

Huella hídrica manufacturera. Una comparación entre países ricos y pobres

Manufacturing Water footprint. A comparison between rich and poor countries

(Esta versión: 15/mayo/2019; aceptado: 4/diciembre/2019)

*Ana Lilia Valderrama Santibáñez**

*Omar Neme Castillo**

*Héctor Flores Márquez***

RESUMEN

El dinamismo del sector manufacturero a nivel mundial depende sustancialmente del acceso al agua. En la actualidad los países ricos consumen mayores cantidades de agua en términos absolutos que las economías pobres; no obstante, en términos per cápita o por unidad de valor agregado, los países de menor ingreso registran consumos hídricos más elevados, generando una marcada desigualdad en la huella hídrica entre estos grupos de países. El documento tiene como objetivo identificar las desigualdades de consumo de agua de los productos industriales entre grupos de países. Para ello, se calcula la huella hídrica mediante el análisis insumo-producto (IP) para un grupo de 150 países durante el periodo 1996-2005, con información disponible en Mekonnen y Hoekstra (2011), y se estima la desigualdad mediante el índice Theil propuesto por Duro y Teixidó (2013). Los resultados confirman el desequilibrio en la distribución del consumo de agua entre estos países. Por ende, se infiere que el consumo de bienes manufactureros de los países ricos se sustenta en una huella hídrica comparativamente baja a la de los países de menor ingreso, siguiendo, entonces, una estrategia industrial intensiva en consumo de agua.

* Profesor-Investigador en la Escuela Superior de Economía- Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. México. Correo electrónico: analilia.vs@gmail.com

* Profesor-Investigador en la Escuela Superior de Economía- Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. México. Correo electrónico: onemeco@gmail.com

** Candidato a Doctor en Ciencias Económicas. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. México. Autor para correspondencia. Correo electrónico: hfmarquez@hotmail.com. Autor para correspondencia.

Palabras clave: Huella hídrica; países ricos y pobres; desigualdad; sector industrial.

Clasificación JEL: L6; Q25; Q32.

ABSTRACT

Worldwide dynamism of the manufacturing sector depends on access to water. Rich countries consume greater amounts of water in absolute terms than poor economies. However, in per capita terms or per unit of value added, lower income countries register higher water consumption, driving a remarkable inequality in water footprint among these groups of countries. The document aims to identify the inequalities of water consumption of industrial products between groups of countries. To do this, the water footprint is calculated through the input-output analysis for a group of 150 countries during the period 1996-2005, with information available in Mekonnen and Hoekstra (2011), and then inequality is estimated using the Theil index proposed by Duro and Teixidó (2013). The results confirm the imbalance in the distribution of water consumption between rich and poor countries. Thus, it can be inferred that the consumption of manufactured goods from rich countries is based on a water footprint that is comparatively low to that of the countries with the lowest income, following, then, an intensive industrial strategy in water consumption.

Keywords: Water footprint; rich and poor countries; inequality; industrial sector.

JEL Classification: L6; Q25; Q32.

INTRODUCCIÓN

Conforme la población crece y las industrias manufactureras se desarrollan las necesidades de agua a nivel global aumentan. El consumo de agua anual de la industria manufacturera mundial representa el 10% del total (Mekonnen y Hoekstra, 2011). La demanda de agua se incrementa año con año y amplía la brecha con respecto a las principales fuentes del recurso, lo que representa una potencial escasez mundial. Al respecto, el sector manufacturero contribuye con el 4.4% de la huella hídrica (HH) total, por lo que el uso del agua en este conjunto de actividades afecta en gran medida a la degradación y contaminación de los recursos hídricos.¹ La dinámica productiva del sector manufacturero caracterizada por vínculos comparativamente cercanos entre las empresas -proveedores-clientes-competidores-, explica lo anterior, al tiempo que representa posibles barreras de entrada para empresas potenciales, particularmente al considerar la disponibilidad de agua.

Asimismo, los patrones de consumo y producción entre economías no “encajan” con la distribución mundial de la huella hídrica. Los países de ingreso alto

¹ La contribución del sector manufacturero en la huella hídrica está subestimada puesto que parte de sus insumos provienen del sector agropecuario, forestal y pesquero (responsable del 92% de la huella hídrica total). Indirectamente el sector manufacturero contribuye en la generación de huella al demandar insumos provenientes desde éstos, por lo que su consideración elevaría, su participación en la huella hídrica global.

tienen mayor capacidad de demandar productos manufactureros que los países en desarrollo (UNIDO, 2017) y tienen comparativamente menores HH industriales -en términos per cápita-, considerando el consumo promedio per cápita, los hábitos de consumo, el clima -que evapora el agua-, y las prácticas agropecuarias (Chapagain y Hoekstra, 2004). En el periodo 1996-2005 la demanda total de bienes manufactureros de este grupo de países fue 3.34 veces la demanda de los países pobres, mientras que la huella hídrica promedio del primer grupo alcanzó los 9.8 m³ por cada mil dólares de valor agregado, en contraste a los 170 m³ por mil dólares de valor agregado de los países de menor ingreso (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

En este sentido, los países de ingreso alto, dada su industrialización, demandan insumos de manera intensiva, entre ellos agua, para la producción de bienes industriales. En contraste, los países de ingreso bajo -con procesos de industrialización incipientes y tecnología menos limpias- demandan agua, de forma extensiva, caracterizándose por ser altamente contaminantes, contribuyendo a la crisis del agua por exceso y por contaminación.² Aún más, los patrones de especialización económica y de intercambio internacional entre países ricos y pobres, los primeros con tendencia a la terciarización de la economía y a la importación de bienes manufactureros y los últimos centrados en la producción y exportación de bienes primarios y secundarios, llevan a dinámicas particulares en el uso del agua en el sector manufacturero, que se traducen en procesos de transferencia de externalidades ambientales y económicas negativas -contaminación, escasez, acceso al recurso, etc.-, desde las economías ricas hacia las pobres, afectando las oportunidades de desarrollo sustentable de cada uno y distorsionando la estructura internacional del precio del agua;³ independientemente que estos usos del agua puedan considerarse como eficientes en términos de los costos de oportunidad y razonablemente eficientes respecto a las externalidades negativas (Yang *et al.*, 2006).

Así, la situación actual establece la necesidad de evaluar adecuadamente el consumo de agua durante el proceso de producción de bienes manufactureros cuyo

² Por ejemplo, de acuerdo con datos del Banco Mundial, las emisiones de CO₂ del sector industrial son 67% mayores en países de ingreso bajo y medio en comparación a las emisiones en los países de alto ingreso.

³ Este argumento se relaciona también con el hecho que las empresas multinacionales del sector manufacturero mayoritariamente con matrices en países industrializados son líderes en las cadenas globales de valor, por lo que el empleo del agua en sus procesos de producción, dados los procesos de gobernanza de estas cadenas, tiende a dispersarse hacia países en desarrollo, sede de numerosas filiales. Desde esta perspectiva, las inversiones de los países ricos hacia los países pobres tienen un carácter contaminante que representa un incentivo para su realización. Los principales efectos ambientales de las empresas multinacionales han sido identificados por la literatura. En este sentido, Uharte (2014), identifica la contaminación del aire, del agua, de la tierra, de la flora, de la fauna y de los seres humanos como efectos adversos de las empresas multinacionales. Además, los capitales extranjeros tienden a sobreexplotar el agua en territorios distintos al de origen (Ávila, 2016).

valor agregado representa alrededor del 16.2% del PIB mundial, aproximadamente 9.2 mil millones de dólares (ONUDI, 2015). Una alternativa para realizar este tipo de evaluaciones es la metodología de huella hídrica, concepto que cuantifica la cantidad de agua requerida para producir determinado bien más la cantidad de agua necesitada en todo el ciclo de vida. En otras palabras, es la cantidad de agua usada directa e indirectamente en la fabricación de un producto (Chapagain y Hoekstra, 2004). La huella hídrica se compone de la cantidad de agua requerida en todas las etapas del proceso de producción de un bien (extracción directa), y de la cantidad de agua utilizada de manera indirecta (extracción indirecta).⁴

De acuerdo con Mekonnen y Hoekstra (2011), la huella hídrica de la industria es aproximadamente de 399.8 gm³/año (295 gm³/año verde, 43.9 gm³/año azul y 59.9 gm³/año gris) en el periodo 1996-2005.⁵ Para los productos industriales, Strange y Bayley (2013) indican que la huella hídrica promedio global es de 80 litros por dólar de valor agregado, cifra que varía ampliamente entre países; por ejemplo, de 10 a 15 litros en Japón, Australia y Canadá, de 20 a 25 en India y China, y 50 en Alemania y Holanda.

Al respecto, Giljum *et al.*, (2015) utilizan un modelo insumo-producto multi-regional para examinar los patrones mundiales de la extracción de materiales y de los materiales incorporados al comercio y consumo globales, encontrando una diferencia 50 veces mayor de los países ricos sobre las economías en desarrollo. De la misma forma, Alsamawi *et al.*, (2014) emplean el análisis IP para calcular la desigualdad de la huella hídrica entre los países. Encuentran que los países desarrollados tienen una huella desigual con los menos desarrollados, que es incluso mayor a la desigualdad interna, por lo que para mantener sus estilos de vida deben importar bienes desde economías más desiguales.

En este contexto, cabe preguntar si existe una desigual distribución espacial de la HH manufacturera en función del nivel de ingreso de las economías, lo que influiría en las oportunidades de desarrollo sustentable de los países dado los patrones de consumo de bienes de este sector. Así, se establece como hipótesis el desequilibrio de las huellas hídricas entre países en función de su ingreso per cápita. La relevancia de calcular estos desequilibrios es que una huella hídrica desigual refleja el vínculo de

⁴ La huella hídrica se desagrega en tres elementos: la huella azul se refiere al consumo de recursos hídricos superficiales y subterráneos a lo largo de la cadena de suministro de un producto; la huella verde se asocia al consumo de humedad del suelo y, la huella gris se entiende como el volumen de agua dulce requerido para asimilar la carga contaminante vertida en masas de agua, en función de las concentraciones de fondo naturales y los estándares de calidad del agua ambiental existente (Hoekstra *et al.*, 2009).

⁵ La huella hídrica global, suma de la agricultura, industria y sector doméstico, es de 9,087 gm³/año en ese mismo periodo (74% verde, 11% azul y 15% gris) (Mekonnen y Hoekstra, 2011); siendo el sector industrial el principal generador de huella hídrica gris en el mundo.

la actividad económica interna de cada país con la distribución del ingreso en otras partes del mundo (Alsamawi *et al.*, 2014).

Por ende, este documento tiene como objetivo identificar las desigualdades de consumo de agua dulce de los productos manufactureros, reflejada en el indicador de huella hídrica, para un grupo de 150 países, clasificados por el Banco Mundial como de ingreso alto, medio-alto, medio-bajo y bajo, durante el periodo 1996-2005, dada la disponibilidad de datos. Para ello, el siguiente apartado resalta los principales aspectos de la literatura del tema. En la segunda sección se describen las metodologías insumo-producto para la huella hídrica y de desigualdad a partir de la propuesta de Duro y Teixidó (2013) que evalúa el papel de la intensidad hídrica, el ingreso promedio y un término de correlación inter-factor como determinantes de las desigualdades globales de la huella hídrica manufacturera per cápita. En el tercer apartado se presentan los resultados centrales. Después se discuten los resultados, para finalmente presentar algunas reflexiones.

Dado que la literatura referente a la distribución de la HH del sector manufacturero entre países es escasa, el documento contribuye al debate actual al examinar la distribución internacional de este indicador para los bienes manufactureros y comparar los niveles de desigualdad en el uso del recurso hídrico entre países, en un contexto de limitada biocapacidad del planeta, globalización y crecimiento del consumo, lo que resulta fundamental para las ópticas académica, del mercado y de políticas públicas.

I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En general, el volumen de agua nacional puede separarse, para fines prácticos, en usos consuntivos e incluye el agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas; y no consuntivos, asociado con hidroeléctricas y conservación ecológica (CONAGUA, 2018).

Partiendo de esto, un elemento de los procesos manufactureros es el agua, que influye en el valor añadido o productividad (número de unidades producidas por unidad de agua utilizada), por lo que éste varía profundamente según el sector industrial específico, el valor de mercado del producto y el valor conferido al agua empleada en el proceso. Esto da lugar a la metodología de la Huella Hídrica, entendida como marco de referencia base para procesos más eficientes y sustentables, que contribuye a la gestión medioambiental de las industrias y a monitorear los desequilibrios en los consumos de agua de los sectores productivos entre países.

De este modo, los estudios tienden a centrarse en el cálculo de la HH en países, regiones subnacionales, ciudades y cuencas hidrográficas (véase Hoekstra, 2017). Al mismo tiempo, los estudios de la HH a nivel sectorial se orientan más al agrícola (Chapagain *et al.*, 2006), minero (Ranchod *et al.*, 2015) o ganadero (Gerbens *et al.*,

2013), siendo reducidos los análisis para el sector industrial (Aviso *et al.*, 2011; Boero y Pasqualini, 2017) que tienden a realizarse para productos específicos como alimentos y bebidas (Ercin *et al.*, 2012), textiles (Pal *et al.*, 2017), cemento (Hosseinian y Nezamoleslami, 2018), combustibles (Dominguez *et al.*, 2009) y automóviles (Berger *et al.*, 2012).

El estudio de la distribución de la huella hídrica a nivel país-sector es una línea de investigación emergente, por lo que la discusión actual es incipiente y lejos de consenso en lo referente a la metodología, variables y efectos. No obstante, por un parte existen documentos -citados arriba- que evidencian, a partir de la metodología insumo-producto, la mayor HH manufacturera de los países ricos comparados con los pobres. En particular, en América del Norte se encuentra una clara diferencia en el uso de agua en la industria; países ricos como EU y Canadá presentan mayor consumo de agua en relación a un país pobre como México. Canadá y Estados Unidos registran una huella hídrica del sector industrial del 13% y 12%, respectivamente; mientras que México tan solo 3%, diez puntos porcentuales por debajo de sus socios comerciales en América del Norte (AgroDer, 2012).

Por otro lado, la literatura señala el sesgo en el consumo de agua a lo largo del ciclo del producto en contra de las economías en desarrollo. Por ejemplo, Gerbens *et al.*, (2013) analiza la producción de carne utilizando el sistema de producción industrial en dos países en desarrollo (Brasil y China) y dos avanzados (Holanda y Estados Unidos). Encuentran que Brasil es el país que utiliza más agua para la producción de un kilo de carne de aves de corral, con alrededor de 5,000 lt/kg; China, otro país emergente, es el segundo lugar consumiendo 3,000 lt/kg. Holanda y EU presentan una huella hídrica muy parecida entre ellos, alrededor de 2,000 lt/kg. Concluyen que las diferencias en el valor de la huella entre estos cuatro países, tiene que ver con los procesos de alimentación, donde EU y Holanda tienen sistemas más eficientes en la utilización del agua.

Aún más, existen estudios con resultados mixtos respecto a la desigualdad de la huella hídrica entre países-sectores. Se identifica una gran diferencia entre consumo de agua en el sector industrial en los países del mundo, por ejemplo, el 38% de la huella hídrica de la producción mundial se concentra en tres países: China, India y EU. En particular, para Mekonnen y Hoekstra (2011), las dos economías más grandes del mundo tienen, a su vez, la mayor HH industrial. Señalan que cerca de 40% de la huella mundial de agua para la producción industrial se registra en China (22%) y EU (18%). En el caso concreto de los textiles, la huella hídrica promedio global es de 10,000 lt/kg (por ejemplo, una camiseta de 250 gramos de algodón requiere 2,500 litros para su elaboración). Esta cifra varía notablemente dependiendo del lugar de manufactura. La huella hídrica de estos textiles en EU es 8,100 lt/kg, mientras que en India es de

22,500 lt/kg; en China 6,000 lt/kg; en Pakistán 9,600 y en México 7,600 lt/kg (Mekonnen y Hoekstra, 2012).

Si bien la evidencia es no concluyente, cuando se considera la huella hídrica en términos de la población, parece vislumbrarse una tendencia más clara. Hoekstra y Chapagain (2007) argumentan que EU tiene una HH promedio global per cápita 2.5 veces mayor a la china. (Tian *et al.*, 2017) confirman lo anterior al indicar que la huella total de China es mayor a la del promedio de la Unión Europea, pero la huella per cápita es menor.

En corto, se tiene una aparente diferencia en el consumo de agua en la industria manufacturera entre países y productos. Los países de ingreso alto son los de mayor desarrollo, industrialización, uso de tecnologías y marcos regulatorios más fuertes, por lo que cabe esperar que el consumo de agua en la industria sea mayor en valor absoluto, pero menor en términos per cápita que en las economías de ingreso medio y bajo, quienes observan niveles de eficiencia usualmente reducidos en el uso del agua dentro de los procesos productivos.

II. METODOLOGÍA

En los últimos años los estudios del tema han combinado los análisis insumo-producto y huella hídrica lo que ha llevado a progresos en esta línea de investigación (Ewing *et al.*, 2012). Una de las ventajas de emplear el modelo IP es que permite considerar tanto el uso de agua directo como el indirecto a lo largo de la cadena de valor de un bien específico destinado para consumo final (Lenzen *et al.*, 2013).

En consecuencia, para calcular la huella hídrica se recurre al análisis insumo-producto para los bienes manufacturados. Formalmente se emplea la ecuación:

$$HH = d(I - (I - M)A)^{-1} \quad (1)$$

Donde HH es la huella hídrica, I la matriz identidad, M la matriz de coeficientes de importación, A la matriz de coeficientes de insumos, y d , el vector de consumo (o extracción) directo de agua. La disponibilidad de datos varía considerablemente entre países, por ende, se considera un año dentro del periodo 1996-2005 según la información existente para cada uno. Adicionalmente, es necesario homogeneizar las industrias dentro del sector a partir de la *International Standard Industrial Classification* (ISIC) revisión 4, para un total de 24 códigos.⁶ Para

⁶ 10 productos alimenticios; 11 bebidas; 12 productos de tabaco; 13 textiles; 14 ropa; 15 productos de piel; 16 productos de madera, excepto muebles; 17 productos de papel; 18 impresión y medios de reproducción; 19 petróleo y sus productos; 20 productos químicos; 21 productos farmacéuticos; 22 caucho y productos de plástico; productos minerales no metálicos; 24 metales básicos; 25 productos fabricados de metal, excepto maquinaria y equipo; 26 computadoras, electrónicos y productos ópticos; 27 equipo

normalizar los datos y realizar comparaciones los resultados se dividen por el valor agregado en cada industria en dólares estadounidenses. Esto es, la cantidad de agua empleada se expresa en metros cúbicos por cada mil dólares de valor agregado en determinada industria. Los datos para implementar la metodología insumo-producto para el conjunto de países analizados se toman de Mekonnen y Hoekstra (2011) y se complementan con fuentes nacionales.

Índice de desigualdad

Si bien, de acuerdo con Gali *et al.*, (2012), existe una “familia de huellas” que configuran un marco de evaluación de los tres principales aspectos ambientales y que incluye las huellas de carbón (HC), ecológica (HE) e hídrica (HH), el documento se centra en la última para analizar las variaciones nacionales de la huella hídrica industrial por unidad de valor agregado per cápita.

Siguiendo la argumentación de Duro y Teixidó (2013) los desequilibrios internacionales en la huella hídrica per cápita pueden desagregarse en la contribución de tres factores, a saber: PIB (y), intensidad hídrica (I) y una medida de correlación entre ambos ($\sigma_{I,y}$), entendidos como subíndices de desigualdad sumados en un índice de desigualdad tipo Theil.⁷ Formalmente:

$$T(e) = T(e^I) + T(e^y) + \ln \left(1 + \frac{\sigma_{I,y}}{\mu(e^I)} \right) \quad (2)$$

Siendo $\sigma_{I,y}$ el coeficiente de correlación entre la intensidad hídrica y el PIB manufacturero per cápita, $\mu(e^I)$ la huella hídrica per cápita mundial, y $T(\bullet)$ el índice de Theil, por lo que $T(e^I)$ y $T(e^y)$ miden el papel parcial de la intensidad hídrica y del PIB manufacturero, respectivamente en la desigualdad total. Esto es:

$$T(e^I) = \sum_i p_i \ln \left(\frac{\mu(e^I)}{e_i^I} \right) \quad (3)$$

$$T(e^y) = \sum_i p_i \ln \left(\frac{\mu(e^y)}{e_i^y} \right) \quad (4)$$

eléctrico; 28 maquinaria y equipo; 29 vehículos automotores; 30 otros equipos de transporte; 31 muebles; 32 otras manufacturas; 33 reparación e instalación de maquinaria y equipo.

⁷ Al respecto, Duro y Teixidó (2013) adaptan el índice Theil al análisis de las desigualdades de la huella ecológica per cápita y lo calculan como: $T_e = \sum_{i=1}^n p_i \ln(\mu^e / e_i)$; donde p_i es la población relativa del país i ; μ^e la huella ecológica per cápita total del mundo; e_i la huella ecológica per cápita del país i y \ln es logaritmo neperiano.

Asimismo, e^I y e^Y representan los vectores de la huella hídrica manufacturera de cada país para cada uno de los factores y p_i el empleo manufacturero relativo del país i . De acuerdo con Duro y Padilla (2006) solo se permite que uno de estos varíe en cada caso mientras que se asume el otro factor es igual al promedio global, así:

$$e^I = I_i * y \quad (5)$$

$$e^Y = I * y_i \quad (6)$$

Donde e^I y e^Y representan la huella hídrica manufacturera en términos per cápita asociada a la intensidad hídrica y PIB sectorial, en ese orden. De este modo, la descomposición de las desigualdades en la HH manufacturera per cápita medida por (2) deriva, siguiendo a York *et al.* (2005), citado en Duro y Teixidó (2013), de la descomposición factorial inicial multiplicativa de la intensidad en el uso del recurso agua y el promedio del ingreso, expresada como:

$$e_i = \frac{E_i}{P_i} = \frac{E_i}{Y_i} * \frac{Y_i}{P_i} = I_i * y_i \quad (7)$$

Donde e es la huella hídrica manufacturera per cápita el país i ; E es la huella hídrica manufacturera del i -ésimo país; Y el PIB industrial en i ; P el empleo manufacturero en i ; I_i la intensidad del factor agua en i , medida como el cociente de la huella hídrica del país i y la producción manufacturera de i ; y, por último, y es el PIB manufacturero per cápita. En consecuencia, el uso de recursos en términos per cápita permite desagregar las huellas hídricas por los efectos asociados con la intensidad en el uso del recurso y la actividad manufacturera total (captura el efecto de escala). En el primer caso, la relevancia de la intensidad se explica por aspectos de eficiencia hídrica. En concreto, las desigualdades internacionales en las huellas hídricas per cápita a nivel manufacturero entre países ricos y pobres, objeto de este estudio, se descomponen en términos de la suma de las contribuciones parciales de cada factor y del factor de correlación señalados en (2).

III. RESULTADOS

Los países considerados para el análisis se clasifican por ingreso de acuerdo con el Banco Mundial y se muestran en el cuadro 1. El cuadro 2 resume los resultados del cálculo de la huella hídrica manufacturera promedio del periodo 1996-2005 para los países considerados -agrupados por nivel de ingreso-. Un menor nivel de HH de los productos manufactureros es indicativo de un consumo más eficiente del agua como recurso en los procesos productivos.

Cuadro 1 Grupos de países

Cuadro 1. Grupos de países

Grupo	País						Rango de ingreso
Alto ingreso	1 Australia	7 Finlandia	13 Israel	19 Países Bajos	25 Singapur	31 Reino Unido	>10,725 dólares
	2 Austria	8 Francia	14 Italia	20 Nueva Zelanda	26 Eslovenia	32 Estados Unidos	
	3 Bélgica	9 Alemania	15 Japón	21 Noruega	27 España		
	4 Canadá	10 Grecia	16 Corea	22 Portugal	28 Suecia		
	5 Chipre	11 Islandia	17 Luxemburgo	23 Qatar	29 Suiza		
	6 Dinamarca	12 Irlanda	18 Malta	24 Arabia Saudita	30 Emiratos Árabes Unidos		
Ingreso medio alto	1 Argentina	6 Costa Rica	11 Hungría	16 Mauricio	21 Rumania	26 Trinidad y Tobago	3,466-10,725 dólares
	2 Barbados	7 Croacia	12 Letonia	17 México	22 Rusia	27 Uruguay	
	3 Belice	8 República Checa	13 Líbano	18 Omán	23 República Eslovaca	28 Venezuela	
	4 Botsuana	9 Estonia	14 Lituania	19 Panamá	24 Sudáfrica		
	5 Chile	10 Gabón	15 Malasia	20 Polonia	25 Turquía		
Ingreso medio bajo	1 China	9 Bulgaria	17 Moldova	25 Albania	33 Paraguay	41 Congo	876-3,465 dólares
	2 Iraq	10 Azerbaiyán	18 Cuba	26 El Salvador	34 Jamaica	42 Namibia	
	3 Ucrania	11 Tailandia	19 Colombia	27 Bielorrusia	35 Túnez	43 Suazilandia	
	4 Serbia y Montenegro	12 Irán	20 Argelia	28 Armenia	36 República Dominicana	44 Islas Fiji	
	5 Brasil	13 Ecuador	21 Sri Lanka	29 Honduras	37 Suriname	45 Guyana	
	6 Kazajistán	14 Georgia	22 Turkmenistán	30 Marruecos	38 Nicaragua	46 Cabo Verde	
	7 Filipinas	15 Indonesia	23 Macedonia	31 Camerún	39 Lesoto	47 Maldivas	
	8 Egipto	16 Perú	24 Guatemala	32 Bolivia	40 Jordania		
Ingreso bajo	1 India	9 Kirguistán	17 Kenia	25 Papúa Nueva Guinea	33 Etiopía	41 Togo	≤875 dólares
	2 Vietnam	10 Mongolia	18 República Democrática del Congo	26 Senegal	34 Camboya	42 Gambia	
	3 Pakistán	11 Laos	19 Costa de Marfil	27 Malauí	35 Ruanda	43 Comoras	
	4 Nigeria	12 Bangladesh	20 Mauritania	28 Uganda	36 Burkina Faso		
	5 Uzbekistán	13 Madagascar	21 Yemen	29 Guinea	37 Mozambique		
	6 Tayikistán	14 Zambia	22 Mali	30 Burundi	38 Bután		
	7 Zimbabue	15 Myanmar	23 Benin	31 Tanzania	39 Sierra Leona		



Promedio de ingreso para el periodo 1996-2005

Fuente: Elaboración propia con base en Clasificación Analítica del Banco Mundial

El país con la mayor HH manufacturera es China con aproximadamente 142 miles de millones de m³ (mmm³) consumidos en promedio en el periodo, seguido por Rusia con 99.9 mmm³, Estados Unidos 86.5 mmm³ y la India con 65.1 mmm³, lo que está en línea con Mekonnen y Hoekstra (2011).

Existe una marcada diferencia entre las huellas hídricas de los cuatro grupos de países. La HH manufacturera de mayor magnitud se concentra en los países de ingreso medio-bajo con el 43.1% del total del consumo manufacturero de agua. Las economías de ingreso alto consumen el 20.8% del total, proporción apenas mayor al 19.9% correspondiente a los países de bajo ingreso. Por último, las naciones caracterizadas por un ingreso medio-alto agrupan el 16.2% del consumo mundial de agua para uso manufacturero industrial.

Cuadro 2
Huella Hídrica Manufacturera, promedio 1996-2005,
por grupo de países (millones de m3)

Grupo	País											
Alto ingreso	1 EEUU	86,454.5	7 Bélgica	3,471.2	13 Reino Unido	646.0	19 Austria	248.0	25 Nueva Zelanda	72.2	31 Luxemburgo	4.4
	2 Canadá	17,366.4	8 Arabia Saudita	1,766.8	14 Finlandia	623.6	20 Suiza	243.7	26 Islandia	54.8	32 Malta	1.4
	3 Francia	9,934.6	9 Corea	894.9	15 España	562.6	21 Irlanda	178.3	27 Israel	28.8		
	4 Italia	8,093.8	10 Noruega	891.7	16 Eslovenia	512.2	22 EAU	167.3	28 Qatar	15.9		
	5 Japón	6,640.8	11 Portugal	785.5	17 Países Bajos	430.4	23 Dinamarca	87.7	29 Singapur	5.6		
	6 Alemania	4,686.3	12 Australia	775.7	18 Suecia	416.2	24 Grecia	72.4	30 Chipre	4.4		
Ingreso medio alto	1 Rusia	99,889.9	6 Malasia	3,395.8	11 Costa Rica	687.7	16 TyT	92.4	21 Líbano	44.2	26 Panamá	31.1
	2 Rumania	9,075.4	7 Hungría	2,990.3	12 República Checa	674.6	17 Letonia	83.5	22 Botsuana	41.9	27 Lituania	21.9
	3 Polonia	8,294.7	8 Venezuela	2,118.3	13 Sudáfrica	665.9	18 Croacia	75.9	23 Omán	38.4	28 Mauricio	20.0
	4 México	4,310.6	9 Argentina	2,044.3	14 Eslovaquia	507.6	19 Barbados	72.6	24 Gabón	31.6		
	5 Turquía	3,631.7	10 Chile	1,575.4	15 Belice	100.3	20 Uruguay	63.2	25 Estonia	31.5		
Ingreso medio bajo	1 China	142,038.9	9 Bulgaria	5,550.1	17 Moldavia	1,093.3	25 Albania	266.2	33 Paraguay	102.0	41 Congo	31.0
	2 Iraq	32,318.6	10 Azerbaijón	4,262.5	18 Cuba	1,088.3	26 El Salvador	238.2	34 Jamaica	91.5	42 Namibia	23.7
	3 Ucrania	24,634.1	11 Tailandia	4,140.2	19 Colombia	897.7	27 Bielorrusia	183.0	35 Túnez	83.3	43 Suazilandia	22.9
	4 S-M	20,782.1	12 Irán	3,491.3	20 Algeria	846.5	28 Armenia	160.0	36 RD	78.5	44 Islas Fiji	10.2
	5 Brasil	18,918.9	13 Ecuador	2,087.2	21 Sri Lanka	584.6	29 Honduras	151.3	37 Surinam	60.3	45 Guyana	7.8
	6 Kazajistán	17,755.5	14 Georgia	1,437.2	22 Turkmenistán	546.6	30 Marruecos	131.6	38 Nicaragua	44.7	46 Cabo Verde	0.7
	7 Filipinas	13,028.7	15 Indonesia	1,354.4	23 Macedonia	317.6	31 Camerún	122.3	39 Lesoto	39.5	47 Maldivas	0.0
	8 Egipto	6,469.9	16 Perú	1,127.3	24 Guatemala	315.9	32 Bolivia	120.6	40 Jordania	36.7		
Ingreso bajo	1 India	65,093.2	9 Kirguistán	616.6	17 Kenia	217.1	25 PNG	75.7	33 Etiopía	26.0	41 Togo	3.3
	2 Vietnam	30,846.8	10 Mongolia	601.6	18 RDC	212.1	26 Senegal	70.4	34 Camboya	22.6	42 Gambia	2.8
	3 Pakistán	3,623.7	11 Laos	460.2	19 Costa de Marfil	170.4	27 Malauí	64.0	35 Ruanda	14.1	43 Comoras	0.8
	4 Nigeria	2,482.2	12 Bangladesh	414.5	20 Mauritania	150.7	28 Uganda	53.9	36 Burkina Faso	9.8		
	5 Uzbekistán	2,332.8	13 Madagascar	370.0	21 Yemen	135.3	29 Guinea	46.8	37 Mozambique	8.9		
	6 Tayikistán	1,765.7	14 Zambia	352.4	22 Mali	121.2	30 Burundi	41.0	38 Bután	7.2		
	7 Zimbabue	953.6	15 Myanmar	346.1	23 Benin	112.1	31 Tanzania	38.6	39 Sierra Leona	6.5		

EEUU: Estados Unidos; S-M: Serbia y Montenegro; RDC: República democrática del Congo; PNG: Papúa Nueva Guinea; EAU: Emiratos Árabes Unidos; RC: República Centroafricana; RD: República Dominicana; TyT: Trinidad y Tobago.

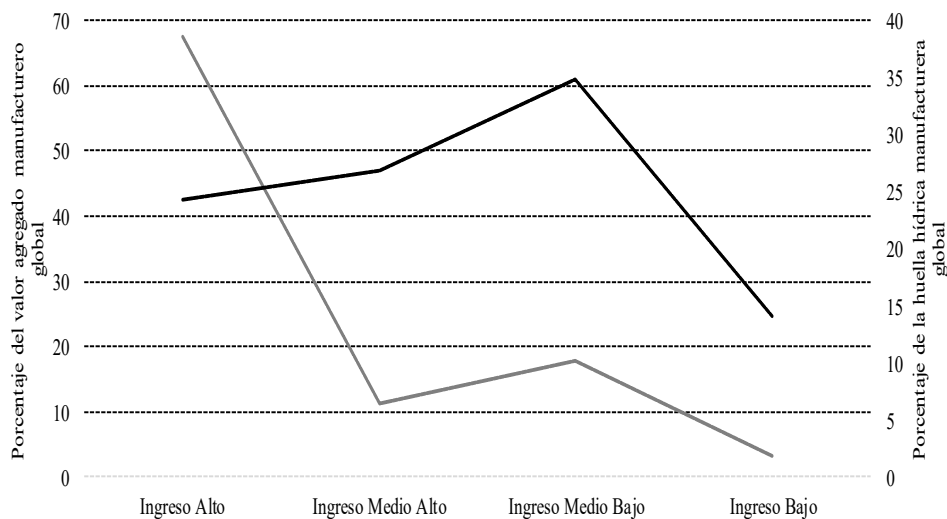
Fuente: Elaboración propia

Respecto a las economías de alto ingreso se tiene que el peso relativo de la HH manufacturera promedio frente a las economías de ingreso medio-alto es 1.29 veces, 1.04 veces la de los países de ingreso bajo y 0.48 veces la registrada por los de ingreso medio-bajo (figura 1); lo que contrasta con el resultado de Giljum *et al.* (2015). Aún más, si se considera que este grupo de países contribuye con el 67.5% del valor agregado manufacturero, se vislumbra un desequilibrio entre valor agregado y huella hídrica entre grupos. En contraste, los países con ingresos medios (alto y bajo) contribuyen en conjunto con el 29.1% del valor agregado global, pero muestran HH superiores al grupo de mayores ingresos.

De este modo, puesto que, en promedio, los países de alto ingreso agregan mayor valor y tienen relativos bajos valor de HH, se entienden como más eficientes en el consumo de agua al requerir una menor cantidad de este recurso para agregar valor a los bienes manufactureros. En otras palabras, minimizan, en comparación a los países

de ingreso medio, la cantidad de agua consumida en sus procesos productivos para generar valor agregado en el sector manufacturero.

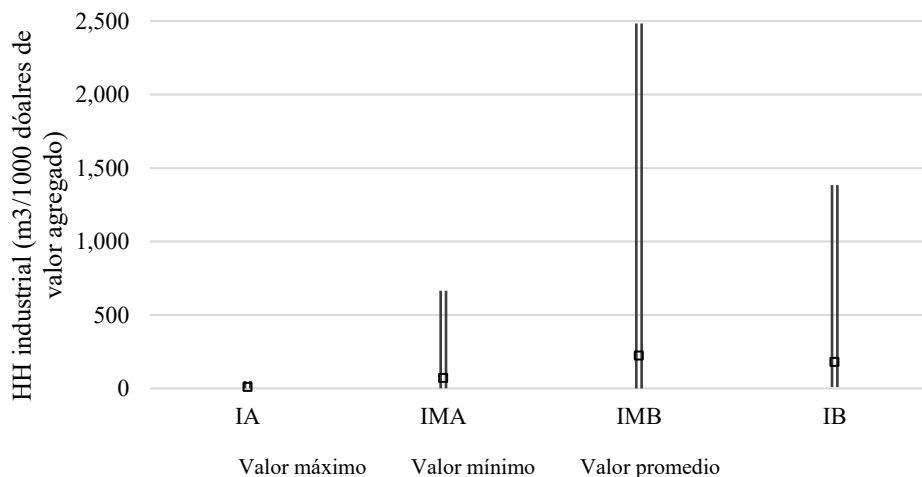
Figura 1
Contribuciones al valor agregado manufacturero y a la huella hídrica manufacturera, por grupo de países, 1996-2005



Fuente: Elaboración propia

Si se considera la huella hídrica por unidad de valor agregado manufacturero y el hecho que los países de ingreso alto son los de menor consumo de agua per cápita, el patrón anterior también sugiere que este grupo de países es más eficiente en el uso del agua. En este sentido, el consumo de agua para generar mil dólares de valor agregado representa apenas el 14% de la consumida por los países con ingreso medio-alto, 4.4% la de países LMI y 5.5% la de países de bajo ingreso, lo que contrasta con los hallazgos de Hoekstra y Chapagain (2007). En concreto, los países de ingreso medio-bajo son los de mayor huella hídrica por mil dólares de valor agregado, seguidos por los países de bajo ingreso y los de ingreso medio-alto. Adicionalmente, los valores máximos y mínimos de la HH manufacturera de este grupo son todos menores a estos mismos valores de los otros tres grupos de referencia (figura 2).

Figura 2
Huella hídrica manufacturera por unidad de valor agregado, promedio de grupos de países, 1996-2005



Huella Hídrica manufacturera por cada mil dólares estadounidenses de valor agregado.

IA: ingreso alto; IMA: ingreso medio-alto; IMB: ingreso medio-bajo; IB: ingreso bajo

Fuente: Elaboración propia

Al interior de los grupos, se tiene que, en los de alto ingreso, las 20 economías más eficientes consumen, en promedio, 2,300 litros por cada mil dólares de valor agregado, con un rango entre 160 litros y 4,280 litros. Sobresalen, en especial, Singapur, Luxemburgo, Israel y Kuwait, que requieren menos de mil litros para generar mil dólares de valor agregado. Las grandes potencias económicas, con la excepción de Japón y Alemania, registran una huella hídrica comparativamente elevada en este grupo. Por ejemplo, Estados Unidos consume 31 mil 400 litros por cada mil dólares de valor agregado, una cantidad similar a la que necesita Bolivia.

En consecuencia, se tiene una desigualdad de huellas al interior de este grupo, donde la HH de Singapur, país más eficiente, representa apenas 0.32% la HH de Eslovenia, el de mayor consumo dentro de los países de este rango de ingreso. De igual manera, los cinco países con menor consumo de agua por unidad producida en el sector manufacturero se caracterizan por ser economías pequeñas geográfica y poblacionalmente (Singapur, Malta, Qatar, Luxemburgo e Israel); siendo entonces una posible causa de la eficiencia en el consumo de agua en los procesos productivos de esos países.

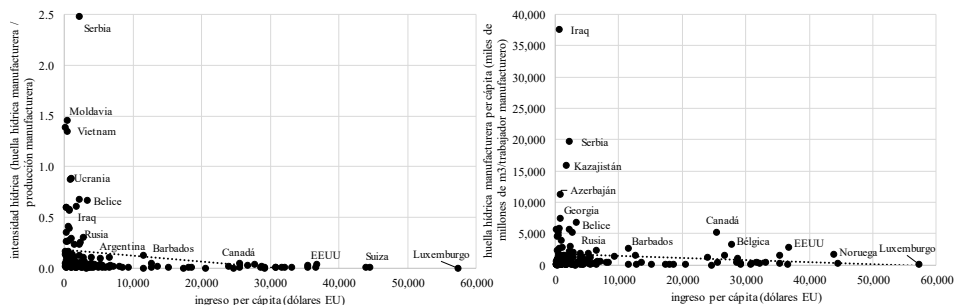
Por otro lado, en los países de ingreso medio bajo y bajo sobresalen Panamá, Estonia, Uruguay, Sudáfrica, Croacia, Lituania, Gabón, Omán, Jordania, Túnez,

Marruecos, República Dominicana, Indonesia, Congo, Cabo Verde, Maldivas y Burkina Faso, todos con un consumo menor a los 10 mil litros por cada mil dólares de valor agregado industrial. Las economías más grandes dentro de este grupo muestran comportamientos variados. Por ejemplo, México se ubica en niveles de mayor eficiencia, comparables con la República Checa. Brasil registra un consumo intermedio cercano a los 50 mil litros, ligeramente mayor al canadiense. Por último, China muestra muy bajos niveles de eficiencia en el consumo de agua en el sector manufacturero (casi 3 veces más que los requerimientos del país de ingresos altos con menor eficiencia, Eslovenia).

Por último, se observa un enorme desequilibrio en la huella hídrica al interior de este grupo. Las economías menos eficientes requieren enormes cantidades de agua para generar mil dólares de valor manufacturero. En particular Serbia consume 2,484 mil litros, Moldavia 1,457 mil litros, Tayikistán 1,384 mil litros, Vietnam 1,350 mil litros y Ucrania 885 mil litros. La diferencia entre los más y menos eficientes es considerable, el consumo de los diez más eficientes representa 0.67% el consumo de los diez menos eficientes.

Para inspeccionar el desequilibrio de la HH manufacturera entre grupos de países clasificados por nivel de ingreso, en la figura 3 se muestra la dispersión entre, por un lado, la huella hídrica manufacturera per cápita e intensidad hídrica y, por el otro, el ingreso per cápita. Se observa una ligera relación lineal con pendiente negativa entre estas variables. Así, los países de mayor ingreso tienden a registrar tanto una menor intensidad hídrica como menor huella hídrica per cápita, sugiriendo procesos industriales más eficientes respecto al consumo de agua. La figura 3 parece confirmar la existencia de desequilibrios en la HH manufacturera entre grupos de países.

Figura 3
Huella Hídrica Manufacturera Per Cápita, Intensidad Hídrica e Ingreso Per Cápita, 1996-2005



Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, se calcula la desigualdad de la HH manufacturera per cápita, siguiendo la propuesta de Duro y Teixidó (2013) -ecuación (2)-, por lo que se tendrá un valor para la desigualdad total, para la parte asociada con la intensidad ambiental, con el ingreso promedio y un término de correlación inter-factor. Dado que el indicador utilizado es de la familia de los índices de Theil, su valor fluctúa dentro del rango $[0, 1]$ y, cuanto más próxima a la unidad mayor la desigualdad. Los resultados se resumen en el cuadro 3.

Al considerar la muestra total de países, se tiene una desigualdad por debajo del nivel medio del índice, aunque alto al compararlo con los resultados de Duro y Teixidó (2013) respecto a la huella ecológica total. Así, los países con ingresos más altos e intensidades hídricas mayores registran menores niveles de huella hídrica en comparación con los países de menor ingreso e intensidad en el consumo de este recurso que generan una huella hídrica comparativamente elevada. En términos de Alsamawi *et al.*, (2014), la huella hídrica de los países ricos es desigual a la de los países de menor ingreso, en consecuencia, para conservar sus elevados patrones de consumo, demandan bienes industriales con huellas hídricas bajas en la producción local o importan bienes, principalmente, desde economías con alto nivel de huella hídrica manufacturera, asociado con economías de ingreso medio o bajo.

Respecto a la contribución de cada factor se aprecia que el mayor efecto en la desigualdad deriva de las diferencias en el ingreso per cápita seguido de las diferencias en la intensidad hídrica. Asimismo, el término de interacción contribuye a reducir la desigualdad total. Si este término no se considerara (o con valor de cero), la desigualdad entre países de alto ingreso y de ingresos medios o bajos sería hipotéticamente de 0.614, esto es, un desequilibrio 1.46 veces mayor, en comparación al sesgo actual.

Cuadro 3

Desigualdades internacionales en la Huella Hídrica Manufacturera Per Cápita

Descomposición por factores y grupos de países, 1996-2005

Grupo de países	$T(e)$	$T(e^I)$	$T(e^y)$	Término de interacción
Total muestra	0.421	0.205 [48.73%]	0.409 [97.04%]	-0.193 [-45.77%]
Ingreso Alto	0.495	0.262 [52.89%]	0.437 [88.25%]	-0.204 [-41.15%]
Ingreso Medio Alto	0.398	0.186 [46.83%]	0.371 [93.31%]	-0.160 [-40.14%]
Ingreso Medio Bajo	0.656	0.256 [38.45%]	0.618 [94.31%]	-0.218 [-32.76%]
Ingreso Bajo	0.443	0.235 [53.12%]	0.350 [79.09%]	-0.143 [-32.21%]

$T(e)$: índice de T heil de la desigualdad total de la Huella Hídrica Manufacturera

$T(e^I)$: índice de Theil de la intensidad hídrica; $T(e^y)$: índice de Theil del ingreso promedio.

Fuente: Elaboración propia

Observando la desigualdad internacional al interior de grupos de países, se tiene que el principal factor determinante del desequilibrio intra-grupos son las diferencias de ingreso. Además, el término de interacción, al representar un componente de ajuste, contribuye en todos los casos a un índice de menor desigualdad, disminuyendo los desequilibrios entre países de cada grupo. En particular, el mayor desequilibrio se registra al interior de las economías de alto ingreso, seguido por aquellas de ingreso medio-bajo. Si bien, las economías de bajo ingreso e ingreso medio-alto muestran índices menores al de la muestra total, caen en rangos próximos al 0.5, considerándose relativamente bajos, pero con aparente potencial de desigualdad, lo que puede evaluarse con nueva información disponible. En general, el factor asociado con la intensidad hídrica muestra una contribución menor a la de las diferencias de ingreso, pero mayor a la del factor de interacción.

IV. DISCUSIÓN

Se identifica una clara disparidad en el consumo de agua en el sector manufacturero entre países ricos y pobres. Aún más, los segundos enfrentan, además de un bajo consumo e ingreso, una doble desigualdad en la huella hídrica. Primero, en comparación con el grupo de países de alto ingreso y, después, al interior de su categoría de ingreso.

Esto implica considerar que los países ricos consumen mayores cantidades de bienes manufactureros por la capacidad económica que poseen mientras los países pobres tienen menor posibilidad de consumir bienes que requieren cantidades enormes de agua para su producción, principalmente productos alimenticios.

No obstante, dentro del segundo grupo también hay países que hacen uso de grandes cantidades de agua y, por tanto, su HH es mayor. Esta situación puede derivar de factores como volumen de producción y de consumo, tamaño de la población, hábitos de consumo, clima, consumo de energía, transporte, prácticas agropecuarias (Hosseinian y Nezamoleslami, 2018; Hoekstra y Chapagain, 2007). En particular, mientras más elevada la temperatura a lo largo del año, mayor cantidad de agua se evapora y, por tanto, la demanda de recurso hídrico. No obstante, en otros países de ingreso medio, como América Latina, aun cuando el clima no es, en general, de extrema sequía, un argumento que explicaría la elevada huella hídrica promedio es que países ricos relocalizan sus plantas productivas hacia éstos para producir, contribuyendo a elevar la HH manufacturera en países de menor ingreso. Esta situación también ha pesado en aspectos como el cambio climático y particularmente con las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Por último, se infiere que un aumento en el ingreso de los países pobres, resultado de procesos de convergencia económica, incrementaría sus niveles de consumo y de la producción y, por ende, sus índices de huella hídrica manufacturera (y total) pero, al mismo tiempo, se acompañaría de mejoras en los procesos productivos -aumentos de eficiencia- lo que contribuiría a contener el avance de la huella hídrica manufacturera per cápita. De hecho, dado que la propensión marginal a producir es menor para las economías pobres, el efecto producción de un aumento en el ingreso sería menor, favoreciendo la reducción del crecimiento de la huella hídrica global.

CONCLUSIONES

En línea con Alsamawi *et al.*, (2014), calcular los desequilibrios internacionales en la huella hídrica revela el vínculo de la actividad económica de cada país con la distribución del ingreso en el mundo. El documento estima una relación inversa, esto es, menor actividad económica -menor ingreso- implica mayores índices de huella hídrica manufacturera.

Así, se calculó la huella hídrica del sector manufacturero para cuatro categorías de países ricos y pobres (ingreso alto, medio-alto, medio-bajo y bajo) y se realizaron comparaciones del consumo de este recurso requerido para agregar valor y del consumo total de agua en el periodo 1996-2005. Se plantea que los sistemas de producción de los países más avanzados sean más eficientes y representen, en consecuencia, una menor huella hídrica manufacturera respecto a los países menos desarrollados.

De hecho, el análisis permitió corroborar este supuesto. La huella hídrica manufacturera per cápita de países de alto ingreso representa apenas 12.4% de la huella de los países de menor ingreso. No obstante, se identifica una marcada desigualdad en las huellas del consumo de agua tanto al interior de los grupos de países como entre

ellos. Así, los países más eficientes en este consumo tienden a ser los de mayor valor agregado a nivel mundial. Asimismo, se encuentra que, dentro de los países de bajo ingreso, los africanos muestran mayores niveles de eficiencia en los sistemas de producción manufacturera en el consumo de agua.

Finalmente, el crecimiento del sector manufacturero de los países ricos parecería seguir una estrategia intensiva en agua, en contraste a la estrategia de los países pobres. Por ende, parte de la riqueza generada y consumida por los primeros es a expensas de mayores extracciones de este recurso, a partir de una demanda directa doméstica y una demanda derivada al extranjero, generando externalidades negativas a los países pobres y, probablemente, haciendo más difícil su participación competitivamente en mercados internacionales al tiempo que los condena a la situación económica actual. Esto tiene fuertes implicaciones para la sustentabilidad manufacturera de ambos grupos de países.

REFERENCIAS

- AgroDer, (2012), Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. WWF México y AgroDer: México DF.
- Alsamawi, A., Murray, J., Lenzen, M., Moran, D. y Kanemoto, K., (2014), "The inequality footprints of nations: A novel approach to quantitative accounting of income inequality", *PLoS ONE*, 9(10):1-10. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4137-2_9
- Ávila, P. (2016). "Hacia una ecología política del agua en Latinoamérica", *Revista de Estudios Sociales*, 55:17-31. <https://doi.org/10.7440/res55.2016.01>
- Aviso, K., Tan, R., Culaba, B. y Cruz, J., (2011), "Fuzzy input-output model for optimizing eco-industrial supply chains under water footprint constraints", *Journal of Cleaner Production*, 19(2): 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.09.003>
- Berger, M., Warsen, J., Krinke, S., Bach, V. y Finkbeiner, M., (2012), "Water footprint of European cars: Potential impacts of water consumption along automobile life cycles", *Environmental Science & Technology*, 46(7): 4091-4099. <https://doi.org/10.1021/es2040043>
- Boero, R. y Pasqualini, D., (2017), "Regional water coefficients for US industrial sectors", *Water Resources and Industry*, 18(12):60-70. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2017.09.001>
- CONAGUA. (2018). *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)*. Estadísticas del Agua en México 2017. Comisión Nacional del Agua: México.
- Chapagain, A., Hoekstra, A. y Savenije, H., (2006), "Water saving through international trade of agricultural products", *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(3): 455-468. <https://doi.org/10.5194/hess-10-455-2006>

- Chapagain, A. y Hoekstra, A., (2004), *Water footprints of nation*. Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE.
- Dominguez, R., Powers, S., Burken, J. y Alvarez, P., (2009), "The water footprint of biofuels: A drink or a drive issue?", *Environmental Science & Technology*, 43(9): 3005-3010. <https://doi.org/10.1021/es802162x>
- Duro, J. y Padilla, E., (2006). "International inequalities in per capita CO2 emissions: A decomposition methodology by Kaya factors", *Energy Economics*, 28(2):170-187. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.12.004>
- Duro, J. y Teixidó, J., (2013), "Ecological footprint inequality across countries: The role of environment intensity, income and interaction effects", *Ecological Economics*, 93(9): 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.011>
- Ercin, A., Aldaya, M. y Hoekstra, A., (2011), "Corporate water footprint accounting and impact assessment: the case of the water footprint of a sugar-containing carbonated beverage", *Water Resources Management*, 25(2): 721-741. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9723-8>
- Ewing, B., Hawkins, T., Wiedmann, T., Galli, A., Ercin, A., Weinzettel, J. y Steen, K., (2012), "Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input-output framework", *Ecological Indicators*, 23: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.025>
- Gali, A., Wiedmann, T., Ercin, E. Knoblauch, D., Ewing, B. y Giljum, S., (2012), "Integrating ecological, carbon and water footprint into a 'footprint family' of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet", *Ecological Indicators*, 16: 100-112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>
- Gerbens, P., Mekonnen, M. y Hoekstra, A., (2013), "The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems", *Water Resources and Industry*, 1(2): 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2013.03.001>
- Giljum, S., Bruckner, M. y Martinez, A., (2015), "Material footprint assessment in a global input-output framework", *Journal of Industrial Ecology*, 19(5): 792-804. <https://doi.org/10.1111/jiec.12214>
- Hoekstra, A. y Chapagain, A., (2007), "Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern", *Water Resources Management*, 21: 35-48. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. y Mekonnen, M., (2009), *Water footprint manual state of the Art 2009*, Water Footprint Network: Enschede.
- Hoekstra, A., (2017), "Water footprint assessment: Evolvment of a new research field", *Water Resource Management*, 31(10): 3061-3081. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1618-5>

- Hosseinian, M. y Nezamoleslami, R., (2018), “Water footprint and virtual water assessment in cement industry: A case study in Iran”, *Journal of Cleaner Production*, 172(1): 2454-2463. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.164>
- Lenzen, M., Moran, D., Bhaduri, A., Kanemoto, K., Bekchanov, M., Geschke, A. y Foran, B., (2013), “International trade of scarce water”, *Ecological Economics*, 94: 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.06.018>
- Mekonnen, M. y Hoekstra, A., (2011), “National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption”, *Value of Water Research Report Series No.50*, UNESCO-IHE: Delft.
- Mekonnen, M. y Hoekstra, A., (2012), “A global assessment of the water footprint of farm animal products”, *Ecosystems*, 15(3): 401-415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- ONUDI, (2015), Informe sobre el desarrollo industrial 2016. El rol de la tecnología y la innovación en el desarrollo industrial inclusivo y sostenible, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial: Viena.
- Pal, H., Chatterjee, K. y Sharma, D., (2017), “Water footprint of denim industry”, en Muthu, S (ed.) *Sustainability in Denim*, Woodhead Publishing: Cambridge. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102043-2.00005-8>
- Ranchod, N., Sheridan, C., Pint, N., Slatter, K. y Hardong, K., (2015), “Assessing the blue-water footprint of an opencast platinum mine in South Africa”, *Water SA*, 41(2):287-293. <https://doi.org/10.4314/wsa.v41i2.15>
- Strange, T. y Bayley, A., (2008), *Sustainable development. Linking economy, society, environment*. OCDE: París. <https://doi.org/10.1787/9789264055742-en>
- Tian, X., Wu, R., Geng, Y., Bleischwitz, R. y Chen, Y., (2017), “Environmental and resources footprints between China and EU countries”, *Journal of Cleaner Production*, 168(1): 322-330. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.009>
- Uharte, L. (2014). “Las Multinacionales, agentes estratégicos del capital. Una guía para evaluar sus impactos”, *BARATARIA. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, 18:97-111. <https://doi.org/10.20932/barataria.v0i18.46>
- Yang, H., Wang, L., Abbaspour, K. y Zehnder, A. (2006). “Virtual water trade: An assessment of water use efficiency in the international food trade”, *Hydrology and Earth System Sciences*, 10:443-454. <https://doi.org/10.5194/hess-10-443-2006>