

Estimación del agua virtual contenida en las exportaciones de la Provincia de Santa Fe

Estimation of virtual water content
in the exports of the Province of Santa Fe

- *Valentín Braidotti**

Resumen

La provincia de Santa Fe genera aproximadamente el 7,5% del Producto Bruto Interno de la República Argentina y es la segunda provincia argentina por nivel de exportaciones, combinando una estructura productiva relativamente diversificada con un patrón de exportaciones centrado en Manufacturas de Origen Agropecuario y Productos Primarios.

En cuanto a las características de estas exportaciones, se puede decir que se presentan como intensivas en toneladas, con un bajo ratio USD/Tn. Por otro lado, cuando se observa el perfil de las importaciones de la provincia, parecen tener un perfil menos intensivo en toneladas y con una mayor ratio USD/Tn (Peinado, *et al.*, 2022).

El análisis anterior está centrado en los flujos visibles de materiales comercializados. Para poder dimensionar, al menos en parte, los flujos materiales indirectos invisibilizados es que se propone hacer una estimación del agua virtual contenida en las exportaciones de la Provincia de Santa Fe.

Palabras clave

Agua virtual – sustentabilidad – comercio internacional – Economía – Ecológica – Metabolismo socioeconómico.

* Estudiante de la Licenciatura en Economía en la FCEyE de la UNR, integrante del Instituto de Investigaciones Económicas (UNR) y del Grupo de Estudios de Economía, Ambiente y Sociedad (UNR).

Abstract

The province of Santa Fe generates approximately 7.5% of Argentina's Gross Domestic Product and is the second Argentine province in terms of exports, combining a relatively diversified productive structure with a pattern of exports centered on Manufactures of agricultural origin and Primary products.

Regarding the characteristics of these exports, it can be said that they are intensive in tons, with a low USD/Tn ratio. On the other hand, when looking at the province import's profile, they seem to be less intensive in tons and have a higher USD/Tn ratio (Peinado, *et al.*, 2022)

The previous analysis is focused on the visible flow of traded materials. In order to be able to dimension, at least in part, the invisible indirect material flow, it is proposed to estimate the virtual water contained in exports from the province of Santa Fe.

Keywords:

Virtual water – sustainability – international trade – Economy – Ecological – Socioeconomic metabolism

Objetivos

Uno de los objetivos del presente trabajo consiste en visibilizar el flujo de Agua Virtual que egresa de la Provincia de Santa Fe (la Provincia), contenido dentro de las exportaciones de Productos Primarios (PP) y Manufacturas de Origen Agropecuario (MOA). De esta forma, podremos complejizar el análisis del comercio exterior de la Provincia, el cual suele basarse exclusivamente en indicadores monetarios.

Además, a partir de esta cuantificación, nos podremos aproximar al cálculo de la Balanza Hídrica de Santa Fe, la cual requiere tanto la determinación del egreso de agua virtual a través de las exportaciones de productos, como del flujo de ingreso de este elemento, contenido dentro de las importaciones de bienes. Esto nos permitiría determinar el perfil hídrico de la Provincia.

Por otro lado, se intentará identificar dentro de las exportaciones de MOA y de PP a aquellos productos que representen un uso intensivo –en términos relativos– de los recursos naturales de la Provincia, para luego compararlos con el beneficio monetario que estos generan. Esto permitirá realizar un análisis de la eficiencia en el uso de los recursos y establecer comparaciones entre los productos exportados, en mira de presentar ciertas alternativas de producción y exportación, a partir del grupo de bienes que ya se llevan a cabo en la región.

Antecedentes

Existe una abundante producción de trabajos que utilizan Material and Energy Flow Analysis (MEFA) para diversos países y períodos de tiempo, pero merecen destacarse aquellos que utilizan una escala regional o global: Krausmann *et al.*, (2009) para el período 1900-2009, de carácter global, Schandl y West (2010) para el período 1970-2005, para 46 países de la región Asia-Pacífico, Weisz, Amann, Eisenmenger, Krausmann y Hubacek (2004) para 15 países de la Unión Europea entre 1970-2001 y West y Schandl (2013), para el período 1970-2008, para 22 países de Latinoamérica y el Caribe.

En relación a América del Sur, pueden señalarse los trabajos de Eisenmenger, Ramos Martín y Schandl (2007) para Brasil, Chile y Venezuela, el de Vallejo (2009) para Ecuador, Colombia y Perú, Russi *et al.*, (2008) para Chile, Ecuador, México y Perú, el de Belloni y Peinado (2013) para Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Paraguay, Uruguay y Venezuela, y de West y Schandl (2013) para América Latina.

Respecto al patrón de comercio internacional de Argentina se pueden mencionar los trabajos de Pérez Manrique, Brun, González Martínez, Walter, y Martínez Allier (2013) y el de Ganem y Peinado (2012).

Por otro lado, existen trabajos que centran el análisis en las exportaciones de Santa Fe, como es el caso del elaborado por Peinado *et al.*, (2022), el de Rodríguez *et al.*, (2022) y el llevado adelante por el Centro de Estudios y Servicios (2010).

Marco teórico

El presente trabajo se posiciona desde el campo de la llamada Economía Ecológica. Esta transdisciplina se encuentra a mitad de camino entre las Ciencias Sociales y las Ciencias Naturales y se presenta como una contraposición a la Economía Ambiental y a la Economía de los Recursos Naturales, siendo estas ramificaciones del sistema teórico neoclásico que intentaron dar argumentos para lograr una gestión eficiente de los recursos ambientales.

Una de las principales diferencias entre las posiciones anteriormente mencionadas se da en cuanto a la consideración del sistema económico como un subsistema abierto o un sistema cerrado. La Economía Ambiental, haciendo honor a su caracterización como derivación de la Economía Neoclásica, considera al sistema económico como un sistema cerrado; es decir, un sistema en el que los diferentes agentes ofrecen bienes o factores productivos, los cuales tienen como contrapartida un flujo de dinero en dirección inversa, que será utilizado para hacerse de bienes o factores productivos, y así sucesivamente, de forma circular y eterna. El eje de la Economía Ambiental está puesto en el movimiento del dinero (Peinado, 2018).

Bajo este contexto, la dimensión ambiental es tomada como algo externo al sistema económico, que puede tener efectos positivos o negativos que no están siendo cobrados o pagados, respectivamente. En la literatura económica, esto es lo que se conoce como *externalidad*. La Economía Ambiental busca evaluar estas externalidades en términos monetarios para incorporarlas al sistema, convirtiéndolas en uno más de los flujos posibles, disponibles para ser sopesados en el momento de tomar decisiones económicas.

Por su parte, la Economía Ecológica va a redefinir este esquema de flujos circulares, considerando al sistema económico como un subsistema inserto en un sistema sociocultural y que, a la vez, estos dos subsistemas se desarrollan dentro de un sistema natural. Por lo tanto, las lógicas económicas no son ajenas a las lógicas socioculturales y a las lógicas naturales; de hecho, las primeras están determinadas y condicionadas por las últimas.

La Economía Ecológica va a categorizar al sistema económico como un subsistema abierto del sistema natural, condición que se va a explicitar debido a la existencia de un flujo unidireccional de materiales y energía que va desde el sistema natural al sistema económico, en forma de energía solar y disponibilidad de materia, y otro que va desde el sistema económico hacia el sistema natural, en forma de energía degradada, residuos materiales y contaminación (Peinado, 2018).

A partir de esta diferenciación, se puede decir que en cualquier sociedad existe un proceso de ingreso y salida de materiales y energía, los cuales se convierten a través de la actividad económica en productos manufacturados, en servicios y, finalmente, en desechos y/o, en el caso de la energía, en energía disipada o de alta entropía.

Este mecanismo de funcionamiento de la sociedad se asemeja al concepto biológico del *metabolismo*, utilizado para describir a la serie de procesos internos de transformación que realizan los organismos vivos, en continua interacción con su medio ambiente. Por lo tanto, al conjunto de este tipo

de procesos realizados por las sociedades se lo va a denominar como *metabolismo socioeconómico* (Pengue, 2009).

El estudio de los flujos de materiales y energía implicados en el metabolismo social se va a realizar a partir de lo que se conoce como indicadores biofísicos. Estos indicadores pretenden visibilizar el rol del ambiente en la producción y distribución de bienes y servicios, así como el grado de sustentabilidad de estos procesos. El objetivo de estos indicadores no es sustituir a los indicadores monetarios, sino complementarlos, utilizando diferentes unidades de medida dependiendo lo que se quiera estudiar, en la búsqueda de complejizar el debate (Peinado, 2018).

Pengue (2009) menciona una serie de indicadores biofísicos que sirven para analizar las diferentes maneras en las que las actividades económicas, en particular, y humanas, en general, pueden ejercer presión sobre los ecosistemas. Entre ellos se destacan: la huella ecológica que busca determinar el área biológicamente productiva que se necesita para producir los recursos que consume y para absorber los desechos que genera una población determinada; la mochila ecológica que se calcula a través de la suma de todos los materiales directa e indirectamente necesarios para producir una unidad de producto o servicio, expresado en toneladas; el EROI (Energy return on -Energy- input) que parte de la idea de la economía humana como un flujo de energía y que busca medir la relación entre la energía insumida en un determinado proceso y aquella obtenida a partir de él; el suelo virtual que mide la cantidad de nutrientes extraídos desde la tierra y contenidos en los productos exportables que forman parte del comercio mundial, medido en toneladas de nutrientes; entre otros.

En este trabajo, se utilizarán los indicadores biofísicos de la huella hídrica y el agua virtual aplicados a las exportaciones de la Provincia de Santa Fe. Lo que se busca con esto es tratar de visibilizar las dimensiones ocultas que se dan en el comercio internacional, que se mantienen en las sombras debido a la excesiva (casi exclusiva) atención que se le presta a los indicadores monetarios determinados por el mercado a la hora de establecer el

valor de estas transacciones, permitiendo así también realizar un análisis comparativo del ingreso monetario generado por las exportaciones con la presión que estas pueden generar sobre los ecosistemas hídricos de la Provincia.

La huella hídrica es un indicador del uso de agua dulce, tanto en su forma directa (por parte de los consumidores o productores) y en su forma indirecta. El uso indirecto del agua dulce refiere tanto a la parte de esta utilizada a través de toda la cadena de producción y suministro de un producto, como a la que se utiliza para la absorción de los contaminantes y residuos generados en el proceso de producción y consumo.

La huella hídrica muestra, además del uso directo, “el volumen de agua dulce usado para elaborar un producto, medido a lo largo de la cadena de suministro completa” (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2021, p. 28). La forma en la que se organizan las cadenas de suministro y producción y la estructura económica en general tendrá gran influencia sobre el consumo hídrico y su contaminación. Este indicador busca visualizar el uso no aparente de agua en los productos, con el objetivo de revelar esta relación oculta entre el consumo y el uso del agua (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2021)

Este indicador tiene la ventaja de que su estudio puede ser focalizado sobre distintos fragmentos de los procesos de producción como también sobre diferentes actores (o grupo de actores) dentro del sistema económico. Podría interesar la huella hídrica de solo una parte de un proceso productivo o la huella hídrica de un producto final; se podría calcular el uso del agua de un grupo de consumidores, de productores, como también de un sector económico completo; hasta se podría adoptar una perspectiva geográfica, observando la huella hídrica de un área delimitada como un municipio, una provincia o una nación (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2021).

La huella hídrica de una persona, una empresa o una nación, se calculará como el volumen “de agua dulce que es utilizada para la producción de

bienes o servicios consumida” por cualquiera de estos (Hoekstra y Chapagain, 2004, p. 11). Por ejemplo, una persona que sigue una dieta a base de carne tiene una huella hídrica total de 4.000 litros de agua por día y para la producción de una camiseta de algodón hacen falta 4.100 litros de agua por día (Pengue, 2009).

Siguiendo con las características de este indicador, se puede definir que la huella hídrica como un indicador *multidimensional* ya que muestra los volúmenes de consumo por origen, entendiendo al consumo como pérdida de agua de una masa de agua en una zona de captación o cuenca hidrográfica, y los volúmenes de contaminación por tipo de contaminación. Las categorías de huella hídrica que de esto se desprenden son:

- La huella hídrica azul: refiere al consumo de los recursos de aguas subterráneas.
- La huella hídrica verde: refiere al consumo de agua de lluvia.
- La huella hídrica gris: se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes “dadas las concentraciones naturales de fondo y las normas de calidad ambiental” (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2021, p. 29).

Es importante aclarar que este indicador es una medida volumétrica del consumo y de la contaminación del agua, más no una medida del impacto medioambiental de estos. “El impacto medioambiental local de una cierta cantidad de agua consumida y contaminada depende de la vulnerabilidad del sistema hídrico local y del número de consumidores y actividades contaminantes presentes dependientes del sistema” (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2021, p. 30).

Cuando se presenta a la huella hídrica, muchas veces, se lo hace acompañado de otro concepto similar, que es el de agua virtual. El *agua virtual* es definida por Hoekstra y Chapagain (2004) como “el volumen de agua requerido para la producción de bienes y servicios” (p. 12). Si bien este concepto es parecido al de huella hídrica, tienen entre sí algunas diferencias marcadas. El *contenido de agua virtual* de un producto refiere al

volumen de agua incorporado en él, mientras que la huella hídrica de un producto es un indicador multidimensional que refiere tanto al volumen de agua incorporado como también al tipo de agua utilizada (verde, azul, gris) y a cuándo y dónde se ha utilizado esa agua. Como se podrá concluir de lo expuesto anteriormente, la huella hídrica tiene un alcance mucho mayor.

La cuantificación del agua virtual de una serie de productos puede ser utilizada en el contexto de flujos de agua virtual internacionales o interregionales. Una nación o región al momento que exporta o importa un producto, está generando, a la vez, un flujo de agua virtual que acompaña a este bien. En este contexto, se puede hablar de exportación o importación de agua virtual (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2021).

Además, el cálculo de los flujos de agua virtual que ingresan o egresan a los países o regiones a través de los intercambios internacionales es necesario para cuantificar la huella hídrica de cualquier área geográfica. Siendo la huella hídrica el uso doméstico del agua de una determinada región, uno de los pasos importantes para calcularla es sustraer el flujo virtual de agua que egresa con las exportaciones y sumar aquel que ingresa con las importaciones (Hoekstra y Chapagain, 2004).

Los datos sobre las exportaciones de la Provincia de Santa Fe durante el año 2019, tanto en dólares como en volumen (toneladas), se obtuvieron a partir de la base de datos *Origen provincial de las exportaciones argentinas* (OPEX) del Instituto Nacional De Estadística y Censos (INDEC)¹, mientras que la información sobre el agua virtual necesaria para producir los bienes y servicios exportados fue sustraída del informe *The water footprint of nations*.²

¹ opex.indec.gob.ar

² *The water footprint of nations*. Volume 2: appendices, a partir de los Apéndices III, IV, X, XIII y XVI (<https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report16Vol2.pdf>) .

El proceso de cálculo del agua virtual de un producto a partir del método utilizado en este trabajo se puede enumerar paso por paso (de forma no taxativa) de la siguiente manera:

1. Se procedió a obtener la lista de productos exportados en el año 2019 a partir de la base de datos OPEX, donde se muestran los bienes y servicios exportados por la Provincia de Santa Fe, tanto en dólares como en toneladas.

2. Se realizó una identificación de los códigos de los productos a partir del apéndice III, en donde se encuentran los códigos FAOSTAT de los cultivos sin procesar y los apéndices IV y X, donde se encuentran los códigos PCTAS correspondientes a productos vegetales procesados o a productos animales, tanto procesados como no procesados.

3. Para calcular el agua virtual total necesaria para producir los bienes exportados, se acudió a los apéndices que muestran la cantidad de agua virtual necesaria para producir una tonelada de cada bien en Argentina (m^3 /tonelada). Si el producto estaba catalogado bajo un código FAOSTAT, se acudió al apéndice XIII, mientras que, si el producto estaba catalogado bajo un código PCTAS, se acudió al apéndice XVI. A partir de esto, para encontrar la medida de agua virtual total necesaria para producir un bien exportado en particular se multiplicaron las toneladas exportadas por el volumen de agua dulce necesario para producirlas según las fuentes citadas.

4. Luego, a fin de establecer ciertas comparaciones de interés, fueron calculados algunos ratios, como el de dólares por tonelada (USD/Tn) o el de dólares por metro cúbico de agua virtual (USD/m^3). Los cálculos de estos ratios son sencillos una vez obtenidas las medidas totales. El primero se obtuvo a partir de la división entre la cantidad de dólares obtenida a partir de la exportación del producto y las toneladas exportadas, mientras que el segundo se obtuvo a partir de la división del total de dólares obtenidos por la exportación del producto y el agua virtual total necesaria para producirlo.

El caso de Santa Fe en el año 2019

La Provincia de Santa Fe se caracteriza por ser uno de los polos exportadores más importantes del país. La estructura productiva de la Provincia se centra en la actividad agropecuaria, que va tanto desde la producción de los Productos Primarios (PP) hasta la elaboración de Manufacturas de Origen Agropecuario (MOA) e industrial, estando estos rubros dentro de la lista de bienes que son vendidos al exterior.

En este sentido, alrededor de un 90% de las exportaciones de la Provincia de Santa Fe tienen que ver con el complejo primario exportador que en ella se despliega (Peinado *et al.*, 2022). De las exportaciones totales, los PP representaron el 13% del total en dólares y el 24% del total en toneladas, mientras que las MOA representaron el 73% del total en dólares y el 71% del total en toneladas.

Como resultado, el gran rubro de PP sumado al gran rubro de MOA representa el 86% de las exportaciones de la Provincia en dólares y el 95% de las exportaciones medidas en toneladas. Esto muestra que, si bien Santa Fe presenta niveles de industrialización importantes, *posee un perfil exportador que tiene como centro la explotación de los recursos naturales.*

Los análisis que se realizan desde la economía tradicional acerca de las exportaciones, en general, ponen el ojo casi exclusivamente en la cantidad de divisas (dólares, principalmente) que ingresan a la Provincia, restando importancia, e incluso invisibilizando a los flujos de materiales y energía que de ella se retiran.

El enfoque de la Economía Ecológica busca poner el foco sobre estos flujos ocultos, cuyo descubrimiento podría servir para explicar cómo impacta el modelo de inserción internacional seguido por la Provincia sobre sus ecosistemas. En particular, se utilizarán las nociones brindadas por la huella hídrica y el agua virtual, siendo estos indicadores biofísicos que ponen el énfasis en la cuantificación de los usos del agua como recurso central para la reproducción social (Belloni y Peinado, 2013).

Resultados

Las exportaciones de Productos Primarios de la Provincia de Santa Fe durante el 2019 ascienden a 8,4 millones de toneladas, 1.889 millones de dólares y a 5.960 millones de metros cúbicos de agua virtual (recordando que 1 m³ = 1000 litros). Por su parte, las exportaciones de Manufacturas de Origen Agropecuario ascienden a 24,7 millones de toneladas, 10.393 millones de dólares y 40.627 millones de metros cúbicos de agua virtual (Anexo I y II).

Siguiendo a la Figura 1, para producir un bien exportado contenido dentro de la categoría de MOA se necesitan, en promedio, 1.643,34 metros cúbicos de agua virtual por tonelada, mientras que, para producir un producto primario exportado, se necesitan, en promedio, 709,50 metros cúbicos de agua virtual por tonelada. Esto puede darse debido a que las MOA tienen procesos de producción con mayores etapas, en general, por lo que la acumulación de agua virtual contenida a través de toda la cadena podría ser mayor.



Figura 1. Agua virtual contenida en promedio para una tonelada de producto.
Fuente: elaboración propia según OPEX y Hoekstra y Chapagain (2004).

A partir de esta cuantificación de agua virtual contenida en las exportaciones de la Provincia y tomando también las toneladas implicadas en las mismas, se hizo un análisis que relaciona el ingreso generado por tonelada de producto exportado con el ingreso generado por metro cúbico de agua virtual contenida, el cual se expone de forma gráfica en la Figura 2. Para esto, se seleccionaron 12 productos que representan el 98% en dólares, el 98% en metros cúbicos de agua virtual y el 97% de las toneladas de las

exportaciones de MOA y PP.

Este gráfico permite diferenciar las exportaciones por las cuales se recibe una gran cantidad de divisas por unidad de recurso natural implicada y aquellas por las cuales se reciben pocas divisas por unidad de recurso natural contenida.

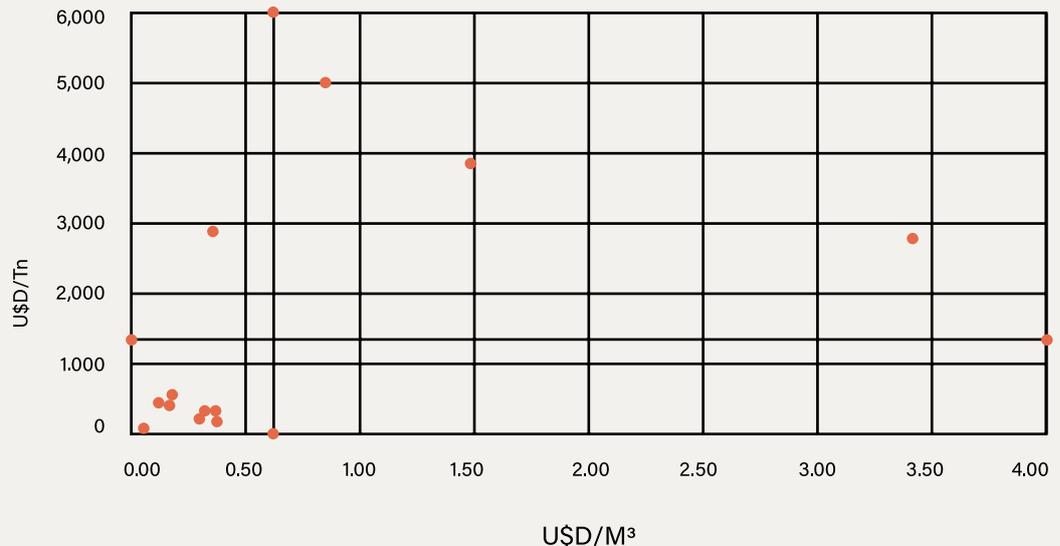


Figura 2. Los 12 principales productos exportados.

Fuente: elaboración propia según OPEX y Hoekstra y Chapagain (2004).

Se puede decir que el cuadrante superior derecho es el de los productos *sustentables* en términos del uso de los recursos naturales, debido a que la utilización de materiales es baja en relación con los dólares generados a partir de su exportación (tienen un alto ratio de USD/m^3 y de USD/Tn).

Por otro lado, se puede establecer que el cuadrante inferior izquierdo es el cuadrante de productos *insustentables*, debido a que son intensivos en el uso de recursos naturales y el ingreso monetario generado por su venta es bajo, en términos relativos (bajo ratio de USD/m^3 y de USD/Tn). Cabe aclarar que las líneas azules que determinan cada uno de los cuadrantes están fijadas en los USD/m^3 y en los USD/Tn promedio ponderadas para las exportaciones de PP y MOA en consideración.

Los productos que se encuentran en el cuadrante *insustentable* representan el 88% en dólares, el 89% en toneladas y el 93% en metros cúbicos de agua virtual de las exportaciones de PP y MOA. Entre estos productos se encuentran los porotos de soja, los subproductos oleaginosos de la soja (como la harina de extracción), el aceite de soja, el trigo, la harina de trigo, el maíz, entre otros.

Por otro lado, sólo tres productos se encuentran en el cuadrante *sustentable*: leches preparadas, quesos y carne bovina. Representan el 10% en dólares, el 9% de las toneladas y el 5% del agua virtual utilizada de las exportaciones de PP y MOA. Por lo tanto, se puede decir que la estrategia de inserción de la Provincia de Santa Fe está basada en la venta de productos con alto contenido de recursos naturales pero con bajo valor monetario, en términos relativos.

Además, este análisis muestra que existen alternativas que otorgan mayores divisas por unidad de recurso natural utilizado que ya están siendo exportadas por la Provincia, pero en magnitudes mucho más pequeñas. Para particularizar el análisis, pueden establecerse comparaciones entre ciertos PP y sus derivados industrializados, las cuales se explicitan en las Tablas 1 y 2.

Se supone que a medida que el producto primario es transformado en un producto manufacturado, se le agrega valor, es decir, debería ser más valorado, tanto en términos de dólar por tonelada (USD/Tn) como en términos de dólar por metro cúbico USD/m³. En relación a esto, se tomarán como ejemplo una rama de producto: la de la soja, con sus derivados (aceite de soja y subproductos oleaginosos de soja) y la del trigo, con sus derivados (harina de trigo).

Tabla 1. Comparación de la soja y sus derivados en términos de dólar por tonelada (USD/Tn), metro cúbico por tonelada (m³/Tn) y dólar por metro cúbico (USD/m³).

Fuente: elaboración propia según OPEX y Hoekstra y Chapagain (2004).

Producto	U\$/Tn	m ³ /Tn	U\$/m ³
	339	1107	0,31
Aceite de soja	647	3476	0,19
Subproductos oleaginosos de soja	315	921	0,34

Tabla 2. Comparación del trigo y sus derivados en términos de dólar por tonelada (U\$/Tn), metro cúbico por tonelada (m³/Tn) y dólar por metro cúbico (U\$/m³).

Fuente: elaboración propia según OPEX y (Hoekstra y Chapagain, 2004).

Producto	U\$/Tn	m ³ /Tn	U\$/m ³
Trigo	218	738	0,30
Harina de trigo	331	830	0,39

En el caso de la soja y sus derivados, lo supuesto en cuanto a los dólares por tonelada se cumple para el caso del aceite de soja (647) y no así en el caso de los subproductos que surjan de este proceso (315), siendo la cantidad de dólares obtenida por una tonelada de producto primario igual a 339. En términos de dólares por metro cúbico, los resultados son contradictorios; los dólares por metro cúbico contenido en el aceite de soja (0,19) son menos que aquellos que se obtienen por metro cúbico de agua virtual contenida en la soja (0,31).

Sin embargo, la relación propuesta sí parece cumplirse en el caso de los subproductos oleaginosos de soja (0,34). Por lo tanto, para los ejemplos mencionados, el valor expresado en términos de dólares por cantidad de

material no parece respetar la hipótesis planteada. Esto parece indicar que la industrialización de la soja para ser convertida en aceite se basa principalmente en la intensificación del uso del agua en la producción; de hecho, se puede observar que el agua virtual requerida para producir una tonelada de aceite de soja más que triplica al agua virtual necesaria para producir una tonelada de soja, debido a que una tonelada de aceite de soja se produce a partir de varias toneladas del producto primario, por lo que el agua virtual contenida en estas últimas se acumulara en una sola tonelada de aceite.

Por lo tanto, el agregado de valor, que se muestra en términos de dólares por tonelada, se logra a partir de una intensificación del uso del agua virtual, que, al no ser acompañada con un aumento del ingreso monetario de (al menos) la misma proporción, hace que cada metro cúbico implicado en la cadena de producción se desvalorice (caiga el ratio U\$/m³).

El caso del trigo y su derivado, la harina de trigo, parecen seguir la hipótesis planteada. La industrialización del producto primario trae aparejada un aumento en los dólares obtenidos por tonelada, así como un incremento en los dólares por metro cúbico. Puede observarse que, para producir una tonelada de harina de trigo, se requiere solo un 12% más de agua virtual por tonelada que para producir una tonelada del producto primario. Por lo tanto, en el caso de esta cadena de valor, la industrialización parece haberse logrado sin un aumento de gran magnitud en el uso del agua.

Conclusiones

A partir de lo analizado, se pueden esbozar algunas conclusiones. En primer lugar, el trabajo muestra que la Provincia de Santa Fe se inserta en el patrón de comercio internacional como una exportadora de recursos naturales, representando la venta al exterior de Productos Primarios y Manufacturas de Origen Agropecuario la parte mayoritaria de las exportaciones de bienes, medidas tanto en toneladas como en dólares.

En segundo lugar, se puede observar que la mayor parte de las exportaciones de la región son intensivas en el uso de recursos naturales y gener-

an ingresos monetarios relativamente bajos, existiendo otras alternativas dentro de los productos ya exportados que generan un mayor ingreso de divisas por unidad de recurso natural (tanto en términos del ratio dólares por tonelada como del ratio dólares por metro cúbico de agua virtual), pero que se exportan en menores cantidades.

En tercer lugar, el análisis muestra que el agregado de valor que se logra a partir de la industrialización de algunos Productos Primarios se lleva adelante a partir de la intensificación en el uso del agua virtual.

Desde la óptica del autor del presente trabajo, se cree que se cumplió con el objetivo de complejizar en análisis de las exportaciones de la Provincia de Santa Fe a partir de la introducción del indicador del agua virtual, así como también se pudieron plantear alternativas a las exportaciones mayoritarias, siendo estas últimas intensivas en recursos naturales, pero con una baja retribución monetaria.

Sin embargo, es pertinente aclarar que las alternativas planteadas surgen de un análisis parcial a partir de indicadores monetarios y biofísicos e ignora las complejidades y dificultades que se presentan a la hora de virar de la producción de un tipo de producto hacia otro, ni los impactos ambientales no tenidos en cuenta por los indicadores utilizados. Por lo tanto, los resultados deben ser ampliados teniendo presentes las consideraciones aquí planteadas.

Bibliografía

Belloni, P. y Peinado, G. (2013). *Inserción externa, capitales transnacionales e intercambio ecológicamente desigual en América del Sur posneoliberal*. *Sociedad y Economía*, 15-38.

Centro de Estudios y Servicios . (2010). *Consumo de agua requerido para producir las exportaciones de Santa Fe*. Santa Fe: Bolsa de Comercio de Santa Fe.

Eisenmenger, N., Ramos Martín, J. y Schandl, H. (2007). *Análisis del metabolismo energético y de materiales de Brasil, Chile y Venezuela*. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 17-39.

Ganem, J. y Peinado, G. (2012). *Estructura productiva, comercio internacional y ambiente. Indicadores biofísicos de la economía argentina desde la perspectiva del intercambio ecológicamente desigual*. *Actas de las Jornadas Anuales de Investigaciones en la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística* (ps. 1-13). Rosario: Secretaria de Ciencia y Tecnología; Facultad de Ciencias Económicas y Estadística, Universidad Nacional de Rosario.

Hoekstra, A. Y. y Chapagain, A. K. (2004). *The waterfootprint of nations. Volume 1: Main Report*. Delft: IHE.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2021). *Manual de evaluación de la huella hídrica. Establecimiento del estándar mundial*. Madrid: AENOR internacional.

Krausmann, F., Grinch, S., Eisenmenger, N., Erb, K., Haberl, H. y Fischer-Kowalski, M. (2009). *Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century*. *Ecological Economics*, 2696-2705.

Peinado, G. (2018). *Economía Ecológica y comercio internacional. El comercio internacional como visibilizador de los flujos ocultos del comercio internacional*. *Revista Economía*, 53-69.

Peinado, G., Passalía, C., Castelano, J. A., Rodríguez, L., Rubíes, F. y Spanev-ello, M. B. (2022). *Estudio económico del comercio exterior de la provincia de Santa Fe (Argentina) desde el enfoque de metabolismo socio-económico*. *Expresión Económica*, 7-45.

Pengue, W. (2009). *Fundamentos de economía ecológica*. Buenos Aires: Kaicron.

Pérez Manrique, P., Brun, J., González Martínez, A. C., Walter, M. y Martínez Allier, J. (2013). *The Biophysical Performance of Argentina*. *Journal of Industrial Ecology*, 590-604.

Rodríguez, L., Peinado, G., Mora, A., Passalia, C., Piccolo, P. y Braidotti, V. (2022). *Caracterización de las exportaciones de Santa Fe: Ecodependientes o Interdependientes*. Rosario: XVI Jornadas de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Russi, D., González Martínez, A. C., Silva Macherm, J., Giljum, S., Martínez Allier, J. y Vallejo, M. C. (2008). *Material Flows in Latin America. A comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico and Perú*. *Journal of Industrial Ecology*, 704-720.

Schandl, H. y West, J. (2010). *Resource use and resource efficiency in the Asia-Pacific region*. *Global Environmental Change*, 636-647.

Vallejo, M. C. (2009). *La estructura biofísica de la región andina y sus relaciones de intercambio ecológicamente desigual (1970-2005)*. Un estudio comparativo. Madrid: Fundación Carolina.

Weisz, H., Amann, C., Eisenmenger, N., Krausmann, F. y Hubacek, K. (2004). *Development of material use in the EU-15: 1970-2001. Types of materials, cross country comparison and indicator improvement*. *IFF-Social Ecology*, 1-90.

West, J. Schandl, H. (2013). *Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos de América Latina*. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Anexo I.

Productos primarios exportados desde la provincia de Santa Fe en el año 2019, ordenados de mayor a menor por total de dólares.

Fuente:

Elaboración propia según OPEX y Hoekstra & Chapagain, (2004)

Producto	Exportación anual (ton)	Dólares	Dólares por tonelada	Agua virtual utilizada por ton (m3/ton)	Agua virtual utilizada total (m3)
Maíz	4,300,209	709,170,028	165	469	2,016,798,021
Soja	1,822,928	617,345,600	339	1,107	2,017,981,296
Trigo	1,858,957	404,861,079	218	738	1,371,910,266
Productos primarios (confidencial)	228,093	61,692,448	270	677	154,499,314
Arroz	69,057	25,262,552	366	1,351	93,296,007
Fibras de algodón	11,815	15,613,187	1,321	9,771	115,444,365
Miel	6,702	14,990,099	2,237	5,916	39,649,032
Girasol	19,730	11,042,446	560	2,898	57,177,540
Pescados	8,729	10,332,898	1,184	5,916	51,640,764
Cebada	26,937	6,286,868	233	634	17,078,058
Sorgo granífero	33,942	5,595,663	165	427	14,493,234

Legumbres	5,828	2,580,327	443	230	1,340,440
Restos semillas y frutos oleaginosos	2,160	1,805,923	836	1,802	3,891,780
Maní	1,382	1,665,565	1,205	1,702	2,352,164
Resto de productos primarios	2,760	769,895	279	709	1,958,212
Resto de hortalizas y legumbres sin elaborar	1,268	200,466	158	451	571,868
Animales vivos	16	185,530	11,596	3,556	56,896
	8,400,513	1,889,400,574		2,256	5,960,139,257

Anexo II.

MOA exportadas desde la provincia de Santa Fe en el año 2019, ordenadas de mayor a menor por total de dólares.

Fuente:

elaboración propia según OPEX y Hoekstra, Chapagain, (2004)

Producto	Exportación anual en toneladas (Tn)	Dólares (USD)	Dólares por tonelada (USD/Tn)	Agua virtual utilizada por tonelada (m3/Tn)	Agua virtual utilizada total (m3)
Subproductos oleaginosos de soja	17.276.189	5.449.950.539	315	921	15.911.370.069
Aceite de soja	3.256.794	2.108.403.499	647	3.476	11.320.615.944
MOA (confidencial)	2.295.877	1.150.245.651	501	3.591	8.245.508.574
Carne bovina	184.445	921.211.196	4.995	5.642	1.040.638.690
Quesos	42.574	164.207.753	3.857	2.593	110.394.382
Leches preparadas	50.160	138.534.502	2.762	811	40.679.760
Afrecho, afrechillo, pallets (trigo, maíz, sorgo y mijo)	1.133.010	122.407.957	108	1.934	2.191.241.340

Resto de grasas y aceites	193.857	101.669.565	524	4.925	954.721.493
Pieles y cueros preparados	25.548	73.996.565	2.896	8.568	218.895.264
Aceite de girasol	53.427	46.482.476	870	5.869	313.563.063
Harina de trigo	113.549	37.583.973	331	830	94.245.670
Pastas alimenticias y productos de panadería	6.449	18.053.494	2.799	1.849	11.924.201
Restos de MOA	7.843	16.582.746	2.114	1.643	12.888.737
Conservas y preparados de carne	4.072	14.822.903	3.640	10.453	42.564.616
Resto de los productos de molinería	11.659	10.245.775	879	1.502	17.505.989

Resto de residuos alimenticios y preparados para animales	48.817	6.836.928	140	1.363	66.519.439
Resto de bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre excluido el vino de uva	5.622	3.891.578	692	532	2.990.904
Otros productos de origen animal	2.144	3.761.975	1.755	4.794	10.277.607
Grasas y sebos	3.423	2.198.167	642	2.362	8.085.126
Subproductos oleaginosos de girasol	5.611	791.404	141	1.150	6.452.650
Resto de preparados de legumbres, hortalizas y frutas	328	574.450	1.751	513	168.264
Preparaciones de cacao	87	338.719	3.893	33.261	2.893.707

Artículos de confitería sin cacao	119	282.003	2.370	1.440	171.360
Carne de ave	360	281.142	781	5.916	2.129.760
Otros extractos curtientes	55	89.616	1.629	3.094	170.170
Especias	160	72.993	456	2.481	396.960
Totales	24.722.179	10.393.517.569			40.627.013.738,46