

_ARTÍCULO



“Yalu” Libro-Objeto, escena 1.

Mynor Abraham Steed Barrios Sosa; Jimena Saenz Tobar, estudiantes del curso Proyecto de Integración primer ciclo, año 2023. Licenciatura en Diseño Gráfico, Escuela de Diseño Gráfico, Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, bajo la dirección de la profesora Sara Mishell Cruz Ortiz.

El agua como bien de intercambio comercial. Posibilidades para un mercado de bonos de agua virtual en Guatemala.

Water as a tradable economic good

Possibilities for a virtual water bonuses market in Guatemala.

Diego Armando Junior López Castillo*
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<https://orcid.org/0009-0001-3413-2912>
Guatemala, Ciudad de Guatemala.



Fecha de recepción: 11 de enero de 2023.
Fecha de aceptación: 22 de abril de 2023.
Correo: diego.lopez@farusac.edu.gt

Resumen

Los problemas ambientales de Guatemala requieren, en ocasiones, ser abordados de formas que, en países en vías de desarrollo, aún son consideradas disruptivas, aunque en otros más desarrollados tengan varios años de existir como una opción. En el presente artículo se explorará, por medio de una revisión exhaustiva del conocimiento existente, la forma en que el agua virtual, un concepto simple pero con mucha utilidad, puede ser usada, tanto a nivel conceptual como a nivel técnico, como una herramienta para el posible establecimiento de un sistema equivalente al de los bonos de carbono, que busque la comercialización internacional de bonos de agua, en un mercado de bonos de agua. El siguiente paso, y el más complejo, sería lograr la incorporación de un sistema de esas características en un país en vías de desarrollo como Guatemala. Para determinar si es posible, o no, el establecimiento de un mercado de bonos de agua, se revisarán, desde una portura hermenéutica-interpretativa, los conceptos y teorías relacionadas, pudiendo así contar con la información necesaria para responder a la interrogante de si existe la posibilidad de establecer un mercado de bonos de agua en Guatemala.

Palabras clave:

Agua virtual, huella hídrica, balance hídrico, mercado, bonos de agua.

* Arquitecto graduado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con Maestría en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental en la misma institución. Docente de la Licenciatura en Arquitectura y de la Escuela de Estudios de Postgrados de la Facultad de Arquitectura, impartiendo cursos relacionados con la evaluación ambiental y sostenibilidad. Ha ocupado puestos relacionados a la gestión ambiental entre ellos, asesor ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, consultor ambiental independiente, jefe del Departamento de Ambiente de la Universidad de San Carlos de Guatemala y, actualmente, Jefe del Departamento de Economía Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Abstract

Guatemala's environmental problems sometimes need to be addressed in ways that, in developing countries, are still considered disruptive, although in more developed countries they have existed as an option for several years. This article will explore, through an exhaustive review of existing knowledge, the way in which virtual water, a simple but very useful concept, can be used, both conceptually and technically, as a tool for the possible establishment of a system equivalent to that of carbon credits, which seeks the international commercialization of water credits, in a market for water credits. The next step, and the most complex, would be to achieve the incorporation of a system of these characteristics in a developing country like Guatemala. In order to determine whether or not it is possible to establish a water bond market, the related concepts and theories will be reviewed from a hermeneutic-interpretative point of view, thus being able to count on the necessary information to answer the question of whether there is the possibility of establishing a market for water bonds in Guatemala.

Keywords:

Virtual water, water footprint, water balance, market, water bonds.

Introducción

El agua es esencial para la vida y es considerada, desde el punto de vista económico, como un bien escaso, pues existe una cantidad limitada del recurso a nivel mundial. Muchas actividades humanas, incluyendo la construcción, requieren del uso de agua y la distribución y uso del recurso se orienta, en un porcentaje mayor, hacia actividades agrícolas e industriales.¹ Conociendo la importancia del recurso hídrico para el desarrollo de la vida, es contradictorio leer estadísticas que hacen ver que su uso está orientado siempre hacia las principales actividades económicas de un territorio. Alberto Grajales, Álvaro Jaramillo y Gabriel Cruz, por ejemplo, indican que «Alrededor de un 70% del agua extraída en el mundo se emplea en la agricultura; en algunas regiones esta cifra supera el 80%.»² El agua ocupa tres cuartas partes de la superficie del planeta, sin embargo, no toda puede ser consumida por el ser humano. Del agua presente en la superficie terrestre, según Bosque Maurel, «... sólo un 3% es agua dulce, frente a un 97% de agua salada... de ese 3%, nada más una tercera parte (1%) corresponde a las aguas que, en forma de ríos, lagos u cursos subterráneos, discurre por la Troposfera ... ya que el resto (2%) está congelado en glaciares de montaña y casquetes polares.»³ El agua es, entonces, un bien escaso, necesario para la vida y en peligro. A pesar de esto, su distribución prioriza los fines económicos sobre las necesidades humanas básicas. Citando nuevamente a Quintero, Jaramillo y Cruz, en una de las reflexiones presentes en el documento, «Cuando más del 75% del caudal de los ríos se desvía con fines agrícolas, industriales y municipales, simplemente no hay agua suficiente para atender las demandas humanas y las necesidades del caudal ambiental»⁴.

Merece la pena mencionar lo indicado por Segeplan en relación al estudio de los usos del recurso hídrico en Guatemala, en cuanto a que «La importancia del agua para los diversos ecosistemas del país, aún no ha sido específicamente estudiada ...»⁵ incluso añadiendo que «La contribución del agua a la economía es directa y significativa; sin embargo, no se asumen las externalidades ni positivas ni negativas, lo cual permite prácticas ineficientes de uso y promueve el deterioro del recurso.»⁶ En síntesis, como país se reconoce la importancia del recurso hídrico para el desarrollo de la vida y de la economía, sin embargo, no existen políticas públicas que orienten los recursos económicos derivados de su uso hacia planes, programas o proyectos que garanticen su protección.

El Agua Virtual, como concepto teórico, surge en 1993, y es utilizado para referirse al agua contenida dentro de un producto, bien o servicio. El agua virtual no es

¹ Joaquín Bosque Maurel, «El agua como recurso escaso y sus problemas en la España actual», *Estudios Geográficos* 69, núm. 265 (2008): 453–93, <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0436>.

² Alberto Grajales Quintero, Álvaro Jaramillo Robledo, y Gabriel Cruz Cerón, «Los nuevos conceptos sobre 'agua virtual' y 'huella hídrica' aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico», *Revista Agronomía* 16, núm. 1 (2008): 7–26, <http://agronomia.ucaldas.edu.co>.

³ Maurel, «El agua como recurso escaso y sus problemas en la España actual».

⁴ Grajales Quintero, Jaramillo Robledo, y Cruz Cerón, «Los nuevos conceptos sobre 'agua virtual' y 'huella hídrica' aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico».

⁵ Byron Haroldo Contreras Marín, «Marco conceptual ambiental Programa de Desarrollo Económico desde lo rural Guatemala», (SEGEPLAN, Guatemala, 2005).

⁶ Gobierno De La República De Guatemala, Secretaría De Planificación Y Programación De La Presidencia, Banco Interamericano De Desarrollo «Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala», 2006. edición en PDF, 45-66.

únicamente el agua contenida en dicho producto sino la cantidad de agua que ha sido utilizada para generarlo.⁷ Este concepto tiene el potencial de convertirse en un indicador ambiental tanto o más relevante que el de los bonos de carbono, para el cual puede incluso establecerse un mercado internacional. Se podría pensar en términos equivalentes como bonos de agua virtual, un mercado de agua virtual, y compra y venta de bonos de agua virtual, como posibles aproximaciones al desarrollo de políticas que permitan garantizar la justicia en la distribución del agua y que asegure que se destinen recursos financieros provenientes de ese proceso de compra y venta de agua virtual hacia planes, programas y proyectos que busquen garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, y que logren que el impacto al ambiente, y al recurso hídrico, de todas las actividades humanas, incluyendo la construcción, puedan ser mitigados.

En el presente artículo se explorará el recurso hídrico, desde el punto de vista de un bien escaso, las implicaciones de la escasez sobre el sacrificio de otros recursos; las formas en que el agua virtual puede convertirse en un indicador tanto ambiental como económico, los esfuerzos que se han hecho en ese respecto en otros países, y las posibilidades que existen en Guatemala para lograr establecer un mercado de bonos de agua virtual, adoptando una postura hermenéutica-interpretativa y aplicando el método del mismo nombre, con la finalidad de responder a la pregunta: ¿Es posible crear en Guatemala un mercado de bonos de agua virtual, como una alternativa para el desarrollo de políticas públicas que busquen mejorar el estado del recurso hídrico en la actualidad, y su conservación hacia el futuro?

Desarrollo

Para determinar si es posible crear, en Guatemala, un mercado de bonos de agua virtual, como una alternativa para el desarrollo de políticas públicas que busquen mejorar el estado del recurso hídrico en la actualidad, y su conservación hacia el futuro, y tomando en cuenta que se trata de una investigación cualitativa, se hace necesario recurrir al método hermenéutico interpretativo, mismo que, parafraseando a Vargas Beal, es un enfoque de investigación que busca comprender el significado detrás de los textos y las experiencias vividas. Este proceso involucra una comprensión profunda del contexto y los valores culturales que rodean al objeto de estudio. A través de un diálogo crítico entre el investigador y el texto o la experiencia analizada, se busca construir un conocimiento reflexivo y profundo sobre el fenómeno estudiado. En palabras de Vargas Beal, «La postura epistemológica hermenéutico-interpretativa, en plena sintonía con la investigación cualitativa, no busca verdades absolutas, sino la construcción de un sentido que pueda ser compartido respecto de la realidad investigada»⁸. La investigación no persigue buscar una verdad absoluta sobre ninguno de los temas que aborda, sino conocer, interpretar y encontrar similitudes entre los bonos de carbono, que ya cuentan con un mercado de intercambio, y los bonos de agua virtual, observando necesariamente de manera subjetiva los aspectos de interés de la investigación, en este caso por medio de la investigación bibliográfica, y que produce

⁷ María J. Beltrán y Esther Velázquez, «La Ecología Política del agua virtual y huella hídrica. Reflexiones sobre la necesidad de un análisis crítico de los indicadores de flujos virtuales de agua en la economía», *Revista de Economía Crítica REC*, no. 20 (2015): 44–56, <http://www.revistaeconomicacritica.org>.

⁸ Xavier Vargas Beal, *¿Cómo hacer investigación cualitativa?*, ed. ETXETA (Jalisco, Mexico: ETXETA, SC, 2011).

como resultados categorías (patrones, nodos, ejes, etc.) y una relación estructural y/o sistémica entre las partes y el todo de la realidad estudiada.

El agua, como todos los bienes escasos, es sujeta de cuantificación, movimiento y es transaccionable, es decir, puede comprarse y venderse, en la forma de bonos. Este esquema de asignar a un recurso natural un sentido de propiedad fue utilizado para establecer el mercado de bonos de carbono. Un bono de carbono representa una cantidad de gases no emitidos, o retenidos en bosque, y otorga a quien lo compre un cierto derecho de propiedad sobre la porción de la atmósfera que absorbería dichos gases. Si bien no es posible pensar en dividir la atmósfera, y vender las partes, este sentido de propiedad abstracto permitió que los recursos monetarios de la compra y venta de bonos de carbono se canalizaran hacia la siembra de nuevos bosques y la conservación de los bosques existentes. El mismo esquema teórico puede usarse para el recurso hídrico, por medio de los bonos de agua virtual.

Si bien en el presente artículo no se abordarán los requerimientos de cuantificación, financieros e institucionales que se requerirían para que exista un mercado de bonos de agua virtual, si se explorarán los conceptos y teorías existentes, con la finalidad de determinar si puede existir un mercado con estas características en Guatemala, conocer las limitaciones que el país tiene para lograrlo y establecer los beneficios que esto tendría para la gestión del recurso hídrico del país.

La escasez del agua

Afirmar que el agua es un bien escaso implica reconocer dos circunstancias del recurso; una, que la cantidad de agua disponible en el planeta es, ha sido y será siempre la misma; no existe forma de fabricar agua nueva y el agua que utilizamos, que disponemos en los ríos, que termina en los océanos y que se evapora y se precipita nuevamente en forma de lluvia, es la misma que nuestros antepasados vieron caer y usaron; la otra, que como todo bien escaso, su mala gestión, con políticas públicas no que permitan su conservación, distribución y uso equitativo, puede convertirse en fuente de incertidumbre, dificultades, levantamientos sociales e, incluso, en escenarios más pesimistas, puede convertirse en el centro de la siguiente gran guerra.

Conviene, antes de profundizar en la escasez del agua y el abordaje que se esperaría de un bien limitado y vital, definir qué es un bien escaso. Podría pensarse, de forma errónea, que un bien escaso es uno que se encuentra en poca cantidad. En realidad, desde el punto de vista económico, escasez significa una existencia limitada de un bien, es decir, que existe en una cantidad determinada y no puede haber más, por lo que su uso y distribución puede ser sujeto de estudio. Manuel Ayau Córdón, en el libro *El Proceso Económico*, establece seis premisas de la cooperación social, mismas que considera como la base de la productividad. Si bien la investigación no tendrá un enfoque económico, merece la pena tomar lo indicado en la tercera premisa, para comprender la escasez. Ayau lo explica de la siguiente forma:

Premisa 3. Vivimos en un mundo donde todo, menos el aire (por ahora), es escaso... La escasez se refiere también a la forma distinta en que están distribuidos los recursos naturales, pues hay áreas donde no hay y otras

donde los hay en abundancia. Ello implica que para combinarlos es menester incurrir en costos de transporte, además de su preparación para poder ser combinados. Para utilizar unos recursos es necesario sacrificar otros, debido a esta escasez...⁹

Los bienes escasos son, entonces, los que existen en cantidad limitada y, en el caso particular de los recursos naturales, el uso de un recurso implica, casi siempre, el sacrificio de otro. A esto los economistas le llaman el costo de oportunidad, o el sacrificio de un recurso para el disfrute de otro. En el caso del agua, por ejemplo, la sola existencia del recurso no es suficiente para su uso por parte de los seres humanos. Es necesario contar con obras de captación, transporte y distribución del agua y esto provoca un desgaste o sacrificio en recursos como el suelo, la capa vegetal, la flora y la fauna. La escasez de recursos como el agua, entonces, no afecta únicamente a este recurso sino a los que es necesario utilizar para su disfrute. El único recurso natural que, por ahora, no se considera escaso por no requerir de otro recurso para utilizarlo, es el aire. La sola acción de respirar permite su uso, sin dañar o deteriorar ningún otro recurso natural.

En países ubicados dentro de los trópicos, como Guatemala, es común notar en la población un desdén hacia el recurso hídrico, si bien puede tratarse de algo inconsciente. En estas regiones del mundo el agua es más abundante que en otras, llueve seis meses del año en cantidades considerables y el problema está principalmente en su distribución. De forma involuntaria, sin prestar mucha atención a lo que se hace, los pobladores de países considerados tropicales acceden al agua únicamente con la acción de abrir una llave, sin reparar en el recorrido del líquido desde el punto de origen hasta su artefacto, en las obras de ingeniería civil que fueron necesarias para captarla, transportarla y distribuirla; en las acciones necesarias para garantizar su calidad para el consumo humano y, con seguridad, sin tomarse el tiempo para pensar si llega en igual cantidad y calidad a sus vecinos, amigos y familiares. El uso del recurso hídrico en países como Guatemala es automático y se da por sentado que al abrir cualquier llave se obtendrá agua y se utiliza sin pensar en los usos que se le da, en la cantidad que se usa, en la calidad con la que se le devuelve al ambiente o si su uso puede evitar o limitar el acceso de las futuras generaciones al agua en igual cantidad y calidad.

Como se mencionó antes, la escasez no se refiere únicamente a la existencia limitada del recurso sino a la forma en que está distribuido. En algunos aspectos, esta distribución surge de las políticas públicas, de las decisiones de los gobiernos locales y centrales, en cuanto a la inversión en proyectos de captación, transporte y distribución de agua. En otros, sin embargo, esta distribución, en apariencia discriminatoria, del recurso hídrico, proviene de procesos naturales y climáticos, y de realidades geográficas de los territorios. En Guatemala, por ejemplo, existen regiones en las que puede considerarse que se tiene un excedente de agua, al punto de existir la necesidad de la construcción de obras civiles importantes para la evacuación del agua de lluvia. Tal

⁹ Manuel Ayau Cordón, *El Proceso Económico. Descripción de los mecanismos espontáneos de la colaboración social*, 5ta. edición Guatemala: Editorial Centro de Estudios Económico-Sociales, 2003), p. 43.

es el caso de la región del país conocida como boca costa, la franja territorial ubicada entre la sierra madre y el océano pacífico, donde el agua existe en exceso, por la lluvia, por todos ríos que desembocan en el océano y por otros factores climáticos y geográficos. En contraste, en la región conocida como corredor seco, ubicada entre los departamentos de Jalapa, Chiquimula y Zacapa, la precipitación pluvial es mucho menor, por debajo del promedio nacional, pudiendo existir épocas prolongadas de ausencia de lluvia, situación que provoca la reducción del caudal de los ríos, desaparición de otros cuerpos de agua superficiales y complicaciones para la extracción de agua del subsuelo por ausencia de recarga hídrica.

Según información del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología -Insivumeh-, en la región de la boca costa se registró un promedio de precipitación, durante el año 2021, mayor a 500 mm, mientras que, en la región del corredor seco, en el mismo tiempo, se registró una precipitación promedio de entre 76 mm y 100 mm. La realidad del agua como recurso escaso incluye, entonces, aspectos naturales y geográficos que no guardan ninguna relación con las decisiones de los gobiernos o las políticas públicas sobre la inversión en obras que permitan su distribución. Resulta evidente, al revisar las estadísticas disponibles sobre acceso a los servicios básicos, sobre mortalidad infantil y salud de la población, que la escasez del recurso hídrico en Guatemala existe por una combinación de razones naturales, geográficas y de gobernanza, situación que hace pensar que la protección del agua debería ser una prioridad para la población, en lo particular, y para los gobiernos, en lo general.

Una de las dificultades más importantes, y más complejas de abordar, relacionadas al acceso al agua, radica en que se requiere de la aceptación generalizada de un concepto conocido, aceptado como cierto, pero poco practicado: la solidaridad. Así lo explican Nuria Belloso Martín y Saulo Tarso Rodríguez en el artículo, publicado en la revista *Amazonia Legal* de estudios sócio-jurídico-legais:

Buena parte de las discusiones sobre justicia en la filosofía política contemporánea acaban desembocando en el análisis del respectivo peso y alcance de dos valores internos a la justicia, como son la libertad o autonomía personal y la igualdad. Concretamente, aplicando los diversos modelos de justicia... a la distribución de recursos hídricos, nos topamos con la igualdad y la desigualdad y, por ende, con el principio de solidaridad, como fórmula para compensar las desigualdades. El principio de la solidaridad deriva del de fraternidad en la clásica tríada de la Revolución Francesa: *liberté, égalité, fraternité*. Libertad e igualdad han perdurado a lo largo de la historia... No sucede lo mismo con el principio de la fraternidad –reconvertido en solidaridad–. Es un principio muy invocado, pero de vaga concreción.¹⁰

¹⁰ Nuria Belloso Martín y Saulo Tarso Rodrigues, «El agua, bien escaso. Algunas reflexiones a partir de la teoría de la justicia», *Revista Amazonia Legal de estudos sócio-jurídico-ambientais* 6, núm. Enero/Junio 2015 (2015), <https://www.todamateria.com.br>.

Se han ideado procesos y tecnologías que permiten, en casos extremos, el trasvase o traslado de agua de una cuenca con excedente a una cuenca con déficit. Incluso, en países en vías de desarrollo como Guatemala, no es difícil pensar en la posibilidad de utilizar el presupuesto del país, solicitar ayuda internacional, o aceptar un préstamo de alguna entidad como el Banco Mundial, para financiar un proyecto que permitiera el trasvase de agua de alguna de las cuencas con excedente, por ejemplo, en el área de Izabal, hacia áreas con déficit como el corredor seco. Llevar un proyecto de este tipo a la realidad, sin embargo, requiere de la existencia explícita o tácita de solidaridad por parte de quienes habitan en la región a la cual se le extraería el agua en exceso y es en ese aspecto donde este tipo de ideas pierden toda viabilidad. No es posible, por la misma naturaleza humana, pensar en que una población acepte ceder un recurso natural que consideran propio. El agua seguirá siendo un recurso natural escaso desde todos los puntos de vista y cualquier idea o propuesta que pretenda tener éxito en reducir la escasez, democratizando el acceso en calidad y cantidad, debe tomar en cuenta aspectos técnicos y científicos; teóricos y temáticos; sociales, culturales y políticos.

El agua es esencial e irremplazable, y está en abandono

El agua es indispensable para la vida en el planeta y a pesar de existir información técnica y científica que permite afirmarlo, con la profundidad teórica que se requiera, en este punto de la investigación se abordará desde el punto de vista de la relación entre la escasez, la esencialidad, y la realidad del recurso hídrico. Es posible asegurar que todos los seres vivos, de los diferentes reinos y clases, de todos los hábitats y de todas las regiones del planeta, requieren de agua para subsistir. Un porcentaje considerable de la masa corporal de todos los seres vivos está compuesta de agua, y todo el reino vegetal depende de este recurso para existir. Es difícil estimar cuanto tiempo puede sobrevivir un ser humano sin consumir agua, pues requeriría de experimentación de dudosa ética, sin embargo, por lo indicado antes, puede inferirse que no sería mucho. Todas las fuentes conocidas de alimentación para las personas, de igual forma, dependen del agua para existir: la agricultura, la ganadería, la industria y la agroindustria; todas dependen de ella.

Los humanos, entonces, dependen del recurso hídrico desde varios puntos de vista, para su consumo directo, para sus fuentes de alimentación y para sus actividades diarias, principalmente la limpieza y saneamiento. El agua ocupa tres cuartas partes de la superficie del planeta, sin embargo, no toda puede ser consumida por el ser humano. Del agua presente en la superficie terrestre, según Bosque Maurel, «... sólo un 3% es agua dulce, frente a un 97% de agua salada... de ese 3%, nada más una tercera parte (1%) corresponde a las aguas que, en forma de ríos, lagos u cursos subterráneos, discurre por la Troposfera ... ya que el resto (2%) está congelado en glaciares de montaña y casquetes polares».¹¹

Resultaría lógico asumir, con las consideraciones anteriores, que el agua es el recurso natural más protegido, custodiado, cuidado y venerado de todos; es el único recurso natural que puede considerarse vital. La realidad, en contraste, es lo opuesto. El re-

¹¹ Joaquín Bosque Maurel, «El agua como recurso escaso y sus problemas en la España actual». *Estudios Geográficos* 69, no. 265 (2008): 453-93, <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0436>.

curso hídrico recibe presiones desde todas las actividades humanas, sin excepción, pues requieren del uso de agua y la distribución y uso del recurso se orienta, en un porcentaje mayor, hacia actividades agrícolas e industriales.¹² Es común escuchar la preocupación sobre la posibilidad de una “guerra por el agua” aun cuando los autores no citen claramente a qué se refieren con dicha afirmación. Conociendo lo esencial e irremplazable del recurso hídrico para el desarrollo de la vida, es contradictorio leer estadísticas que hacen ver que su uso está orientado en mayor parte hacia las principales actividades económicas de un territorio. Quintero, Jaramillo y Cruz, por ejemplo, indican que «Alrededor de un 70 % del agua extraída en el mundo se emplea en la agricultura; en algunas regiones esta cifra supera el 80 %».¹³

El agua es, entonces, un bien escaso y necesario para la vida, cuyos usos principales están enfocados en todo, menos en los usos vitales. La distribución del agua prioriza los fines económicos sobre las necesidades humanas básicas. Citando nuevamente a Quintero, Jaramillo y Cruz, en una de las reflexiones del documento citado con anterioridad, «Cuando más del 75 % del caudal de los ríos se desvía con fines agrícolas, industriales y municipales, simplemente no hay agua suficiente para atender las demandas humanas y las necesidades del caudal ambiental».¹⁴

Es importante, además de estudiar al agua como un recurso escaso, lo cual ha sido el tema principal de este apartado, entenderla como un *commodity*¹⁵ o un bien de intercambio que puede ser comercializado; también como un recurso mal distribuido o, en todo caso, distribuido en beneficio de usos no esenciales para la vida como la agricultura, industria y agroindustria. Hoekstra, en una publicación relacionada con flujos de agua virtual entre países, realiza una afirmación más directa, indicando que el agua debe ser considerada un bien comercial,¹⁶ y como tal, su importación y exportación puede ser medida y utilizada como un indicador macroeconómico de los países. Este tratamiento del agua como un bien comercializable, desde el punto de vista macroeconómico, es abordado más adelante en la investigación, sin embargo, se consideró importante mencionarlo en este punto pues es necesario comprender todas las facetas desde las que el recurso hídrico puede ser estudiado.

Todas las actividades humanas necesitan agua

Existe una relación directa entre los problemas del agua, y la estructura económica mundial¹⁷ y esta relación ha sido estudiada para los usos más importantes e

¹² Joaquín Bosque Maurel, «El Agua Como Recurso Escaso y sus Problemas en la España Actual» *Estudios Geográficos* 69, no. 265 (2008): 453–93, <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0436>.

¹³ Alberto Grajales Quintero, Álvaro Jaramillo Robledo y Gabriel Cruz Cerón, «Los Nuevos Conceptos sobre Agua Virtual y Huella Hídrica aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico», *Revista Agronomía* 16, no. 1 (2008): 7–26, <http://agronomia.ucaldas.edu.co>.

¹⁴ Grajales Quintero, Jaramillo Robledo, y Cruz Cerón, «Los Nuevos Conceptos Sobre 'Agua Virtual' Y 'Huella Hídrica' Aplicados Al Desarrollo Sostenible: Implicaciones De La Agricultura En El Consumo Hídrico». 2015.

¹⁵ La palabra en inglés *commodity* es utilizada para referirse a bienes estandarizados que pueden ser comercializados en la bolsa de valores sin distinción de su origen. Este tipo de bienes son de tipo genéricos, es decir, no tienen una diferenciación entre sí. Normalmente cuando se habla de *commodities*, se habla de materias primas o bienes primarios. Definición tomada del sitio web www.finanzas.com consultado el 29 de agosto de 2020.

¹⁶ A Y Hoekstra y P Q Hung, «Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade», 2002.

¹⁷ Rosario Ambrogi Román, «Agua virtual y desarrollo sostenible», REICE, Revista electrónica de Investigación en ciencias económicas, 5, num 10 (2018): 156–72, <https://doi.org/10.5377/reice.v5i10.5536>.

intensivos que se hacen del recurso, como agricultura, industria, agroindustria, industrias extractivas, monocultivos. Es necesario profundizar en el conocimiento del estado del agua y de las formas en que se puede gestionar su uso, distribución y accesibilidad, dentro del país y entre países, y en otras disciplinas y actividades económicas además del agro y la industria, apegándose siempre a políticas públicas que busquen garantizar la posibilidad de acceder al recurso de forma equitativa en cantidad y calidad.

Todos los usos del agua mencionados forman parte de la huella hídrica de un país o territorio, aun cuando la forma en que dividen varíe, y dicha huella hídrica puede entenderse como el nivel teórico de presión que los usos del agua provocan hacia el ambiente y hacia los recursos naturales. Si bien la huella hídrica no es el único concepto que agrega presión sobre los ecosistemas, es uno de los que se puede entender como presente en la mayor parte de actividades humanas sin importar el sector económico del que se trate. El uso del agua y su impacto y presión sobre el ambiente sigue siendo un tema poco estudiado en Guatemala, incluso Segeplan afirma que «La importancia del agua para los diversos ecosistemas del país, aún no ha sido específicamente estudiada; se asume constituye elemento fundamental de éstos y, por ende, de la existencia de las especies de flora y fauna del país...».¹⁸

Al no contar con estudios específicos que puedan aportar conocimiento sobre la cantidad relativa de aporte a la huella hídrica que cada actividad económica tiene, no pueden existir políticas públicas que permitan resolver los problemas del uso del recurso hídrico y balance de la huella hídrica. En la Figura 1 se esquematiza el aporte de las distintas actividades económicas a la huella hídrica y la presión que ocasionan al ambiente, y puede apreciarse que los mismos deben asumirse como equivalentes o iguales debido a la falta de análisis más detallados. Como indica Segeplan y, como se ha discutido con anterioridad, el agua se asume como esencial para la vida y, como tal, debería ser abordada en la agricultura, industria, y el resto de los sectores de la economía. Dentro de los usos del agua plasmados en la Figura 1, se incluye la expansión urbana, en el cual se ubican los usos derivados de la arquitectura y, por lo tanto, de la construcción.



Figura 1. Usos del agua y su contribución a la huella hídrica y a la presión sobre el ambiente
Fuente: Elaboración propia.

¹⁸ «Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala».

Desde el punto de vista teórico, pueden establecerse tres niveles de presión hídrica a causa de las actividades humanas. El primer nivel corresponde a la huella hídrica en su totalidad, el segundo nivel corresponde a los usos esenciales y no esenciales. El tercer nivel, por su parte, corresponde a la subdivisión de los usos no esenciales en: industria, agro y expansión urbana; y los usos esenciales en el agua para consumo humano. Estos tres niveles teóricos de presión del uso del agua sobre el ambiente, como puede verse en la Figura 2, conforman un mismo esquema de relación entre las distintas actividades económicas que hacen uso del recurso hídrico.

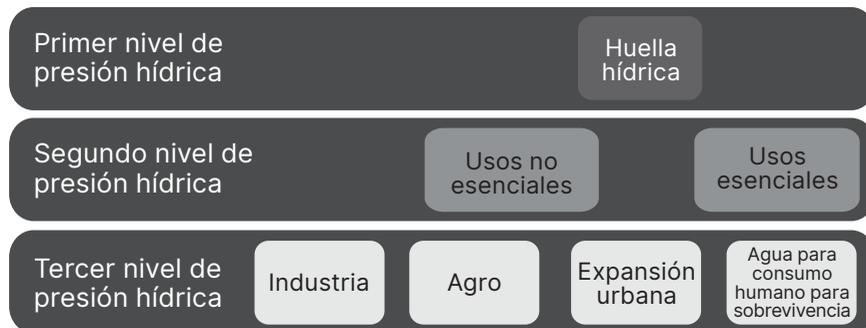


Figura 2. Niveles de presión hídrica. Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó antes, existe una relación directa entre la actividad económica de un territorio y los problemas con el recurso hídrico. Esto es cierto también para Guatemala, en donde se agregan componentes de falta de justicia ambiental y de políticas públicas que permitan que la relación directa que existe entre economía y recurso hídrico se traduzca en una mayor inversión en planes, programas y proyectos relacionados con la conservación del agua y el balance hídrico. De hecho, Segeplan afirma que «La contribución del agua a la economía es directa y significativa; sin embargo, no se asumen las externalidades ni positivas ni negativas, lo cual permite prácticas ineficientes de uso y promueve el deterioro del recurso. La inversión pública en la gestión del agua no guarda relación con sus aportes actuales y potenciales a la economía»,¹⁹ lo cual permite asegurar que, en la realidad actual, la inversión pública con relación a la preservación del recurso hídrico no es congruente con la importancia que dicho recurso tiene para el desarrollo de la actividad económica. El tema de la huella hídrica, sus componentes, base teórica e implicaciones para la investigación que se desarrolla, se abordará de forma amplia en apartados posteriores.

Algunos autores aseguran que los problemas del déficit de agua, por un lado, y del superávit de agua, por otro; así como la reducción de la calidad del agua a nivel mundial, podrían ser resueltos si el recurso fuera tratado apropiadamente como un bien de intercambio comercial, comprendiendo que el agua dulce es un bien escaso, y debería ser tratado como tal desde el punto de vista macroeconómico. Por lo anterior, es necesario desarrollar herramientas y conceptos que permitan tener el recurso hídrico

¹⁹ «Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala».

como un bien económico comercializable que pueda ser importado y exportado entre países.²⁰ De estas posibilidades se discutirá poco en el presente documento, pues no es el tema principal que se aborda, sin embargo, se consideró apropiado discutirlo de forma breve para agregar una faceta más al recurso hídrico: la de un bien comercial intercambiable.

Puede concluirse, de forma preliminar, que el agua es un recurso natural necesario para la vida, es también un bien escaso, utilizado por la mayor parte de los sectores económicos que agregan presión al ambiente, por lo que claramente merece ser estudiado a profundidad desde todos los puntos de vista posibles. En la presente investigación se abordará el tema desde la perspectiva de la evaluación ambiental y de la gestión ambiental, y se espera que se sigan desarrollando trabajos de investigación alrededor del agua desde todos los puntos de vista posibles. Hay mucho espacio aún para la generación de conocimiento en este ámbito, incluyendo el uso de agua para expansión urbana, el cual pertenece al tercer nivel de presión hídrica y dentro del cual se ubica la arquitectura y la construcción. Todas las actividades humanas requieren agua, pero ninguna se ha hecho responsable de garantizar que siga existiendo en cantidad y calidad para el final de la generación actual y para las generaciones futuras.

El agua virtual como bien de intercambio comercial

El Agua Virtual, como concepto teórico surge en 1993, y es utilizado para referirse al agua contenida dentro de un producto, bien o servicio. El agua virtual no es únicamente el agua contenida en dicho producto sino la cantidad de agua que ha sido utilizada para generarlo.²¹ Casi todos los productos, bienes o servicios, de todos los sectores económicos, requieren agua para su elaboración, y el agua utilizada en dicha producción (agrícola o industrial) es a lo que se le conoce como el agua virtual contenida en el producto.²² Al hacer la revisión literaria sobre el concepto de agua virtual es clara la similitud teórica entre lo que se propone en términos del potencial del agua virtual como bien de intercambio mundial, y lo que actualmente se ha logrado con el carbono y los bonos de carbono, para lo cual ya existe un mercado entre países. Una de las formas más efectivas de proteger un elemento del ambiente es convertirlo en un producto comerciable e intercambiable, aun cuando ese intercambio, en el caso del agua virtual, ocurra a nivel teórico y no con el producto en físico (es decir, no se importa y exporta realmente el agua de un país a otro, sino que se importa y exporta el agua virtual contenida en los productos y servicios intercambiados). El cálculo del agua virtual no es un asunto sencillo. Existen algunas metodologías propuestas por varios autores, enfocadas principalmente en cultivos (siento este el uso principal de agua a nivel mundial). Ambrogio Román dice que «El cálculo del agua virtual pasa a ser un método de medición del uso real del recurso hídrico para cada producto, que nos

²⁰ Hoekstra y Hung, «Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade». 2018.

²¹ María J. Beltrán and Esther Velázquez, «La Ecología Política del agua virtual y huella hídrica. Reflexiones sobre la necesidad de un análisis crítico de los indicadores de flujos virtuales de agua en la economía, » *Revista de Economía Crítica REC*, no. 20 (2015): 44–56, <http://www.revistaeconomiacritica.org>.

²² Hoekstra y Hung, «Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade». 2018.

permite valorar de qué forma el Estado está gestionando los recursos hídricos». ²³ haciendo ver que, además de proporcionar el dato de cuánta agua virtual está contenida en los productos importados y exportados por un país, estos cálculos permiten dar una idea general de la forma en que un país o región gestiona su recurso hídrico. Según la definición anterior, el agua virtual puede entonces convertirse en un indicador físico en términos de agua de la producción de un bien o servicio. El concepto puede también acercarse a la prestación de servicios (por ejemplo, el turismo). Se traduce en un indicador físico en el momento en que la cantidad física se relaciona con la producción de algo o prestación de algún servicio ²⁴ (por ejemplo, cantidad de litros de agua por cada libra de carne de res, cantidad de litros de agua por cada turista en un tour, y otros similares). El potencial mayor del concepto de agua virtual, sin embargo, se alcanza cuando se le relaciona con el comercio, pues facilita la obtención de información de los flujos de agua virtual entre países o regiones, pudiendo hablar de agua virtual importada y agua virtual exportada. De esta manera, el agua virtual se va configurando como un indicador que no sólo nos proporciona información sobre los requerimientos de agua de la producción, sino que se podría utilizar para analizar los flujos comerciales en términos de agua. ²⁵

El concepto de agua virtual tiene el potencial de convertirse en un indicador ambiental tanto o más relevante que el de los bonos de carbono, para el cual puede incluso establecerse un mercado internacional. Se podría pensar en términos equivalentes como bonos de agua virtual, un mercado de agua virtual, y compra y venta de bonos de agua virtual, como posibles aproximaciones al desarrollo de políticas que permitan garantizar la justicia en la distribución del agua y que asegure que se destinen recursos financieros provenientes de ese proceso de compra y venta de agua virtual hacia planes, programas y proyectos que busquen garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, y que logren que el impacto al ambiente, y al recurso hídrico, de todas las actividades humanas, incluyendo la construcción, puedan ser mitigados. Tomando en cuenta lo analizado con anterioridad, es posible también pensar en realizar análisis de importación y exportación de agua virtual relacionada con la expansión urbana y, por lo tanto, con la construcción de edificios, posiblemente relacionándolo con la proveniencia de los materiales utilizados, de la mano de obra, y de los sistemas constructivos utilizados. Al tratarse de un indicador físico, es posible trasladarlo desde donde se ha estudiado hasta ahora (la agricultura y la industria) hacia otros sectores de la economía como la expansión urbana, la construcción y la generación de nueva arquitectura. En este último punto, luego de la revisión literaria realizada, puede constatar que existe un vacío de conocimiento que merece la pena ser explorado.

La huella hídrica de una persona, comunidad, ciudad o país es la cantidad de agua virtual que consume dicha persona o colectividad en un determinado período de tiempo. La norma ISO 14046 del año 2014 determina la forma en que la huella hídrica debe ser calculada. ²⁶ A diferencia del concepto de agua virtual, la huella hídrica corresponde al

²³ Ambrogi Román, «Agua virtual y desarrollo sostenible». 2018.

²⁴ Beltrán and Velázquez, «La Ecología Política del agua virtual y huella hídrica. Reflexiones sobre la necesidad de un análisis crítico de los indicadores de flujos virtuales de agua en la economía.»

²⁵ Beltrán y Velázquez.

²⁶ Ramón Llamas Madurga, Pedro Martínez Santos, and Maite Martínez Aldaya, «Nuevos Paradigmas en la Política Mundial del Agua» consultado en línea, junio 20 del 2020 June 20, 2020, <https://www.researchgate.net/publication/301548184>.

resultado de sumar el agua virtual de una persona o conjunto de personas, y durante su cálculo pueden incorporarse las importaciones y exportaciones de agua virtual para obtener un dato más apegado a la realidad. También puede entenderse el concepto de huella hídrica como la suma del uso de agua para consumo directo (consumo humano), el agua virtual de los bienes y servicios que una persona o comunidad utiliza y los desperdicios o fugas de agua. La huella hídrica de la construcción está dada, entonces, por todos los usos mencionados anteriormente: el uso para consumo directo, es decir el agua utilizada para servicios sanitarios, limpieza consumo humano y actividades similares; el agua virtual, que no es evidente y queda principalmente en los materiales de construcción, en las mezclas y concreto, y otros procesos; y los posibles desperdicios. Los conceptos de agua virtual y huella hídrica son complementarios y útiles para comprender las posibilidades de comercialización de los flujos hídricos, y para proponer cómo una persona, un proyecto, una comunidad o un país, puede alcanzar el balance hídrico utilizando a su favor los movimientos teóricos que existen del agua virtual que se asume como intrínseca en un bien o servicio de intercambio. Ambrogio Román asegura que «Muchos países han externalizado significativamente su huella hídrica al importar bienes de otros lugares donde requieren un alto contenido de agua para su producción».²⁷ dando una idea general del potencial que tiene la aplicación de conceptos macroeconómicos de importación y exportación cuando se relacionan con el balance hídrico. Con la revisión bibliográfica realizada queda claro que, en su mayoría, los autores consideran que el agua virtual de mueve de país a país junto al bien o servicio al cual le pertenecen. Si un país exporta a otro una libra de carne de res, junto con dicho producto está exportando la cantidad de agua que se requirió para producirla. Este concepto de flujo hídrico es válido siempre que se conozca la cantidad de agua virtual que tienen los productos comercializados. Al analizarlo de esta forma, el agua virtual se convierte en un indicador tanto de las necesidades de agua según cada sector de la economía, como de los flujos comerciales internacionales en términos de agua.²⁸

Discusión: retos y posibilidades para el establecimiento de un mercado de bonos de agua virtual en Guatemala

Es posible pensar en un mercado internacional de agua virtual, equivalente al mercado que actualmente existe para el intercambio (compra y venta) de bonos de carbono. A pesar de no ser un concepto nuevo, el agua virtual aún abre una serie de posibilidades de generación de conocimiento nuevo, en algunas partes de su esquema teórico. En el caso de Guatemala, por ejemplo, aún no es posible pensar en un mercado nacional de intercambio de bonos de agua virtual, si la información sobre el estado del recurso hídrico aún no es certera y no se encuentra actualizada,²⁹ o si no puede confiarse del todo en su veracidad. Es importante considerar que el esquema planteado por los autores citados en el desarrollo del presente documento, con relación al agua virtual y sus posibilidades como bien de intercambio, puede ser trasladado a diversas disciplinas incluyendo la arquitectura (tanto desde el punto de vista de la planificación

²⁷ Ambrogio Román, «Agua virtual y desarrollo sostenible». 2018.

²⁸ Beltrán and Velázquez, «La Ecología Política del agua virtual y huella hídrica. Reflexiones sobre la necesidad de un análisis crítico de los indicadores de flujos virtuales de agua en la economía.»

²⁹ «Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala».

de proyectos como en la ejecución de proyectos). Existe un vacío de conocimiento considerable cuando se piensa en su adaptación a Guatemala como país. El balance hídrico se entiende como la relación entre la importación y exportación de agua virtual con relación a una persona, a un proyecto, a una comunidad o país.³⁰ Es común pensar en un desbalance y una falta de equidad entre la importación y exportación de agua virtual, principalmente en países en vías de desarrollo que han sido utilizados para la generación de bienes o servicios que se exportan a otros países.

Así como sucedió en su momento con el establecimiento del mercado de bonos de carbono, o como las concesiones forestales, los bonos de agua virtual deben cumplir con un requisito fundamental para que puedan funcionar: deben ser intercambiables. Es decir, debe existir la posibilidad de comprarlos y venderlos en un espacio adecuadamente normado, reglas claras y precios que respondan a la oferta y la demanda. Los autores consultados coinciden en que, si el recurso hídrico fuera considerado un bien de intercambio comercial, y si se desarrollaran las herramientas teóricas y prácticas que permitan tal tratamiento, los problemas relacionados al agua podrían ser resueltos.³¹

Las herramientas teóricas y fórmulas que existen a la fecha para el cálculo de agua virtual y de los flujos hídricos entre países, aplicables principalmente a la agricultura como actividad económica que más utiliza dicho recurso, pueden y deben ser trasladadas a los distintos sectores económicos vistos con anterioridad, para lograr una comprensión holística de la realidad del estado del agua y su movimiento de un país a otro en la forma de agua virtual. La bibliografía consultada enfoca el tema del agua y la arquitectura a las aguas residuales generadas durante su operación que, si bien contribuyen a la huella hídrica de una persona o comunidad, no constituyen parte del agua virtual del elemento arquitectónico en sí mismo. Los documentos académicos que existen en relación con el agua virtual se enfocan a la agricultura y en menor cantidad a la industria, por lo que es necesario acercar el concepto a la arquitectura. Al conocer sobre el agua virtual de la arquitectura y construcción, será luego posible calcular los flujos hídricos provocados por la importación y exportación de elementos que la conforman (materiales de construcción), y podría explorarse el beneficio ambiental que pueda tener la importación de materiales contra la compra local.

Para que pueda existir un mercado de bonos de agua virtual en Guatemala deben existir condiciones adecuadas en el sentido económico, político, regulatorio, técnico, científico y de acceso a la información; diseñar y poner en marcha un espacio, físico o virtual, para el intercambio de bonos de agua virtual, si la intención es que este intercambio sea relevante y que los valores de las transacciones tengan una relación directa con el agua virtual realmente contenida en los productos, bienes y servicios de las empresas, personas o entidades que decidan participar en el mercado. Este espacio de intercambio debe ser visualizado como un reflejo de mercados ya existentes como la bolsa de valores de Nueva York, donde día a día los corredores compran y venden, en representación de sus clientes, acciones, títulos, opciones,

³⁰ Ana Carolina Herrero, «Huella Hídrica y Agua Virtual», *s/f.* consultado en línea, abril del 2023 en https://aquabook.irrigacion.gov.ar/files/upload/contenidos/10_5/HuellaHidrica-Aguavirtual.pdf

³¹ Hoekstra y Hung, «Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade».

y otros varios instrumentos financieros sujetos de ser comercializados. De la misma forma, ya sea en un lugar físico, o en un espacio virtual como una plataforma en la web, se debería tener, por un lado, a las personas, empresas o entidades con disponibilidad de bonos de agua virtual para la venta; personas, empresas o entidades interesadas en adquirir bonos de agua virtual para compensar los excesos de consumo de sus operaciones; y los intermediarios que permitan la existencia de las transacciones. Este esquema ya existe, en algunos países, para el intercambio de bonos de carbono, y las transacciones que ocurren en este mercado son por cantidades considerables. Al final, la idea es que quienes vendan los bonos de agua virtual, puedan utilizar estos recursos económicos para seguir garantizando que sus operaciones les generen un excedente en agua virtual no generada, para convertirla en bono y poder, de nuevo, comercializarlo. Este proceso en el que quienes tienen excedente de agua virtual no generada, en la forma de bonos, reciban beneficios económicos para mantener ese mismo excedente o aumentarlo, se traduce, con el tiempo, en un cuidado al recurso hídrico. Aun cuando este beneficio al agua surja de un interés eminentemente económico, es una alternativa interesante ante la dificultad de garantizar la gobernanza en un recurso tan violentado y utilizado con tanto desdén.

Al considerar todo lo expuesto, es posible afirmar que no existen las condiciones para el establecimiento de un mercado de bonos de agua virtual en Guatemala, tanto por la falta de información, por el acceso a la información, por la ausencia de políticas públicas, de cuerpos regulatorios, y de una plataforma económica que pueda comprender y admitir un sistema de intercambio como el que se requeriría. En Guatemala no existe, siquiera, un mercado de acciones o bonos al que todos puedan tener acceso, como la bolsa de valores de Nueva York, Londres o Tokyo. Sigue siendo un espacio de intercambio reservado a un sector reducido de la población. Aun cuando se considere una alternativa interesante para utilizar los intereses económicos y monetarios para lograr una mejora en el cuidado del agua, en este momento, y en el futuro cercano, e incluso en el mediano plazo; está claro que no hay posibilidades reales para que exista en Guatemala un mercado de bonos de agua virtual.

Conclusiones

El agua virtual, en forma muy general y aplicada a agricultura, agroindustria e industria, es un concepto que puede convertirse en un indicador económico para el intercambio comercial a nivel nacional e internacional. Tomando en cuenta los movimientos de productos de un país a otro, es importante considerar los movimientos de agua virtual entre países para establecer de forma adecuada el balance hídrico y para canalizar los recursos financieros hacia la protección del recurso hídrico.

El proceso para lograr que, en un país en vías de desarrollo como Guatemala, se pueda contar con un mercado de bonos de agua virtual, debe iniciar, necesariamente, con el pleno conocimiento del estado actual del recurso hídrico en el país, las principales presiones que lo afectan, los usos más fuertes, y los sectores económicos que hacen mayor uso. Acá podría estar el principal problema pues, históricamente, el tema del uso de agua para agricultura, agroindustria e industria, en Guatemala, ha estado rodeado de un nivel de secretismo que no permite el pleno conocimiento del estado del recurso.

Pasado el reto de conocer a profundidad el estado del recurso hídrico en el país, el siguiente asunto que debe abordarse es la estandarización del cálculo del agua virtual, el establecimiento de procesos, sistemas y metodologías de cálculo que permitan que los resultados puedan ser comparables entre industrias, entre sectores económicos e, incluso, entre países, para conocer con exactitud la cantidad de agua virtual que contiene cada posible producto, y poder luego calcular los movimientos de agua virtual causados por la importación y exportación de bienes y servicios. Esta cantidad de agua virtual contenida en los bienes de intercambio comercial podría llamarse “bono de agua virtual”.

El último asunto que debe establecerse con claridad es un sistema, a nivel nacional, y a nivel internacional, para el intercambio de bonos de agua virtual. Poco puede lograrse con calcular la cantidad de agua virtual contenida en productos, bienes o servicios, y trasladarlos a bonos de agua, si no existe una forma de intercambiarlos, para que quienes tengan un excedente de agua virtual puedan obtener beneficios económicos que, al largo plazo, incentiven el cuidado del recurso hídrico y, al largo plazo, todo el asunto contribuya a detener el deterioro del único recurso natural que es considerado “vital”.

Una manera de evitar que los recursos naturales sean sujetos del fenómeno denominado “la tragedia de los comunes”, bajo la concepción de Hardin, es lograr que los recursos tengan un sentido de propiedad. Esto no significa, bajo ningún concepto, vender, comprar o privatizar los recursos naturales. Muchas iniciativas que actualmente se usan para proteger al ambiente tienen como finalidad otorgar al recurso este sentido de propiedad: las concesiones forestales en Petén, que le otorgan derecho a comunidades organizadas para aprovechar porciones de bosque, o el intercambio de bonos de carbono que, desde un punto de vista abstracto, permiten comprar y vender un derecho de uso de la atmósfera para disponer carbono, pues quien no puede reducir sus emisiones compran los bonos a quien si puede evitarlas, o a quien puede capturarlos, para poder utilizar la atmósfera en mayor proporción. Los bonos de

agua virtual y su intercambio proporcionarían, al igual que en el ejemplo anterior, un sentido de derecho de propiedad sobre el agua, pues quien no puede reducir su consumo compraría bonos de agua virtual a quien sí puede reducir su consumo, o a quien la capta y repone. El requisito fundamental para que un esquema de bonos de agua virtual funcione es que estos bonos sean intercambiables, es decir, que puedan comprarse y venderse dentro de un mercado donde el precio responda a la oferta y demanda.

Es posible afirmar que, por el momento, no existen las condiciones necesarias para que en Guatemala funcione un mercado de compra y venta de bonos de agua virtual, tanto por la falta de conocimiento sobre el estado del recurso hídrico, la cantidad y calidad disponibles; siguiendo con las debilidades técnicas y científicas que dificultarían el proceso de cuantificación de agua virtual de los productos y materiales que se importan y exportan; y por último debido a una realidad ineludible: a pesar del tiempo que ha pasado, aún no se ha podido poner en marcha un mercado de bonos de carbono en Guatemala. Todas estas debilidades permiten tener la certeza de que, por el momento, en Guatemala no puede pensarse en un mercado de bonos de agua virtual. Es importante continuar aportando conocimiento científico que acerque y de certeza al proceso de cuantificación de agua virtual y que permita conocer el estado, en cantidad y calidad, del recurso hídrico en el país.

Bibliografía

- Ambrogio Román, Rosario. "Agua virtual y desarrollo sostenible". REICE: *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas* 5, núm. 10 (2018): 156–72. <https://doi.org/10.5377/reice.v5i10.5536>.
- Ayau Cordón, Manuel. *El Proceso Económico. Descripción de los mecanismos espontáneos de la colaboración social*. 5ta. edici. Guatemala: Editorial Centro de Estudios Económico-Sociales, 2003.
- Belloso Martín, Nuria, y Saulo Tarso Rodrigues. "El agua, bien escaso. Algunas reflexiones a partir de la teoría de la justicia". *Revista Amazônia Legal de estudos sócio-jurídico-ambientais* 6, núm. Enero/Junio 2015 (2015). <https://www.todamateria.com.br>.
- Beltrán, María J., y Esther Velázquez. "La Ecología Política del Agua Virtual y Huella Hídrica. Reflexiones sobre la necesidad de un análisis crítico de los indicadores de flujos virtuales de agua en la economía." *Revista de Economía Crítica REC*, núm. 20 (2015): 44–56. <http://www.revistaeconomicacritica.org>.
- Contreras Marín, Byron Haroldo (SEGEPLAN Guatemala). "*Marco conceptual ambiental Programa de Desarrollo Económico desde lo rural Guatemala*", 2005.
- Planificación Y Programación De La Presidencia Banco Interamericano De Desarrollo "*Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala*", 2006.
- Grajales Quintero, Alberto, Álvaro Jaramillo Robledo, y Gabriel Cruz Cerón. "Los Nuevos Conceptos sobre 'Agua Virtual' y 'Huella Hídrica' aplicados al desarrollo sostenible: Implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico". *Revista Agronomía* 16, núm. 1 (2008): 7–26. <http://agronomia.ucaldas.edu.co>.
- Herrero, Ana Carolina. "Huella Hídrica y Agua Virtual", s/f. consultado en línea, abril del 2023 en https://aquabook.irrigacion.gov.ar/files/upload/contenidos/10_5/HuellaHidrica-Aguavirtual.pdf
- Hoekstra, A Y, y P Q Hung. "*Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*", 2002.
- Llamas Madurga, Ramón, Pedro Martínez Santos, y Maite Martínez Aldaya. "*Nuevos Paradigmas en la Política Mundial del Agua*". Consultado el 20 de junio de 2020. <https://www.researchgate.net/publication/301548184>.
- Maurel, Joaquín Bosque. "El agua como recurso escaso y sus problemas en la España actual". *Estudios Geográficos* 69, núm. 265 (2008): 453–93. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0436>.
- Vargas Beal, Xavier. *¿Cómo hacer investigación cualitativa?* Editado por ETXETA. Jalisco, Mexico: ETXETA, SC, 2011.