



Informe de estimación de flujos de agua virtual para el sector agropecuario

22 de julio de 2021

1. La producción de alimentos es altamente demandante de agua. Por otro lado, el agua rara vez es comercializada entre grandes distancias. Sin embargo, en la década de los 90s, en el contexto del debate mundial sobre seguridad alimentaria y comercio en regiones con déficit de agua (e.g. Medio Oriente o África del Norte, ver Cuadro 1), se acuñó el concepto de agua virtual (*virtual water*). Lo anterior, con la finalidad de comprender cómo los desequilibrios mundiales en la disponibilidad de agua que, junto con otros factores climáticos, provocan inestabilidades en la producción de alimentos (Allan, 1997, 1998).
2. Concepto introducido por Allan en 1993, el agua virtual es entendida como el *flujo oculto* de agua en los productos que se intercambian de un lugar a otro. En otras palabras, ésta es entendida como la cantidad *total* de agua consumida durante el proceso de producción de un determinado producto. En el caso específico de los alimentos, el agua virtual representa, por tanto, el volumen de agua que el producto agropecuario consumió a lo largo de su ciclo de crecimiento.

De esta forma, el concepto de comercio de agua virtual se introdujo para hacer referencia a la idea de que los países pueden “ahorrar” agua doméstica importando, por ejemplo, alimentos. Así, el análisis de los flujos de agua virtual ofrece una perspectiva relevante en relación con el intercambio que realizan los principales países productores de bienes agrícolas hacia aquellos que dependen principalmente de la importación. En este sentido, el Cuadro 1 entrega un panorama de los importadores como de los exportadores de agua virtual en el mundo. En primer lugar, se puede apreciar que existen importadores de agua virtual con zonas como África del Norte y Medio Oriente, mientras que en exportadores se encuentra Estados Unidos, Brasil y Argentina.

Cuadro 1. Comercio de Agua Virtual, principales Importadores y Exportadores

Importadores	Exportadores
África del Norte y Medio Oriente, México, Europa, Japón y Corea del Sur	Estados Unidos, Canadá, Brasil, Argentina, India, Pakistán, Indonesia, Tailandia, and Australia

Fuente: <https://waterfootprint.org>

3. Determinar el contenido de agua virtual para un producto, o un sector en este caso, es una tarea compleja, ya que el contenido de agua virtual está influenciado por muchos factores

(Hoekstra, 2003). Al respecto, el autor plantea tener en consideración algunos elementos; a continuación, se destacan los más relevantes para las estimaciones presentadas en este informe. En primer lugar, Hoekstra (2003) plantea lo que podríamos llamar *el punto de medición*; es decir, en el caso de la producción de cultivos de riego, la pregunta sería dónde realizar las mediciones. Por ejemplo, medir el uso de agua en el punto de extracción de agua o a nivel predial. En segundo lugar, la tecnología, o método de producción, que tiene implicancias en la eficiencia asociada al uso del agua. Por tanto, el contenido de agua virtual varía a través de los países, asociado a los niveles de intensificación de capital, ergo, tecnología, y por tanto eficiencia en el riego. Por último, y, en tercer lugar, el método de atribución de uso de agua. Si por ejemplo tomamos el caso del trigo, debemos considerar que si este producto se procesa en varios otros como lo son la harina, salvado, afrecho, entre otros; el contenido de agua virtual debiese fraccionarse y asignarse proporcionalmente según el producto final obtenido.

En consideración de lo anterior, para la estimación de los flujos de agua virtual del sector agropecuario chileno relacionado al comercio (S^{av}) se utilizaron *unidades primarias equivalente* (UPE) de los productos agropecuarios. Esto es pertinente para contar con unidades comparables. Lo anterior se traduce en que, por ejemplo, los productos importados son *convertidos* a UPE, y por tanto se hace un recuento equivalente a “nivel predial” de dicha importación. En segundo lugar, hay consistencia con el enfoque de cuentas nacionales, es decir, la producción agropecuaria es medida a nivel predial. De esta forma, el ejercicio aquí presentado no realiza una contabilidad del agua virtual a lo largo de la cadena.

En relación con los productos considerados en las estimaciones, se trabajó con una *canasta* de productos equivalente a aproximadamente el 80% del PIB agropecuario, a saber 61 productos. Con la finalidad de captura de la tecnología local, se emplearon *factores de conversión de agua virtual* medidos en m^3 de agua virtual por tonelada (m^3/ton). En general, para el caso de Chile¹, se utilizó el promedio nacional y, excepcionalmente como *benchmarking*, el promedio mundial ante la inexistente información para el caso de Chile. La fuente para obtener estos parámetros fue la plataforma waterfootprint.org.

¹ En el apéndice 1 se presenta un listado con los 61 productos considerados con sus respectivos factores de conversión de agua virtual (huella de agua) y fuente. En casos particulares, como por ejemplo el caqui, se utilizó el promedio mundial ante la ausencia de información respecto al factor F_i^{CL} (ecuación (1)) o de huella de agua para Chile.

Formalmente,

$$S^{av} = \sum_{i=1}^n F_i^{CL} (M_i - X_i) \tag{1}$$

donde, X_i y M_i corresponden a las exportaciones e importaciones del producto i , respectivamente; y F_i^{CL} es el factor de conversión de agua virtual para el producto i para el caso de Chile.

- En el Cuadro 2 se presentan estimaciones de los flujos de agua virtual relacionado al comercio desde el año 2016. Así, se puede apreciar que dichos flujos son positivos en su agregado (e.g. 622 millones de m³). Lo anterior se explica por la mayor cifra de importaciones de agua virtual por concepto de cultivos anuales y productos pecuarios en comparación con las exportaciones de las frutas.

Cuadro 2. Flujos de agua virtual relacionado al comercio (millones de m³)

Grupo de productos	2016	2017	2018	2019	2020
Cultivos anuales	1.665	2.461	2.329	2.178	2.370
Frutas	-2.925	-3.111	-3.392	-3.575	-3.316
Hortalizas	14	18	15	15	56
Pecuario	1.617	2.053	1.972	1.715	1.513
Saldo	371	1.420	923	333	622

Fuente: Elaborado por Odepa.

El Cuadro 3 muestra el promedio del flujo de agua virtual, éste nos indica que la diferencia entre las exportaciones e importaciones de productos agropecuarios corresponde a 734 millones de m³ en los últimos cinco años, lo que equivale a 0,06 de la capacidad de embalses a nivel nacional.

Cuadro 3. Indicadores de flujos de agua virtual relacionado al comercio

Indicador	
Promedio 2016-2020 (millones de m ³)	734
Equivalente a capacidad total de embalses de Chile (12km ³)	0,06

- Si bien ya se presentaron estimaciones para el caso chileno, los ordenes de magnitud pueden no decir mucho, sobretodo siendo este un concepto relativamente poco explorado para la realidad local. De esta forma, el Cuadro 4 entrega cifras para poder realizar una comparación de la situación de los flujos de agua virtual para el sector agropecuario chileno respecto a un conjunto de países. Así se puede observar que tanto Argentina como Brasil presentan un saldo negativo de sobre los 46 mil millones de m³, lo cual los define como exportadores netos de agua



virtual. Similar situación ocurre con Canadá, país con un alto envío de productos agropecuarios hacia Estados Unidos. En relación con países importadores netos de agua virtual, se encuentran países como la República de Corea y Japón, países que son beneficiados del intercambio, disponibilizando una mayor cantidad de agua gracias al intercambio comercial.

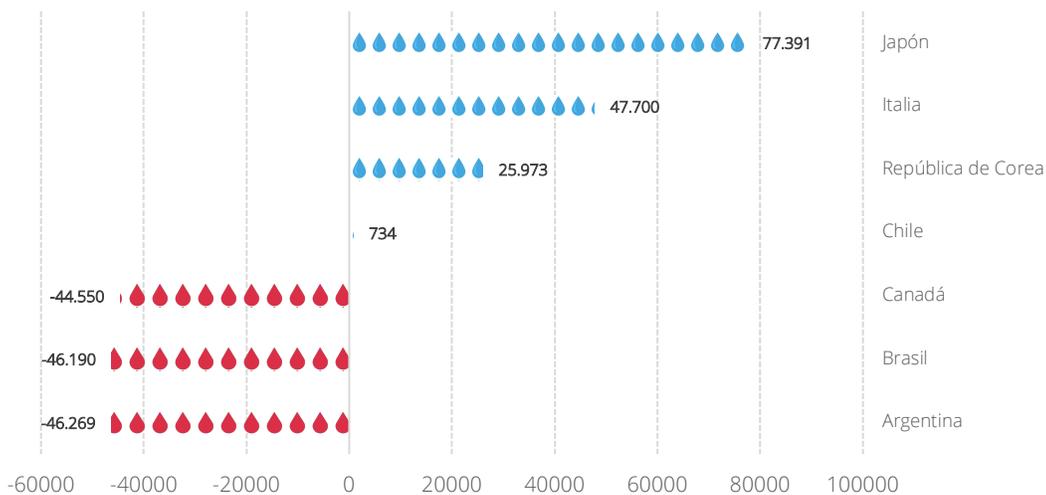
Cuadro 4. Flujos de agua virtual relacionado al comercio agropecuario para un conjunto de países (millones de m³/año)

País	Exportaciones	Importaciones	Saldo
Argentina	50.180	3.911	-46.269
Brasil	65.600	19.410	-46.190
Canadá	65.700	21.150	-44.550
Chile	6.187	6.921	734
República de Corea	4.927	30.900	25.973
Italia	27.800	75.500	47.700
Japón	1.909	79.300	77.391

Fuente: Hoekstra & Chapagain (2008) y estimaciones de Odepa.

Nota: No incluye estimaciones del sector agroindustrial realizadas por Hoekstra, Arjen & Chapagain, Ashok. (2008) para así ser consistente, y comparar con los números presentados a lo largo de este informe.

Figura 1. Saldos de flujos de agua virtual relacionado al comercio agropecuario (millones de m³/año)



Referencias

- Allan, J. A. (1997). *'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?* (pp. 24-29). London: School of Oriental and African Studies, University of London.
- _____ (1998). Watersheds and problemsheds: Explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. *Middle East Review of International Affairs*, 2(1), 49-51.
- Hoekstra, A.Y. (ed.), 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12–13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2008). Globalization of water sharing the planet's freshwater resources (No. 333.91 H693). Blackwell publishing.



Apéndice 1. Listado de Productos Considerados para el Cálculo de Agua Virtual y los Factores de Conversión Empleados

Sector	Especie	Unidad Primaria Equivalente (UPE)	Huella de Agua (m ³ /ton)	Fuente
Cultivos Anuales	Trigo harinero	TEPP	1.513	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Trigo candeal	TEPP	1.495	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Avena	TEPP	1.428	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Cebada cervecera	TEPP	1.152	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Maíz semilla	TEPP	885	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile) ref: maize (corn)
Cultivos Anuales	Arroz	TEPP	1.896	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Papa	TEPP	538	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Remolacha azucarera	TEPP	123	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Tabaco	TEPP	2.256	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Cultivos Anuales	Tomate industrial	TEPP	220	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile) ref: tomato pasta
Cultivos Anuales	Achicoria industrial	TEPP	1.541	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile) ref: roots or tubers with hi starch or inulin content
Hortalizas	Ajo	TEPP	1.378	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Alcachofa	TEPP	1.565	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Apio	TEPP	125	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Arveja	TEPP	986	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Cebolla	TEPP	115	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Cebolla de guarda	TEPP	115	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Cebolla temprana	TEPP	115	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Choclo	TEPP	885	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile) ref: maize (corn)
Hortalizas	Espárrago	TEPP	2.093	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Lechuga	TEPP	490	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Melón	TEPP	339	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Pimiento	TEPP	163	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Porotos (granado y verde)	TEPP	825	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Repollo	TEPP	135	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Sandía	TEPP	429	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Tomate fresco	TEPP	55	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Zanahoria	TEPP	125	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Hortalizas	Zapallo temprano	TEPP	272	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Pecuario	Bovinos	TAV	3.582	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile, system grazing)
Pecuario	Cerdo	TAV	4.649	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile, system grazing)
Pecuario	Ave	TAV	4.199	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile, system grazing)
Pecuario	Huevo	TEPP	2.915	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Pecuario	Leche cruda de vaca	Miles de litros	693	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile, system grazing)
Frutas	Almendra	TEPP	10.282	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Avellana	TEPP	5.258	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo)
Frutas	Arándano	TEPP	845	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo)

Sector	Especie	Unidad Primaria Equivalente (UPE)	Huella de Agua (m ³ /ton)	Fuente
Frutas	Caqui	TEPP	2.052	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo) ref: stone fruit
Frutas	Chirimoya	TEPP	2.052	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo) ref: stone fruit
Frutas	Cereza	TEPP	2.133	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Ciruela	TEPP	687	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Damasco	TEPP	912	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Durazno	TEPP	653	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Frambuesa	TEPP	413	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo)
Frutas	Frutilla	TEPP	278	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Granada	TEPP	2.052	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo) ref: stone fruit
Frutas	Higo	TEPP	3.276	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo)
Frutas	Kivi	TEPP	708	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Limón	TEPP	503	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Mandarina	TEPP	748	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo)
Frutas	Manzana	TEPP	342	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Membrillo	TEPP	468	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Mora	TEPP	413	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo)
Frutas	Naranja	TEPP	630	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Nectarín	TEPP	653	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Níspero	TEPP	2.052	https://waterfootprint.org/ (prom. Mundo) ref: stone fruit
Frutas	Nuez	TEPP	7.660	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Palta	TEPP	1.818	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Pera	TEPP	468	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Uva de mesa	TEPP	302	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)
Frutas	Uva vinífera	TEPP	352	https://waterfootprint.org/ (prom. Chile)

Notas:

TEPP : Tonelada equivalente de producción primaria

TAV : Tonelada de animal vivo