello se calcula en primer lugar la tasa de uso que sería de aplicación para cada usuario en cada región hidrográfica, puesto que el valor del C4 depende del índice de estrés hídrico de la región en que se encuentre el usuario. En la siguiente tabla se muestran los coeficientes utilizados para cada caso y la tasa de uso de agua (TUA) resultante:

TABLA 5.2. COEFICIENTES Y TASA DE USO DE AGUA PARA CADA USO DE AGUA

Uso	C1	C2	C3 ^{1/}	C4	C5	C ^{1/}	PB	TUA ^{1/}
Doméstico - ANDA	1	1	Mín.=1 Máx.=1,2	1	1	Mín.=1,00 Máx.=1,20	0,03 \$/m ³	Mín.=0,030 \$/m ³ Máx.=0,036 \$/m ³
Doméstico - Sist. Comunit.	1	1	Mín.=1 Máx.=1,2	0,4	0,5	Mín.=0,20 Máx.=0,24	0,03 \$/m ³	Mín.=0,006 \$/m ³ Máx.=0,0072 \$/m ³
Agrícola	0,3	1	Mín.=1 Máx.=1,2	1	1	Mín.=0,30 Máx.=0,36	0,03 \$/m ³	Mín.=0,0090 \$/m ³ Máx.=0,0108 \$/m ³
Industrial	2	1	Mín.=1 Máx.=1,2	1	1	Mín.=2,00 Máx.=2,40	0,03 \$/m ³	Mín.=0,060 \$/m ³ Máx.=0,072 \$/m ³
Generación energía térmica	0,005	1	Mín.=1 Máx.=1,2	1	1	Mín.=0,005 Máx.=0,006	0,03 \$/m ³	Mín.=0,00015 \$/m ³ Máx.=0,00018 \$/m ³

^{1/} De acuerdo al índice de estrés hídrico de la región hidrográfica en la que esté el usuario

Fuente: Elaboración propia.

La tasa de uso de agua se suma al precio actual (p₀) para obtener el nuevo precio (p₁) para cada usuario (p₁ = p₀ + TUA).

Demandas de agua

Las demandas estimadas en 2022 para usos consuntivos en cada una de las regiones hidrográficas según el plan hidrológico pueden verse en la Tabla 5.3. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022. En la misma tabla se muestra el índice de estrés hídrico que tendría cada región y el país en su conjunto.

TABLA 5.3. DEMANDA DE AGUA E ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO EN 2022
SIN TASA DE USO DE AGUA

Región Hidrográfica	Recursos (MMC/ año)	Demanda (MMC/año)					Total usos consunt.	Índice estrés hídrico
		Uso						
		Agrícola	Doméstico	Industrial	Energía térmica	Otros		
Lempa	12216	399,3	453,3	64,0	162,2	248,8	1327,7	10,9%
Paz	1026	37,8	33,3	0,8		44,3	116,2	11,3%
Cara Sucia-San Pedro	679	134,5	17,4	0,04			151,9	22,4%
Sonsonate-Banderas	698	321,2	36,2	1,4	90,9	0,4	450,2	64,5%
Mandinga-Comalapa	778	13,2	32,7	0,3		0,2	46,3	6,0%
Jiboa-Estero Jaltepeque	1550	231,9	109,6	5,04	0,2		346,7	22,4%
Bahía Jiquilisco	504	31,2	23,4	1,3	0,4		56,4	11,2%
Grande San Miguel	1345	123,3	51,3	0,6	3,0		178,2	13,2%
Sirama	699	0,6	14,7	0,04		0,8	16,2	2,3%
Goascorán	1859	0,5	10,1	0,04			10,6	0,6%
TOTAL PAÍS	21353,6	1293,4	782,1	73,5	256,7	294,6	2700,3	12,6%

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de estas demandas, del cambio en el precio y de la elasticidad precio de la demanda de cada uso se puede calcular a partir de la fórmula de la elasticidad el cambio en la cantidad demandada que se induciría por la introducción de la tasa de uso de agua.

$$\varepsilon = \frac{\frac{q_1 - q_0}{q_0}}{\frac{p_1 - p_0}{p_0}}$$

Por ejemplo, la demanda de agua que se tendría para uso agrícola (elasticidad $\varepsilon = -0,11$) en la región hidrográfica Lempa, que tiene una demanda prevista de 399,3 millones de metros cúbicos (MMC) se calcula resolviendo q_1 en esta ecuación:

$$-0,11 = \frac{\frac{q_1 - 399,3}{399,3}}{\frac{0,029 - 0,021}{0,021}}$$

La resolución da $q_1 = 382,1$ MMC, que sería la demanda de agua para uso agrícola en el año 2022 en la región hidrográfica Lempa si se implantara la tasa de uso de agua propuesta por el MARN. Haciendo el mismo cálculo para cada uso y región hidrográfica a partir de las demandas previstas en el plan hidrológico nacional (Tabla 5.3. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022 sin Tasa de uso de agua) y de las elasticidades para cada tipo de usuario (Tabla 5.4. Elasticidad precio de la demanda de cada uso de agua) obtenemos las demandas proyectadas con la introducción de esta tasa de uso de agua, que denominamos Tasa A, y el correspondiente índice de estrés hídrico (Tabla 5.5. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022 con Tasa de uso de agua A). Para la demanda doméstica, se considera que el usuario tipo ANDA representa a la mitad de la población y que el usuario tipo Sistema comunitario representa a la otra mitad.

TABLA 5.4. ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA DE CADA USO DE AGUA

Usuario	Elasticidad
Doméstico ANDA	-0,35
Doméstico Sist. Comunitarios	-0,6
Agrícola	-0,11
Industrial	-0,3
Generación energía térmica	-0,7

Fuente: Elaboración propia, estimaciones basadas en literatura (ver anexo A).

Con la aplicación de esta tasa de uso de agua A la demanda total del país descendería un 4,8% y el índice de estrés hídrico se reduciría entre el 2,8% y el 5,2% según la región hidrográfica. Sin embargo, el índice de estrés de la región Grande de Sonsonate-Banderas se mantiene por encima del 60% (estrés hídrico severo). Esta región, la de mayor nivel de estrés con diferencia, tiene un consumo relevante por generación de energía térmica, uso que en la tasa de uso de agua propuesta por el MARN está muy bonificada (el coeficiente aplicado al precio básico acaba siendo de tan solo 0,005 debido a que el C1 es 0,005 precisamente para el uso de refrigeración de centrales energéticas. Esto se traduce en una tasa de uso extremadamente baja,

de tan solo 0,00015 \$/m³, que no cumple la labor esperada de enviar una señal sobre la escasez y el valor real del agua.

**TABLA 5.5. DEMANDA DE AGUA E ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO EN 2022
CON TASA DE USO DE AGUA A**

Región Hidrográfica	Recursos (MMC/ año)	Demanda (MMC/año)						Índice estrés hídrico
		Uso						
		Agrícola	Doméstico	Industrial	Energía térmica	Otros	Total usos consunt.	
Lempa	12216	382,1	437,1	29,4	161,3	248,8	1258,7	10,3%
Paz	1026	36,1	32,1	0,4	0,0	44,3	112,9	11,0%
Cara Sucia-San Pedro	679	128,3	16,7	0,0	0,0	0,0	145,1	21,4%
Sonsonate-Banderas	698	304,3	34,7	0,5	90,3	0,4	430,2	61,6%
Mandinga-Comalapa	778	12,6	31,5	0,1	0,0	0,2	44,4	5,7%
Jiboa-Estero Jaltepeque	1550	221,3	105,4	2,2	0,2	0,0	329,1	21,2%
Bahía Jiquilisco	504	29,9	22,6	0,6	0,4	0,0	53,4	10,6%
Grande San Miguel	1345	117,9	49,5	0,3	3,0	0,0	170,7	12,7%
Sirama	699	0,6	14,2	0,0	0,0	0,8	15,6	2,2%
Goascorán	1859	0,4	9,7	0,0	0,0	0,0	10,2	0,5%
TOTAL PAÍS	21353,6	1233,5	753,6	33,5	255,2	294,6	2570,4	12,0%

Fuente: Elaboración propia.

A fin de que la tasa de uso refleje en mayor medida el valor real del agua para este uso y la escasez del recurso, se propone aumentar el valor del C1 para este uso, a un valor de 0,5, la cuarta parte que para el resto de usos industriales tomando en consideración que el 98% del volumen de agua utilizado en la refrigeración de centrales se retorna. Con la nueva tasa de agua resultante se calculan de la misma forma que antes las demandas proyectadas (Tabla 5.6. Demanda de agua e Índice de estrés hídrico en 2022 con Tasa de uso de agua B).

Con la implantación de esta tasa B la demanda total disminuiría un 10,3% y el índice de estrés hídrico del país sería del 11,3% (estrés bajo). La consecuencia más relevante de esta tasa sería que ninguna de las regiones hidrográficas estaría en estrés severo.

**TABLA 5.6. DEMANDA DE AGUA E ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO EN 2022
CON TASA DE USO DE AGUA B**

Región Hidrográfica	Recursos (MMC/ año)	Demanda (MMC/año)					Total usos consunt.	Índice estrés hídrico
		Uso						
		Agrícola	Doméstico	Industrial	Energía térmica	Otros		
Lempa	12216	382,1	437,1	29,4	73,9	248,8	1171,3	9,6%
Paz	1026	36,1	32,1	0,4	0,0	44,3	112,9	11,0%
Cara Sucia-San Pedro	679	128,3	16,7	0,0	0,0	0,0	145,1	21,4%
Sonsonate-Banderas	698	304,3	34,7	0,5	31,5	0,4	371,4	53,2%
Mandinga-Comalapa	778	12,6	31,5	0,1	0,0	0,2	44,4	5,7%
Jiboa-Estero Jaltepeque	1550	221,3	105,4	2,2	0,1	0,0	329,0	21,2%
Bahía Jiquilisco	504	29,9	22,6	0,6	0,2	0,0	53,3	10,6%
Grande San Miguel	1345	117,9	49,5	0,3	1,4	0,0	169,1	12,6%
Sirama	699	0,6	14,2	0,0	0,0	0,8	15,6	2,2%
Goascorán	1859	0,4	9,7	0,0	0,0	0,0	10,2	0,5%
TOTAL PAÍS	21353,6	1233,5	753,6	33,5	107,1	294,6	2422,3	11,3%

Fuente: Elaboración propia.

Valor del agua en El Salvador

Dada la multiplicidad de la naturaleza del agua como bien, determinar todos sus valores es una labor de elevada complejidad. Los economistas han desarrollado diversos métodos que sirven para determinar los diferentes valores, cada uno con ventajas y limitantes, y no hay un acuerdo entre los economistas sobre el método apropiado (Turner et al., 2004). Aunque hay debate en cuál es la manera más adecuada de determinar el valor “correcto”, sí hay acuerdo en cuanto a que contabilizar los múltiples valores del agua permite establecer un precio apropiado para tomar decisiones en cuanto a la asignación y el uso de los recursos hídricos. Este establecimiento de precio puede traducirse en establecer un precio por el agua si antes no lo había o en aumentarlo si era muy barata. O puede significar que, sin modificar las tarifas, el valor económico marginal se tiene en cuenta para la toma de decisiones como inversiones y asignaciones de permisos de agua.

A fin de contar con un elemento para poner en contexto los precios del agua que resultarían de la implantación de las tasas de uso se hace el ejercicio de determinar el valor neto para los usuarios de agua agrícola, el principal usuario de agua. Para ello se utiliza el método de función

de producción, que relaciona la producción de un sector con los insumos utilizados para producirlos. El valor implícito del agua se calcula midiendo la contribución del agua al beneficio. Si el suministro de agua fuera ilimitado, el productor utilizaría unidades de agua adicionales hasta que la contribución del agua igualara el costo de utilizar esa unidad de agua. Incluso si el agua no es cobrada de ninguna manera, el productor incurriría en gastos para poder disponer de ella (captación-bombeo y distribución).

Los rendimientos económicos del agua en la agricultura de regadío tienen una gran variación dependiendo del cultivo, del momento de aplicación de los riegos y de la cantidad y eficiencia en la utilización de otros insumos aparte del agua. Para contar con información suficiente, se calcula el valor neto del agua para una muestra de cultivos que se considera representativa los diferentes tipos de cultivos de regadío² en el país (Tabla 5.7. Valor neto del agua para diferentes cultivos). Para ello se han considerado los cultivos de cada tipo con mayores superficies cultivadas, incluyendo cultivos agroindustriales (caña de azúcar), hortícolas (sandía), frutales de vida larga (limón) y frutales de vida corta (papaya). El valor neto del agua en agricultura (VNAA) se calcula a partir del valor neto de la producción atribuida al uso del regadío según la siguiente fórmula:

$$VNAA = \frac{\text{Valor neto producción con riego} - \text{Valor neto producción sin riego}}{\text{Volumen de agua utilizada para riego}}$$

El valor neto del agua³ para cada uno de estos cultivos se muestra en las siguientes tablas:

TABLA 5.7. VALOR NETO DEL AGUA PARA DIFERENTES CULTIVOS

CAÑA DE AZÚCAR	Con regadío	Sin Regadío	Valor/Costo Adicional
Valor producción (\$/ha/año)	3944,57	2629,71	1314,86
Coste de cultivo (\$/ha/año)	2908,57	2115,71	792,86
Valor neto producción (\$/ha/año)	1036,00	514,00	522,00
Agua para riego (m3/ha/año)	6000		6000
Valor neto de producción por unidad de agua de riego (\$/m3)			0,087

² Los costos se han calculado para fincas situadas en distritos de riego, la tasa de uso de agua se sumaría a la cuota que pagan actualmente por el servicio, que cubre solo los costes de operación y mantenimiento, ni siquiera los costes de capital. En el caso de las fincas que no forman parte de un distrito de riego, la tasa de uso de agua se sumaría a los costes de bombeo y canalización en los que incurren para disponer del agua en la finca.

³ Se consideran las necesidades de agua procedente de riego, no las necesidades totales de agua de los cultivos. Es decir, no incluye el agua proveniente de lluvia.

SANDÍA	Con regadío	Sin Regadío	Valor/Costo Adicional
Valor producción (\$/ha/año)	5331,28	2665,64	2665,64
Coste de cultivo (\$/ha/año)	2426,91	1563,84	863,07
Valor neto producción (\$/ha/año)	2904,37	1101,80	1802,57
Agua para riego (m3/ha/año)	2400		2400
Valor neto de producción por unidad de agua de riego (\$/m3)			0,751

LIMÓN	Con regadío	Sin Regadío	Valor/Costo Adicional
Valor producción (\$/ha/año)	6186,72	3093,36	3093,36
Coste de cultivo (\$/ha/año)	2535,44	1584,77	950,68
Valor neto producción (\$/ha/año)	3651,28	1508,59	2142,68
Agua para riego (m3/ha/año)	7000		7000
Valor neto de producción por unidad de agua de riego (\$/m3)			0,306

PAPAYA	Con regadío	Sin Regadío	Valor/Costo Adicional
Valor producción (\$/ha/año)	24120,31	10493,70	13626,60
Coste de cultivo (\$/ha/año)	3338,04	2070,92	1267,13
Valor neto producción (\$/ha/año)	20782,26	8422,79	12359,48
Agua para riego (m3/ha/año)	12000		12000
Valor neto de producción por unidad de agua de riego (\$/m3)			1,030

Fuente: Elaboración propia.

Comparando el valor neto de uso del agua para estos cultivos con el precio que resultaría para el usuario agrícola tipo vemos que, aún con la aplicación de la TUA⁴, el precio del agua estaría muy por debajo del valor de uso del agua. El precio con la TUA sería de 0,029 \$/m³ (Tabla 5.8. Precios actuales y con TUA), mientras que el valor de uso va de 0,087 \$/m³ para la caña de azúcar a 1,03 \$/m³ para la papaya. Por supuesto, si se tuvieran en cuenta todos los valores del agua (de uso indirecto, de flujo de retorno, por beneficios sociales y el valor intrínseco), esta diferencia sería aún mayor. Esto indica que el precio actual está muy por debajo del valor del agua y que la implantación de la TUA propuesta es razonable desde el punto de vista de la rentabilidad su uso para la agricultura.

⁴ Para el agua agrícola las dos TUA propuestas coinciden, por lo que no se hace distinción entre TUA A y TUA B para este análisis.

TABLA 5.8. PRECIOS ACTUALES Y CON TUA

Usuario	precio actual (\$/m3)	precio con TUA A (\$/m3)	precio con TUA B (\$/m3)
Doméstico ANDA	0,220	0,250	0,250
Doméstico Sist. Comunitarios	0,150	0,156	0,156
Agrícola	0,021	0,029	0,029
Industrial	0,033	0,093	0,093
Generación energía térmica	0,0193	0,0194	0,0343

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de caso de la caña de azúcar

La variación en la demanda de agua se ha calculado a partir de elasticidades estimadas basadas en estudios existentes de contextos similares. Realizamos un estudio de caso para el principal cultivo bajo riego del país, la caña de azúcar, a fin de estimar de una manera alternativa y más específica la demanda de agua agrícola. Utilizando la relación entre la inversión necesaria para instalar un sistema de riego por aspersión o por goteo y el ahorro en coste del agua que se lograría con el nuevo sistema de riego estimamos la variación de la demanda de agua agrícola que resultaría de la aplicación de la TUA.

Los resultados de este análisis más detallado de la caña de azúcar en regadío (Tabla 5.9. Riego y coste de agua en caña de azúcar) muestran que a la introducción de un sistema de riego por aspersión o por goteo, más eficiente en el uso de agua que el riego por superficie utilizado mayoritariamente en la actualidad, sería rentable en el escenario de la introducción de la TUA. El ahorro en coste del agua que tendrían que pagar es mayor que la inversión que deben realizar para instalar un sistema de riego más eficiente, en especial para los productores que se abastecen de una fuente subterránea propia. Solo en el caso de los productores en distritos de riego en regiones de menor presión hidrográfica sería ligeramente superior el coste de instalar el sistema de riego por goteo al ahorro que lograrían en pago de agua.

Podría aumentarse la TUA para el agua para riego, algo para lo que hay margen dado que, incluso en el caso más desfavorables el precio (el coste para el productor incluyendo la TUA) sería de 0,071 \$/m³, por debajo del valor neto del agua para este cultivo (0,087 \$/m³).

TABLA 5.9. RIEGO Y COSTE DE AGUA EN CAÑA DE AZÚCAR

	Riego por superficie (eficiencia = 50%)			Riego por aspersión (eficiencia = 80%)					Riego por goteo (eficiencia = 95%)				
	Consumo agua (m ³ /ha/año)	TUA (\$/ha/año)	Coste agua con TUA (\$/m ³) ⁵	Consumo agua (m ³ /ha/año)	TUA (\$/ha/año)	Coste agua con TUA (\$/m ³)	Coste anual inversión riego (\$/ha) ^{1/}	Ahorro coste agua (\$/ha/año) ^{1/}	Consumo agua (m ³ /ha/año)	TUA (\$/ha/año)	Coste agua con TUA (\$/m ³)	Coste anual inversión riego (\$/ha) ^{1/}	Ahorro coste agua (\$/ha/año) ^{1/}
Regiones hidrográficas con IEH < 0,2 (C3 =1)													
Distritos de riego	9600	86,4	0,029	6000	54	0,036	60	62	5053	45,5	0,036	100	95
Fuente subterránea	9600	86,4	0,066	6000	54	0,070	60	218	5053	45,5	0,067	100	299
Regiones hidrográficas con 0,2 < IEH < 0,3 (C3 =1,05)													
Distritos de riego	9600	91	0,029	6000	57	0,036	60	64	5053	48	0,037	100	97
Fuente subterránea	9600	91	0,067	6000	57	0,070	60	220	5053	48	0,067	100	301
Regiones hidrográficas con IEH > 0,6 (C3 =1,20)													
Distritos de riego	9600	103,7	0,031	6000	64,8	0,038	60	69	5053	54,6	0,038	100	103
Fuente subterránea	9600	103,7	0,068	6000	64,8	0,071	60	225	5053	54,6	0,069	100	307

^{1/} Comparado con el riego por superficie.

Fuente: Elaboración propia.

⁵ Para los productores en los distritos de riego el coste del agua es el coste de bombeo para impulsar el agua desde el canal del distrito de riego por la parcela más la cuota de administración, operación y mantenimiento que cada usuario paga al distrito de riesgo (65 \$/ha/año). Para los productores que se abastecen de manera privada de una fuente subterránea el coste del agua es el coste de bombeo para extraer el agua del acuífero desde una profundidad de 50 m, más el coste para impulsarla por la parcela y más el permiso de riego que deben pagar al Ministerio de Agricultura y Ganadería (44,58\$/año/10 ha).

Sin embargo, el problema principal radica en los productores situados en los distritos de riego, que disfrutaban de unos precios de agua muy bajos porque las tarifas que pagan cubren únicamente los costes de operación y mantenimiento, ni siquiera los costes de capital. Un primer paso más razonable, antes de incrementar la TUA para el uso agrícola a todos los productores, sería aumentar las tarifas de los distritos de riego para que incluyan al menos el total del coste de capital y del coste de oportunidad.

El aumento del precio del agua hace que la puesta en marcha de medidas de ahorro de agua se haga asequible, uno de los efectos de la tarificación del agua recogidos en la fundamentación teórica. Aplicado a este caso concreto significa que, si la inversión que los productores deben realizar es menor que el ahorro en coste de agua que obtendrían, realizarán esta inversión y, en consecuencia, disminuiría el consumo de agua. Aunque la lógica de la rentabilidad del cultivo indicaría que en todos los casos en que esto sucediera se daría el cambio de tecnología de riego, la experiencia indica que este cambio de tecnología se ve en la práctica limitado por cuestiones relacionadas con el acceso a crédito, la propiedad de los terrenos y otras características propias de cada productor.

Estimamos por tanto la demanda suponiendo que ante un incremento del precio del agua consecuencia de la introducción de la TUA el 50% de los productores cambia de tecnología de riego a la más eficiente cuando la inversión anual que deben realizar es menor que el ahorro en coste de agua que obtendrían. Con estas consideraciones, la demanda de agua para uso agrícola se reduciría un 19,8% (Tabla 5.10. Tecnología de riego y Demanda de agua agrícola).

TABLA 5.10. TECNOLOGÍA DE RIEGO Y DEMANDA DE AGUA AGRÍCOLA

	Sin TUA		Con TUA		Variación demanda
	ha cultivadas	Demanda (MMC/año)	ha cultivadas	Demanda (MMC/año)	
Caña de azúcar	12240	113,2		90,7	-19,8%
Distritos de riego					
Inundación	6349	60,9	3174	30,5	
Aspersión	419	2,5	3593	21,6	
Goteo	209	1,1	209	1,1	
Fuente subterránea, regante autoabastecido					
Inundación	4790	46,0	2395	23,0	
Aspersión	316	1,9	158	0,9	
Goteo	158	0,8	2711	13,7	

Fuente: Elaboración propia.

Esta reducción del consumo de agua agrícola es considerablemente menor que la obtenida con el método de la elasticidad de la demanda (-4,6%) lo que nos indica que las elasticidades disponibles podrían estar subestimando los resultados de la introducción de la TUA. Aunque el cálculo realizado tiene limitantes puesto que la demanda de agua agrícola está influida por el coste del agua y de la tecnología de riego, pero también por otros aspectos del mercado agrícola como los precios de los productos y los insumos, la combinación de cultivos, los subsidios y otras variables que acaban siendo específicas para cada cultivo y productor, es coherente en reflejar que la introducción de la TUA conllevaría una reducción de la demanda de agua agrícola y apunta que la reducción de consumo de agua estimada en el apartado anterior sería una estimación de mínimos del impacto de la TUA.

Sería recomendable ampliar el estudio detallado de la respuesta de la demanda a la variación de precio del agua para el resto de cultivos y realizar estudios de elasticidad de la demanda para el resto de usos de agua (doméstico, industrial y generación de energía térmica), que no se han podido realizar dadas las limitaciones de información disponible en El Salvador y la naturaleza del presente trabajo.

Índice de estrés hídrico

Como hemos visto en los apartados anteriores, la reducción de demanda consecuencia de la implantación de la tasa de extracción tendría un efecto en el índice de estrés hídrico. Con la tasa A el efecto en la reducción del índice de estrés no es muy significativo, pero con la tasa B, que refleja en mayor medida el valor real del agua para el uso de generación de energía térmica, se logra una reducción significativa del índice de estrés en la región hidrográfica en la que los recursos hídricos están sometidos a mayor presión, poniendo en riesgo su sostenibilidad ambiental si no se toman medidas. En la (Tabla 5.11. Índice de estrés hídrico en diferentes escenarios) se puede ver la comparación del índice de estrés actual (2017) y en los diferentes escenarios futuros, suponiendo que se mantiene la estructura de precios actual (escenario 2022 sin TUA), que se implanta la tasa A (escenario 2022 TUA A) y que se implanta la tasa B (escenario 2022 con TUA B).

TABLA 5.11. ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO EN DIFERENTES ESCENARIOS

Región hidrográfica	2017	Escenarios		
		2022 Sin TUA	2022 TUA A	2022 TUA B
Lempa	9,9%	10,9%	10,3%	9,6%
Paz	11,5%	11,3%	11,0%	11,0%
Cara Sucia-San Pedro	22,6%	22,4%	21,4%	21,4%
Sonsonate-Banderas	65,1%	64,5%	61,6%	53,2%
Mandinga-Comalapa	5,9%	6,0%	5,7%	5,7%
Jiboa-Estero Jaltepeque	22,3%	22,4%	21,2%	21,2%
Bahía Jiquilisco	11,3%	11,2%	10,6%	10,6%
Grande San Miguel	8,2%	13,2%	12,7%	12,6%
Sirama	2,2%	2,3%	2,2%	2,2%
Goascorán	0,6%	0,6%	0,5%	0,5%
TOTAL PAÍS	11,8%	12,6%	12,0%	11,3%

Fuente: Elaboración propia.

La implantación de la TUA mejoraría el índice de estrés hídrico del país, aunque con las dos TUA analizadas el índice se mantiene por encima de 10% (estrés bajo), con la TUA B se logra que ninguna de las regiones hidrográficas esté en estrés severo y que la principal región, la Lempa, pase de estrés bajo a sin estrés, algo que no se consigue con la TUA A, ni por supuesto si se mantiene la estructura actual de precios del agua que no reflejan la escasez y solo muy parcialmente su coste.

Recaudación

El monto de las dos TUA analizadas se ha fijado con el objetivo de brindar a los usuarios una señal de la escasez del agua y de su valor ambiental, en el sentido de prevenir la explotación insostenible de las fuentes de agua superficiales y subterráneas. Aunque este es el objetivo específico de la TUA planteada, su implantación también generaría ingresos, que se podrían destinar a financiar los costes ambientales necesarios para asegurar la oferta de agua natural como los relacionados con la conservación, protección y restauración de los servicios hidrológicos de las cuencas, incluidos los costes de gestión de los recursos hídricos (planificación y asignación de recursos, regulación y control, evaluaciones cuantitativas y cualitativas). Este uso finalista de la recaudación para fines ambientales haría que la implantación de la TUA fuera más aceptable socialmente (Kraemer et al., 2003) y permitiría a la autoridad ambiental contar con fondos para ampliar su labor en la regulación y aplicación de

los instrumentos de ordenamiento y control necesarios como complemento a la TUA para lograr un uso sostenible de los recursos hídricos.

6. CONCLUSIONES

La situación de los recursos hídricos en El Salvador es problemática y la cantidad de agua por persona se reducirá drásticamente en las próximas décadas. La disminución de los caudales de los ríos, el descenso del nivel freático en algunos acuíferos y los indicios de intrusión salina en acuíferos costeros evidencian ya su deterioro. El índice de estrés hídrico, que expresa el grado de sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos, es muy elevado en alguna de las regiones hidrográficas. Los efectos del cambio climático, el crecimiento de la población y el desarrollo aumentarán la demanda de agua y la presión sobre los recursos. Por otra parte, la estructura actual de precios, reflejo de una falta de valoración del agua, conlleva inequidades e ineficiencias en el uso del agua e incentiva el despilfarro. La combinación conduce a un uso del agua que podría superar la capacidad de los recursos hídricos para regenerarse como apunta el aumento del índice de estrés hídrico estimado para los escenarios futuros en el plan hidrológico.

En este contexto la implantación de una tasa de uso de agua sobre la extracción de agua cruda es una herramienta que permite reflejar el valor de escasez del agua y expresar, al menos parcialmente, su valor ambiental. Esta mayor inclusión del valor total del agua desincentivaría los usos más ineficientes del agua y resultaría en una reducción del consumo de agua y, por tanto, en un uso más sostenible de los recursos hídricos.

Los resultados muestran que la reducción de demanda producto de la implantación de la tasa de uso de agua tendría el efecto previsto de mejorar el índice de estrés hídrico. Con las dos tasas analizadas el índice de estrés desciende en todas las regiones hidrográficas, aunque el índice nacional se mantiene en ambos casos por encima de 10%. Con la tasa A el efecto en la reducción del índice de estrés no es muy significativo en ninguna de las regiones ni en el conjunto del país. Sin embargo, con la tasa B, que refleja en mayor medida el valor real del agua para el uso de generación de energía térmica, se logra que ninguna de las regiones hidrográficas esté en estrés severo y que la principal región, la del río Lempa (que representa el 50% de la superficie del país y el 56% de la población, incluida la capital y su zona metropolitana), pase a estar sin estrés hídrico.

La estimación de los valores y precios del agua indican que los nuevos precios del agua resultado de la implantación de la tasa de uso propuesta son realistas puesto que se sitúan por debajo del valor neto para los usuarios. Incluso podrían aumentarse los precios para que reflejen en mayor medida los costes totales del agua, al menos hasta cubrir por completo los costes de operación y mantenimiento, de capital, de oportunidad y de externalidades económicas. Un mayor conocimiento de los costes y valores totales del agua permitiría ajustar los componentes de las tarifas de agua para los diferentes usos, incluida la tasa de uso de agua.

Por otra parte, el estudio de caso de la caña de azúcar realizado sugiere que las demandas de agua calculadas a partir de las elasticidades disponibles podrían estar subestimando el impacto en la demanda de la introducción de una tasa de uso de agua y, por tanto, que la mejora del índice de estrés hídrico sería una estimación de mínimos del impacto de la TUA.

Por último, se sugiere, con una mayor recopilación de información primaria, ampliar los estudios de los diferentes precios y valores del agua y realizar estudios de elasticidad de la demanda para los diversos usos de agua (doméstico, agrícola, industrial y generación de energía térmica) de manera que se pueda evaluar con mayor detalle la mejora en el índice de estrés hídrico que tendría la implantación de la tasa de uso de agua y ajustar los diferentes coeficientes que la componen para lograr el efecto ambiental deseado con la menor afectación posible a la eficiencia y a la equidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

ANDA (2017): *Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento de El Salvador*. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. San Salvador.

ANDA y TYPSA - ENGECORPS (2017): *Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento (Diapositivas de PowerPoint)*

Calles Hernández, J.R. (2014): "El valor del agua que producen los bosques y cafetales en la subcuenca del río Acelhuate". *Entorno*, Vol. 56: 58-68

Calles, R. y Piedra, M. (2005): "Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca alta del río Lempa y su aplicación en el ajuste de la tarifa hídrica del área metropolitana de San Salvador". *Recursos Naturales y Ambiente*, Vol. 45: 28-35.

- CEPAL (2011): *La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Reporte Técnico 2011*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. México, D.F.
- CEPAL (2015): *Cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales y opciones de política pública*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. México, D. F.
- Damania, R., Desbureaux, S., Hyland, M., Islam, A., Moore, S., Rodella, A., Russ, J. y Zaveri, E. (2017): *Uncharted waters: The new economics of water scarcity and variability*. The World Bank. Washington, D.C.
- Dimas, L. (2007): "El valor económico del agua en El Salvador". *Boletín Económico y Social, FUSADES*, N° 257: 1-8.
- European Environment Agency (2003): *Indicator Fact Sheet - Water exploitation index*.
- FAO (2015): *AQUASTAT Perfil de país - El Salvador*. Food and Agriculture Organization. Roma.
- Finney, C. (2013): "Water abstraction charges as a water management tool". *Irrigation and Drainage*, Vol. 62, N° 4: 477-487.
- Grafton, R.Q., Garrick, D.E. y Horne, J. (2017): *Water Misallocation: Governance Challenges and Responses*. Draft Policy Report. The World Bank. Washington D.C.
- Herrador, D. y Dimas, L. (2001): *Valoración económica del agua para el Área Metropolitana de San Salvador*. Prisma. San Salvador.
- Kraemer, R.A., Castro, Z.G., Da Motta, R.S. y Russell, C. (2003): *Economic instruments for water management: Experiences from Europe and implications for Latin America and the Caribbean*. Interamerican Development Bank. Washington, D.C.
- Massarutto, A. (2003): "Water pricing and irrigation water demand: economic efficiency versus environmental sustainability". *European Environment*, Vol. 13, N° 2: 100-119.
- Molinos-Senante, M. y Donoso, G. (2016): "Water scarcity and affordability in urban water pricing: A case study of Chile". *Utilities Policy*, Vol. 43: 107-116.
- OECD (2010): *Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services*. OECD Publishing.
- OECD (2015): *OECD Studies on Water Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities*. OECD Publishing.
- Oliva, J.A. (2018): "Análisis sobre la situación del subsidio y las tarifas de ANDA". *Análisis Económico, FUSADES*, N°. 39: 1-22.

- PNUD (2006): *El Agua. Una valoración económica de los recursos hídricos de El Salvador. Cuaderno sobre Desarrollo Humano No. 5*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, San Salvador.
- Rogers, P., Bhatia, R. y Huber, A. (1998): *Water as a social and economic good: How to put the principle into practice*. Global Water Partnership, Stockholm.
- Rogers, P., De Silva, R. y Bhatia, R. (2002): "Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability". *Water Policy*, Vol. 4, N° 1: 1-17.
- Turner, R.K., Georgiou, S., Clark, R., Brouwer, R. y Burke, J.J. (2004): *Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management*. Food and Agriculture Organization, Roma.
- TYPSA - TECNOMA-ENGECORPS y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2017): *Plan nacional de gestión integrada del recurso hídrico de El Salvador*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador.
- UNESCO (2006): *El agua, una responsabilidad compartida: 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Sociedad Estatal Expoagua Zaragoza. Zaragoza.
- Van der Zaag, P. y Savenije, H.H. (2006): "Water as an economic good: the value of pricing and the failure of markets". *Research Report Series*, N° 19. UNESCO-IHE. Delft.

8. ANEXOS

Anexo A. Estudios de elasticidad precio de la demanda de agua.

<i>Autor</i>	<i>Estudio</i>	<i>Elasticidad precio demanda</i>
Uso doméstico		-0,35 ANDA; -0,6 Sist. Comunit.
Nauges y Whittington (2009)	Estimation of Water Demand in Developing Countries: An Overview	Urbana: -0,3 a -0,6 Rural: n.d. suficientes
Strand y Walker (2005)	Water Markets and Demand in Central American Cities	Hogares con conexión domiciliar: -0,3 Hogares sin conexión: -0,1
Nauges y Strand (2007)	Estimation of non-tap water demand in Central American cities (Sonsonate, Santa Ana y San Miguel en El Salvador y Tegucigalpa)	Hogares con conexión: -0,2 Hogares sin conexión: -0,6
Walker (2000)	Pricing, subsidies and the poor. Demand for improved water services in Central America	Estimación precio al que consumo sería 30 m ³ /mes: 0,63 \$/m ³ (con precio inicial de 0,18 \$/m ³)
Komives (2006)	Agua, electricidad y pobreza. Quién se beneficia de los subsidios a los servicios públicos (BM). <i>Estimación basada en información de estudios de 43 estimaciones separadas de elasticidad de 13 países en desarrollo, 7 de ellos latinoamericanos.</i>	Agua residencial: -0,38
Calles (2014)	El valor del agua que producen los bosques y cafetales en la subcuenca del río Acelhuate	Agua residencial: -0,258 (de un estudio de Costa Rica con patrones de consumo y respuesta a cambios en tarifa de agua similares)
Salazar (2010)	Factores que afectan la demanda de agua para uso doméstico en México	-0,33
Guzmán (2011)	Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México	-0,0118
Briseño (2016)	Factores asociados al consumo urbano de agua en México: La importancia de la tarifa	-0,21
Olmstead (2010)	The economics of managing scarce water resources. <i>Meta análisis</i>	de -0,51 a -0,41
Torres-Sombra (2013)	Response of the water demand to changes in the price: A study by type of consumer in Northern of Sinaloa, Mexico	-0,087
PNUD El Salvador (2006)	El agua. Una valoración económica de los recursos hídricos en El Salvador	-0,4
López Avendaño (2005)	Propuesta para un esquema de cánones para el aprovechamiento del recurso hídrico en Nicaragua	-0,2

Uso agrícola		-0,11
Calles (2014)	El valor del agua que producen los bosques y cafetales en la subcuenca del río Acelhuate	Caña de azúcar. Valor del agua 0,0099 \$/m ³
Guzmán (2006)	La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México	Riego por bombeo: -0,108 Riego por gravedad: -0,023
Schoengold (2004)	Panel Estimation of Agricultural Water Demand Based on an Episode of Rate Reform, Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics	de -0,415 a -0,275
Guzman (2010)	Análisis econométrico sobre el consumo de agua subterránea por el sector agropecuario en Guanajuato, México	Riego por bombeo: -0,052
Olmstead (2010)	The economics of managing scarce water resources. <i>Meta análisis</i>	USA: -0,48
Torres-Sombra (2013)	Response of the water demand to changes in the price: A study by type of consumer in Northern of Sinaloa, Mexico	-0,125
Resende Filho (2011)	Precificação da água e eficiência técnica em perímetros irrigados: uma aplicação da função insumo distância paramétrica	Frutales microaspersión: -1,4 Frutales superficie: -1,9
Uso industrial		-0,3
Komives (2006)	Agua, electricidad y pobreza. Quién se beneficia de los subsidios a los servicios públicos (BM)	Agua industrial: -0,54
Calles (2014)	El valor del agua que producen los bosques y cafetales en la subcuenca del río Acelhuate	Agua industrial: -0,3
Guzmán (2011)	Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México	-0,0869
Olmstead (2010)	The economics of managing scarce water resources. <i>Meta análisis</i>	de -0,15 a -0,29
García Rojas (2019)	Industrial Water Use in Mexico: Analysis of Efficiencies Using Water Price Elasticity	According to the result of the price elasticity of demand, there is no direct relationship between an increase in tariff and water demand.
Torres-Sombra (2013)	Response of the water demand to changes in the price: A study by type of consumer in Northern of Sinaloa, Mexico	-0,0054
Chirinos (2017)	Estimación de la demanda de agua de usuarios con fuente propia en Perú: Una aproximación econométrica usando datos de panel	-0,14

Tobarra-González (2018)	The Value of Water in the Manufacture Industry and its Implications for Water Demand Policies	-1,1
Campos (2011)	Design and Incorporation of Economic Incentives in Nicaraguan Policies to Improve the Efficiency of Water Consumption at the Industrial Level	-0,28
López Avendaño (2005)	Propuesta para un esquema de cánones para el aprovechamiento del recurso hídrico en Nicaragua	-0,5 (para agua suministrada por ENACAL)
Féres (2005)	Assessing the impact of environmental regulation on industrial water use: Evidence from Brazil.	-1
Uso industrial	Centrales térmicas	-0,7
Dupont-Renzetti (2001)	The Role of Water in Manufacturing (Canada)	-0,79