

Agua virtual en un marco insumo-producto para la cuenca del valle de México

• Lilia Rodríguez-Tapia* • Jorge A. Morales-Novelo •
• Fabiola S. Sosa-Rodríguez •

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México

*Autor de correspondencia

• Juan Carlos Altamirano-Cabrera •
World Resources Institute, USA

• Francisco Torres-Ayala •
Cátedra Conacyt-Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México

Resumen

Rodríguez-Tapia, L., Morales-Novelo, J. A., Sosa-Rodríguez, F. S., Altamirano-Cabrera, J. C., & Torres-Ayala, F. (marzo-abril, 2016). Agua virtual en un marco insumo-producto para la cuenca del valle de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(2), 51-66.

La cuenca del valle de México (CVM) se ubica en la región central de México, genera la cuarta parte de la producción total nacional y registra la mayor sobreexplotación de sus acuíferos en el país. Este artículo introduce la metodología para estimar los multiplicadores de agua virtual (MAV) de cada actividad económica de la cuenca a partir de la matriz insumo-producto de la cuenca del valle de México 2008. Los MAV contabilizan el agua virtual involucrada en las actividades económicas dentro de la región, con el resto de la economía de México y el mundo. Los resultados identifican las actividades económicas de baja y alta intensidad en el uso del agua que predominan en la cuenca. Asimismo, haciendo el balance entre exportaciones e importaciones de agua virtual en la CVM, se concluye que se importan bienes con alto contenido de agua y se exportan bienes con bajo contenido del recurso. Dicho comportamiento describe a la cuenca como una región importadora neta de agua virtual, lo cual es una característica positiva que ayuda a compensar el estrés hídrico que sufre la cuenca. Este hallazgo parece confirmar el teorema de Heckscher-Ohlin del comercio internacional, sugiriendo la racionalidad económica de una región que enfrenta el mayor estrés hídrico del país.

Palabras clave: comercio de agua virtual, cuenca del valle de México, insumo-producto en la CVM, modelo insumo-producto, multiplicador de agua virtual.

Abstract

Rodríguez-Tapia, L., Morales-Novelo, J. A., Sosa-Rodríguez, F. S., Altamirano-Cabrera, J. C., & Torres-Ayala, F. (March-April, 2016). *Virtual Water in an Input-Output Framework for the Valley of Mexico Basin*. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 7(2), 51-66.

The Valley of Mexico basin (VMB) is located in central Mexico and produces one-fourth of the total national production. The overexploitation of its aquifers has been registered as the highest nationwide. This article introduces a methodology to estimate virtual water multipliers (VWM) for the economic activity in the basin based on an input-output matrix for the VMB for 2008. The VWM takes into account the virtual water related to the economic activities of a region, with the rest of the economy of Mexico and the world. The results identified the economic activities with low- and high-intensity water usage that are prevalent in the basin. In addition, based on the balance between virtual water imports and exports in the basin, it is concluded that goods with high water contents are imported and goods with low water contents are exported. This behavior describes the basin as a net importer of virtual water, which is a positive characteristic that helps to compensate for the water stress in the basin. This finding appears to confirm the Heckscher-Ohlin theorem of international trade, suggesting the economic rationality of a region which is experiencing the highest water stress nationwide.

Keywords: Virtual water trade, Valley of Mexico basin, input-output in the Valley of Mexico basin, input-output model, virtual water multipliers.

Recibido: 02/12/2014
Aceptado: 14/10/2015

Introducción

La cuenca del valle de México (CVM) es la región económica más importante del país y al mismo tiempo enfrenta la mayor sobreexplotación de sus recursos hídricos. Así, la escasez del agua afecta el bienestar de diversos grupos de la población y representa una restricción para el crecimiento económico. En este contexto, para tener un mejor diagnóstico de cómo reducir la tensión hídrica en la CVM, nos interesa investigar la estructura del consumo del agua virtual y la eficiencia en el uso del recurso hídrico por las actividades económicas.

El plan del artículo considera cinco apartados. Primero, en la introducción, se describen las características económicas e hídricas de la CVM, lo cual evidencia las complejas relaciones que existen entre una oferta limitada de este recurso *versus* la elevada demanda de agua. Asimismo, se introduce el concepto de “agua virtual”. En la segunda sección se describe la metodología para estimar el agua virtual. En la tercera sección se aplica dicha metodología para la CVM, y se estiman los coeficientes hídricos directos y los multiplicadores de agua virtual, así como las demandas finales de agua para todos los sectores. En la cuarta sección se discuten los resultados, se analiza la estructura del comercio exterior de agua virtual de la CVM y cómo ésta puede ayudar a atenuar el estrés hídrico de la misma; por último, se presentan las conclusiones.

Características económicas e hídricas de la cuenca del valle de México (CVM)

La CVM abarca una superficie total de 9 738 km², que cubre parte de tres entidades federativas, Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala (está conformada por 85 municipios), y las 16 delegaciones del Distrito Federal (hoy Ciudad de México). La naturaleza topográfica de la CVM se caracteriza por una configuración endorreica, cóncava en su forma y rodeada por una cadena montañosa sin salidas naturales, lo cual ha requerido de grandes obras de infraestructura

para expulsar el agua pluvial y residual de la CVM (estas obras iniciaron con la construcción del Tajo de Nochistongo en el siglo XVIII), así como para traer agua de otras cuencas (Lerma y Cutzamala).

Los asentamientos poblacionales en la CVM (20.59 millones de habitantes) se concentran en un área de 7 854 km² (Conagua, 2009), denominada Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la cual concentra 97% de la población de la cuenca, lo que determina que su perfil sea de tipo urbano (INEGI, 2010). Este asentamiento es el más grande del país y compite con los más grandes del mundo.

Con base en la estadística denominada matriz insumo-producto de la cuenca del valle de México 2008 (MIP-CVM-2008), hemos estimado que el valor bruto de la producción generado en la cuenca es de 5.085 billones de pesos (millones de millones de pesos), y representa la cuarta parte de la producción del país, lo cual muestra la relevancia de la actividad económica de la región en el crecimiento económico de México. Son tres sectores los que contribuyen mayormente a la producción en la CVM. El sector *servicios* contribuye con casi la mitad de valor bruto de la producción (48.6%), le siguen las *industrias manufactureras*, con casi una quinta parte de la producción (19.2%), y después el *comercio* con 14.5%. La *agricultura y producción primaria* sólo explica 1.5% de la producción. Esta estructura es acorde con el perfil urbano de los asentamientos en la CVM.

Estrés hídrico en la CVM

Para el año 2008, la importante actividad económica desarrollada en la CVM y el consumo de sus más de 20 millones de población demandaron en conjunto un volumen de agua de 2 902.29 hectómetros cúbicos (hm³/año) (Conagua, 2009). El 43% de este volumen se destinó al uso público urbano y 57% para las actividades económicas (Rodríguez & Morales, 2013). Por otra parte, las fuentes de abastecimiento de agua en la CVM son el agua de la misma CVM, que explica casi tres cuartas partes del total (73%); el agua importada, que constituye casi una quinta

parte (21%), y el agua de reúso, que aporta alrededor de 6% del suministro total (Conagua, 2009, 2010).

El problema es que en la CVM se utiliza, en promedio anual, un volumen de agua dos veces mayor al que garantiza un uso sustentable de la misma. La magnitud razonable de uso del agua en una cuenca lo delimita la magnitud conocida como disponibilidad natural media (DNM). La DNM de la cuenca se ha estimado en 1 404.68 hm³, volumen que se obtiene de la suma del escurrimiento superficial virgen medio y la recarga subterránea anual; ambas magnitudes denotan volúmenes de agua que se renuevan cada año y subrayan la condición del vital líquido como un recurso natural renovable; mientras que el requerimiento total de agua para la CVM es de 2 902.29 hm³, que representa dos veces la DNM. Aplicando el conocido índice de Falkenmark para medir el estrés hídrico, se tiene que la CVM califica en escasez extrema, al alcanzar una DNM del agua per cápita anual de 68.2 m³/hab/año, mucho menor que los 1 000 m³/hab/año que se define en dicha categoría.

La fuente proveedora más importante de agua para la CVM es la misma cuenca. Para ser más precisos, de acuerdo con datos de Conagua (2009, 2010), 90% proviene de acuíferos (subterránea) y el 10% restante se explica por el agua superficial. En efecto, el agua subterránea es la principal fuente de suministro en la cuenca. En 2008 se extrajeron 1 903.8 hm³/año (Conagua 2009, 2010), cifra que representa 2.1 veces la recarga natural del acuífero. La extracción rebasa en 1 010.35 hm³/año la recarga natural, por ende, se presenta una sobreexplotación de esta fuente en una magnitud de 113%. Este desbalance alcanza la clasificación de uso predatorio de los recursos hídricos subterráneos con importantes impactos colaterales, como la subsidencia de importantes áreas urbanas, así como una disminución en la calidad del agua y el aumento del costo de extracción.

El concepto de agua virtual

El concepto de “agua virtual” ha sido introducido por Allan (1997, 1999) y se refiere a la

cantidad de *agua utilizada* para producir un determinado producto o servicio. El adjetivo “virtual” se refiere al hecho de que sólo parte del agua usada para producir el producto se contiene en el mismo, y muchas veces esta parte puede ser insignificante respecto al contenido de agua virtual (Hoekstra & Chapagain, 2008). Por ejemplo, se ha estimado que para la elaboración de una taza de café se requieren 114 litros (l) de agua o para obtener un kilogramo de arroz se necesitan de 1 a 4 metros cúbicos (m³) de agua (Chapagain & Hoekstra, 2004). En efecto, es posible estimar la cantidad de agua requerida en el proceso de producción de cualquier bien o servicio. En este sentido, el concepto *agua utilizada* no sólo se refiere al contenido físico de agua en un producto, sino que además incluye toda el agua que ha sido consumida durante el proceso de producción de ese producto en particular, así como el agua usada en los procesos de producción de sus insumos.

El concepto de agua virtual es particularmente relevante en su conexión con el comercio (Lenzen & Foran, 2001). Por ejemplo, una región o país puede ahorrar agua reemplazando alguno de los productos domésticos intensivos en el uso de agua por bienes importados de regiones con relativa abundancia en el recurso. Así pues, a partir del concepto de agua virtual es posible medir la cantidad de agua involucrada en las exportaciones e importaciones de bienes y servicios, lo que nos remite a la teoría de Heckscher-Ohlin aplicada al recurso hídrico, la cual establece que los países con relativa abundancia de agua exportan bienes y servicios producidos con relativa intensidad en el uso de la misma (Debaere, 2014). El agua virtual contenida en las exportaciones e importaciones también juega un importante papel en la determinación de la huella hídrica (Chapagain & Hoekstra, 2004). Por ejemplo, la huella de agua de una nación indica el volumen total de agua utilizada en el consumo de bienes y servicios por los habitantes del país. Dichos habitantes consumen productos importados y por lo tanto agua virtual externa, mientras que al mismo tiempo agua doméstica es usada en la producción de productos exportados que son consumidos en el exterior.

El trabajo de Debaere (2014) muestra que el agua es de hecho una fuente de ventaja comparativa y que los países con más agua disponible per cápita tienden a exportar más bienes intensivos en agua. Los resultados muestran que la proporción mundial de las exportaciones de países con abundancia de agua tiende a aumentar con la intensidad de agua de los bienes que exportan. A continuación ofrecemos la metodología y estimación de las exportaciones e importaciones de agua virtual.

Metodología

El enfoque de agua virtual busca estimar el consumo (productivo) directo e indirecto de agua; el método consiste en contabilizar el agua directamente usada en la producción de un bien o servicio, así como la que se requiere para la producción de sus insumos. El concepto de agua virtual estima la cantidad de agua utilizada de forma directa e indirecta en la producción de un bien o servicio a partir de la matriz insumo-producto (MIP).

El análisis insumo-producto es una herramienta adecuada para determinar el agua virtual contenida en una unidad monetaria de demanda final en una rama o actividad específica, lo que se conoce como multiplicador de agua virtual (MAV). Esto es, el MAV registra la cantidad de agua directamente utilizada en el proceso de producción de la unidad de demanda final de la rama i , más el agua requerida para producir la cantidad del bien k que es usado como insumo en el proceso de i , más el agua consumida para producir los insumos n que se utilizan en la producción de k , etcétera. Sumando todos los requerimientos directos e indirectos de agua se obtiene la cantidad total de agua incluida en la unidad de demanda final de la rama i , lo que se conoce como MAV. En síntesis, el multiplicador del agua virtual (MAV) se define como la cantidad de agua que se requiere directa e indirectamente para producir una unidad de demanda final en una actividad económica específica.

La idea de utilizar el concepto de agua virtual en una estructura insumo-producto res-

ponde a que en vista de las relaciones directas e indirectas que se establecen entre sectores puede rastrearse el destino del agua de acuerdo con los componentes de la demanda final (uso doméstico o bien algún sector externo). Esta perspectiva permite determinar el comercio de agua directa e indirectamente implicado en, por ejemplo, los bienes y servicios exportados.

Estimación de multiplicadores del agua virtual

El trabajo aquí desarrollado se centra en el destino del agua utilizada en la CVM después de que ésta ha sido incorporada en la producción de bienes y servicios. Usando un esquema insumo-producto, se calcula cuánta agua debe ser atribuida a la demanda final, distinguiendo entre destino doméstico (CVM), resto de México y resto del mundo. Esto permite determinar el comercio del agua que está directa e indirectamente contenida en, por ejemplo, la exportación de bienes y servicios.

La metodología se basa en la matriz insumo-producto de la cuenca del valle de México, 2008 (MIP-CVM, 2008), base estadística que permite conocer la estructura económica de la región y que registra la actividad que capta y suministra agua. Los datos de los flujos del agua de la CVM para 2008 se obtuvieron de la Conagua (2009) para su consistencia con la matriz MIP-CVM-2008. Las mediciones de transacciones de agua entre sectores resultan más complicadas, por lo que en esta investigación se recurrió a la información de la base de datos del modelo hídrico de la CVM (UAM, 2010) y a la aplicación de ajustes dentro de grandes agregados.

A partir de la MIP-CVM-2008 se estima la matriz inversa de Leontief, la cual da cuenta de la interdependencia entre las diversas actividades presentes en la región, y permite captar los impactos directos e indirectos que significa el uso de un insumo básico de la producción, como es el agua. En específico, en este trabajo se estiman los MAV para las actividades económicas presentes en la CVM, los que son utilizados para estimar el agua virtual involucrada en el

comercio con el resto de la economía de México y el mundo. Lo anterior permite analizar los efectos que tiene el comercio sobre la preservación de los recursos hídricos en un área donde existe déficit de agua. La metodología aplicada para el cálculo de los MAV se basa en el trabajo de Dietzenbacher y Velázquez (2007).

Así pues, la manera de considerar los efectos indirectos en el uso del agua usando el esquema de la MIP se explica a continuación. Una MIP se integra con las submatrices que se indican en la figura 1.

Los elementos z_{ij} son los flujos interactividades que definen una matriz Z de dimensión $n \times n$, en donde n indica el número de actividades económicas de la CVM. Esto es, z_{ij} denota las entregas de la actividad i a la actividad j en la misma cuenca (i, j van de $1, \dots, n$).

Los elementos f_{ij} de la matriz F de tamaño $n \times k$ denotan las entregas del sector i en la CVM a las diferentes categorías que conforman la demanda final j (donde $j = 1, \dots, k$). Las categorías de la demanda final son consumo privado, consumo de gobierno, exportaciones al resto de la economía mexicana, exportaciones al resto del mundo, formación bruta de capital y variación de existencias.

El vector v' (renglón) contiene el valor agregado (comprende sueldos y salarios, depreciación, excedente de operación, impuestos indirectos menos subsidios) de cada actividad. La suma de este vector da el valor agregado en la CVM, que es el Producto Regional Bruto (PRB), análogo a lo que se conoce como Producto Interno Bruto (PIB).

Los elementos típicos m_{ij} del vector M (renglón) denotan la importación que se origina en el sector externo j (resto de la economía mexicana o el resto del mundo) y que son comprados por los sectores i de la CVM (son los insumos importados).

Los elementos x_i del vector columna X denotan el producto bruto en la actividad i en la CVM. El valor del producto en cada actividad se puede obtener sumando sobre los renglones o sobre las columnas de la matriz. Sumando sobre las columnas se produce la siguiente ecuación:

$$x_i = \sum_j z_{ij} + \sum_j f_{ij}$$

en donde $z_{ij} = a_{ij}x_j$ y f_{ij} es la demanda final.

Los coeficientes de insumos directos se definen como $a_{ij} = z_{ij}/x_j$ e indican los insumos (adicionales) en unidades monetarias (pesos) del sector i que se requieren para la producción de un peso adicional de producto en el sector j en la CVM. Cuando se utiliza esta definición y sumando las categorías de la demanda final (p.ej., $f_i = \sum_j f_{ij}$), implica que la ecuación contable del producto sectorial puede describirse como:

$$x_i = \sum_j a_{ij}x_j + f_i$$

o en notación matricial:

$$x = Ax + f$$

Si la matriz A de coeficientes de insumos directos se conoce y se supone constante, es posible estimar la producción de los diversos

Z	F	x
v'		
M		
x'		

Figura 1. Matriz insumo-producto.

sectores para cualquier vector dado de demanda final (\tilde{f}) (p. ej., exógenamente especificado). La solución produce:

$$(1 - A)^{-1} \tilde{f} = L\tilde{f} = x$$

donde $L = (1 - A)^{-1}$ denota la inversa de Leontief o *matriz de multiplicadores*. Tomando $\tilde{f} = 0, \dots, 0, 1, \dots$, por ejemplo, el j_{simo} elemento unitario de la demanda final ofrece la interpretación de los elementos de la inversa de Leontief. Cada elemento l_{ij} de la inversa de Leontief proporciona el producto (extra) en el sector i que es necesario para generar un peso (extra) de demanda final en el sector j . Esos elementos de L toman en cuenta todos los efectos directos e indirectos requeridos para la producción de una unidad de demanda final. Tomando la suma de columnas de la inversa de Leontief se obtienen los llamados multiplicadores del producto. Esto es, $\sum_i l_{ij}$ indica el producto total (extra) que deberá producirse por un peso más de demanda final en el sector j .

Multiplicando en forma correspondiente los elementos l_{ij} (columna de la inversa de Leontief) por los coeficientes de insumos directos de agua y_j (vector transpuesto) (p. ej., $y_j l_{ij}$) se obtiene cuántos litros (extra) de agua son directa e indirectamente consumidos por el sector i para generar una unidad monetaria adicional de demanda final en el sector j . Sumando los resultados del vector sobre i se obtiene la cantidad extra de agua virtual para producir un peso adicional de demanda final en el sector j o su

multiplicador de agua virtual (MAV). Los multiplicadores de agua virtual para las actividades económicas o sectores de la CVM se registran en la cuarta columna del cuadro 1 (p. ej., $\sum_i y_j l_{ij}$) y se logra un multiplicador por actividad económica.

Resultados

Coefficientes hídricos directos y multiplicadores de agua virtual

Esta sección describe la forma en que las actividades económicas de la CVM utilizan el agua. La información se registra en el cuadro 1 construido a partir de la matriz de la cuenca MIP-CVM-2008 y de datos de Conagua para el año 2008. La información se denota con la nomenclatura de las matrices insumo-producto.

i : actividades económicas por fila.

j : actividades económicas por columna.

w_j : vector fila de consumo directo de agua (agua de primer uso) por actividad económica.

x_j : vector fila de producción por actividad económica.

$y_j = w_j/x_j$: vector de coeficientes directos de agua; define el consumo de agua en litros por unidad monetaria de producción.

l_{ij} : multiplicadores de producción de la MIP de la columna j .

$\sum_i y_j l_{ij}$: multiplicadores de agua virtual por actividad económica (MAV).

La primera columna del cuadro 1 registra el consumo de agua de primer uso por actividad

Cuadro 1. Coeficientes directos del agua y multiplicador de agua virtual por actividad económica de la cuenca del valle de México, 2008.

Actividades J	(1) Uso del agua millones de m ³ (hm ³)		(2) VBP millones de pesos (\$)		(3) Coeficientes directos litros/peso (l/\$)	(4) Multiplicador de agua virtual MIP-CVM litros/peso (l/\$)
	w_j	%	x_j	%	$y_j = (w_j/x_j)$	MAV = $\sum_i [y_j * l_{ij}]$
Agricultura y otras actividades primarias (a)	145.25	9.35	58 034	1.14	2.50	3.67
Ganadería	218.22	14.04	19 581	0.39	11.14	11.44

Cuadro 1 (continuación). Coeficientes directos del agua y multiplicador de agua virtual por actividad económica de la cuenca del valle de México, 2008.

Actividades J	(1) Uso del agua millones de m ³ (hm ³)		(2) VBP millones de pesos (\$)		(3) Coeficientes directos litros/peso (l/\$)	(4) Multiplicador de agua virtual MIP-CVM litros/peso (l/\$)
	w_j	%	x_j	%	$y_j = (w_j/x_j)$	$MAV = \sum_p [y_j * l_{ip}]$
Total de agricultura y otras actividades primarias	363.47	23.39	77 615	1.53	-	-
Promedio	-	-	-	-	4.68	7.68
Total de generación y suministro de electricidad, agua y gas	1.49	0.10	19 689	0.39	0.08	0.22
Total de construcción	30.26	1.95	380 663	7.49	0.08	0.09
Industria alimentaria	36.88	2.37	221 606	4.36	0.17	0.99
Industria de bebidas y tabaco	20.68	1.33	54 918	1.08	0.38	0.65
Fabricación de insumos textiles	2.77	0.18	18 427	0.36	0.15	1.05
Confeción de productos textiles	0.86	0.06	6 970	0.14	0.12	0.25
Fabricación de prendas de vestir	4.62	0.30	38 617	0.76	0.12	0.24
Fabricación de productos de cuero y piel	0.67	0.04	3 747	0.07	0.18	0.44
Industria de madera	0.18	0.01	6 249	0.12	0.03	0.07
Industria del papel	9.91	0.64	37 394	0.74	0.27	0.39
Impresión e industrias conexas	4.73	0.30	20 096	0.40	0.24	0.34
Otras industrias	46.46	2.99	569 206	11.19	0.08	0.16
Total de industrias manufactureras	127.77	8.22	977 229	19.22	-	-
Promedio	-	-	-	-	0.13	0.23
Total de comercio	4.27	0.27	735 024	14.45	0.01	0.07
Total de transporte, correo y almacenamiento	217.90	14.02	424 896	8.36	0.51	0.71
Industria fílmica, de video y sonido	44.17	2.84	33 097	0.65	1.33	1.44
Residencias de asistencia social y salud	1.36	0.09	578	0.01	2.35	2.40
Otros servicios de asistencia social	1.83	0.12	648	0.01	2.83	2.90
Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	24.92	1.60	9 407	0.18	2.65	2.77
Servicios de alojamiento temporal	32.92	2.12	16 489	0.32	2.00	2.06
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	44.03	2.83	52 622	1.03	0.84	0.89
Asociaciones y organizaciones	62.86	4.05	39 049	0.77	1.61	1.69
Otros servicios	597	38.39	2 318 415	45.59	0.26	0.44
Total de servicios	808.60	52.04	2 470 305	48.58	-	-
Promedio	-	-	-	-	0.33	0.55
Total de 80 actividades	1 554	100	5 085 421	100	-	-
Promedio	-	-	-	-	0.31	0.48

(a) Incluye actividades agropecuarias, forestales, de pesca y minería

Fuente: elaboración propia a partir de la MIP-CVM, 2008.

económica (w_j) en hm^3 ; en la correspondiente columna de porcentajes se anota la participación de cada actividad dentro del total de agua de primer uso en la cuenca; se observa que las actividades agrupadas bajo el concepto de servicios registran la mayor participación (52.04%), seguido de las actividades agrícolas y ganaderas (23.39%); después las actividades de transporte, correo y almacenamiento (14.02%), manufacturas (8.22%), construcción (1.95%) y, en último lugar, el comercio (0.27%).

La segunda columna indica el valor bruto de la producción (VBP) de cada actividad (x_j) y su correspondiente participación en el valor bruto de la producción de la cuenca. Se identifica que las actividades agrícolas y ganaderas, no obstante que registren una muy baja participación en la producción (1.53%), explican casi (23.29%) una cuarta parte del agua utilizada en forma directa en toda la cuenca. El comercio se comporta a la inversa, sólo ocupa 0.27% de agua de primer uso y produce 14.45% del valor de la producción de la cuenca. Las actividades agrupadas como servicios explican la mitad del VBP y la mitad del agua utilizada directamente. Las actividades manufactureras explican una quinta parte del VBP y usan 8.22% del agua de primer uso. Estos dos últimos grupos incluyen actividades económicas, con altas variaciones en el uso del agua y en la participación en la generación del producto, dependiendo de las condiciones particulares de producción de cada actividad.

La tercera columna registra el vector de coeficientes directos de agua (y_j) e indica la cantidad de litros de agua de primer uso que requiere cada actividad económica para producir un peso de su correspondiente valor bruto de producción. El valor de y_j para toda la cuenca es de 0.31 litros, lo cual indica que para producir un peso de valor bruto de la producción se requieren incorporar directamente 310 mililitros (ml) de agua (o lo que es lo mismo, 310 litros de agua por cada mil pesos de VBP). Los requerimientos directos de agua de las diversas actividades económicas son muy variados, por ejemplo, para producir un peso de valor bruto de producción en la actividad

agrícola se requieren 2.5 litros y para ganadería 11.14 litros, valores que se ubican muy arriba del promedio de la economía y que las califica como actividades intensivas en el uso del agua. Las actividades agrupadas dentro del rubro de los servicios registran requerimientos directos de agua muy diversos —su media, que es 0.33 litros, se ubica ligeramente arriba de la media de cuenca—. Destacan los casos de las siguientes actividades: otros servicios de asistencia social, que requieren 2.83 litros; servicios de entretenimiento y recreativas, 2.65 litros; residencia de asistencia social y salud, 2.35 litros, y los servicios de alojamiento temporal, que requieren dos litros de agua por unidad monetaria del VBP del sector respectivo. Las actividades manufactureras registran un valor medio de 0.130 litros por peso producido, que se ubica debajo de la media de la economía; mientras que actividades específicas varían su coeficiente dependiendo del tipo de manufactura. La industria de las bebidas y el tabaco requieren de 0.380 litros, en tanto que la industria alimentaria demanda 0.170 litros por peso de su valor bruto de la producción. La industria de la madera se ubica debajo de la media, con 0.03 litros por peso de VBP.

La actividad agrícola es usuaria intensiva de agua de primer uso (registra un elevado coeficiente de uso directo de agua), y su producción a su vez se utiliza como insumo de la industria alimentaria, relación que explica por qué esta última actividad finalmente produce bienes intensivos en el uso del agua; este efecto indirecto en el uso del agua es el que precisamente se capta en el indicador denominado multiplicador de agua virtual (MAV).

Finalmente, el cálculo de los MAV para cada actividad se registra en la cuarta columna del cuadro 1.

Los MAV registran valores que van desde 0.07 litros para la industria de la madera hasta 11.44 litros para la ganadería, e indican las cantidades totales de agua que requieren ambas actividades (directa e indirectamente) para producir una unidad monetaria de demanda final. El MAV para la industria alimentaria es de

0.99 litros (990 ml) e indica que para producir un peso de valor en la producción de alimentos se requieren 170 ml de agua de primer uso (forma directa) y 820 ml de agua de manera indirecta. Es así que el MAV siempre será mayor o igual al coeficiente directo del agua. En la cuenca, el MAV es mayor en 57% respecto al coeficiente de requerimientos directos del recurso hídrico.

Asimismo, la agricultura y otras actividades primarias registran un MAV de 3.67 litros, que resulta 46.8% mayor al coeficiente de requerimiento directo del agua (2.50 litros), ya que necesita de insumos que demandan una cantidad importante de agua en su producción. La actividad ganadera registra un elevado coeficiente directo de agua (11.14) y su MAV se incrementa en sólo 0.26%.

La actividad comercial registra un MAV de 0.07 litros, valor muy alto respecto a su requerimiento directo de sólo 0.01 litros debido a que los bienes y servicios que comercia demandan cantidades importantes de agua para su producción. Por ejemplo, los productos agrícolas y ganaderos, alimentos procesados, y productos de la industria química, entre otros.

Dentro de las actividades manufacturas, la industria alimentaria tiene un MAV de 0.99 litros, valor mayor en 495% respecto a su coeficiente directo (0.17 litros) debido a que sus insumos son de origen agrícola, por ende, necesita una gran cantidad de agua en su producción.

Dentro de los servicios destacan por su elevado MAV los de asistencia social (2.90 litros) y entretenimiento (2.77 litros), que se explica por el uso de agua incorporada directamente en su proceso de elaboración.

Contenido de agua virtual en la demanda final de la CVM

El agua virtual involucrada en la obtención de la demanda final se estima a partir de los MAV. Para efectos del cálculo, la demanda final total de la MIP-CVM-2008 se clasificó en tres categorías:

- Gasto doméstico en la CVM (vector f^{CVM}), que incluye el consumo privado y del

gobierno, la inversión y variación de existencias.

- Exportaciones al resto de México (f^{RMEX}).
- Exportaciones al resto del mundo (f^{RM}).

El agua virtual contenida en cada categoría se estima para cada actividad económica. Dichas magnitudes monetarias se multiplican por los MAV correspondientes. Por ejemplo, las exportaciones al resto de México se multiplican por sus MAV, $\sum_{j=1}^{80} y_j l_{ij} f_j^{RMEX}$ para $j = 1, \dots, 80$. El resultado es la cantidad de agua virtual involucrada en la producción de las exportaciones en cada actividad j . Para las siguientes categorías de demanda final se sigue el mismo procedimiento.

En el cuadro 2a se registran las estimaciones del agua virtual para la CVM en 2008; las primeras tres columnas registran cada componente y la cuarta columna la demanda final total. En dicho cuadro se observa que 43.51% de la producción manufacturera se destina a la exportación, en primer lugar al resto del mundo, en segundo lugar al resto de México; el 56.48% restante se destina al gasto doméstico. Las cantidades de agua virtual estimadas por sector se registran en la columna 5 a 8 del cuadro 2a. Por ejemplo, la industria alimentaria exporta al resto del mundo productos con un valor de 6 806 millones de pesos, que requirieron para su producción de 6.74 hm³ de agua virtual.

Un resumen del cuadro 2a se presenta en el cuadro 2, en el que las actividades se agruparon en los sectores de agricultura y otras actividades primarias; generación y suministro de electricidad, agua y gas; construcción; industrias manufactureras; comercio; transporte, correo y almacenamiento, y servicios. Los datos muestran porcentajes de la demanda final total (3.209 billones de pesos) y del total de agua virtual requerida para su producción (1 260 hm³).

En el cuadro 2 se observa que el gasto doméstico en bienes de origen agrícola y actividades primarias representa 1.34% de la demanda final total y requiere 8.28% del total de agua virtual utilizada, lo cual muestra que este componente de la demanda sea intensiva en el uso del agua. Lo mismo sucede con el gasto doméstico en

Cuadro 2. Resultados agregados de la demanda final y agua virtual para la cuenca del valle de México, 2008 (porcentajes).

Sectores	Componentes de la demanda final			
	Gasto doméstico ^{a)}	Exportación al resto de la economía mexicana	Exportación al resto del mundo	Demanda final
Demanda final				
% del total de la demanda final				
Agricultura y otras actividades primarias	1.34	0.00	0.14	1.48
Generación y suministro de electricidad, agua y gas	0.21	0.00	0.00	0.22
Construcción	10.90	0.00	0.00	10.90
Industrias manufactureras	9.67	1.05	6.40	17.12
Comercio	11.45	0.44	2.68	14.57
Transporte, correo y almacenamiento	6.64	1.84	1.08	9.56
Servicios	35.26	10.14	0.76	46.16
Total	75.47	13.47	11.05	100
Contenido de agua virtual en la demanda final				
% del total de agua virtual				
Agricultura y otras actividades primarias	8.28	0.24	0.89	9.40
Generación y suministro de electricidad, agua y gas	0.07	0.00	0.00	0.07
Construcción	4.43	0.00	0.00	4.43
Industrias manufactureras	15.00	0.49	3.66	19.15
Comercio	1.90	0.07	0.44	2.42
Transporte, correo y almacenamiento	7.57	3.40	2.01	12.98
Servicios	39.99	11.03	0.53	51.54
Total	77.24	15.24	7.53	100

a) El gasto doméstico incluye el consumo privado de las familias, el gasto de gobierno, formación bruta de capital fijo y variación de existencias. Fuente: elaboración propia a partir de la MIP-CVM, 2008.

productos manufacturados, que explican 9.67% de la demanda final y 15% del total del agua virtual en la cuenca.

El sector construcción representa 10.9% de la demanda final total y 4.43% del agua virtual total, destacando que todo el rubro se destina al gasto doméstico. Los servicios explican 35% de la demanda final total (dirigido al gasto doméstico) y requieren 39.99% del agua virtual total, sugiriendo el uso extensivo del agua en algunas de las actividades de los mismos.

El comercio explica en gasto doméstico 11.45% de la demanda final y sólo 1.90% del agua virtual total, mostrando sus bajos requerimientos de agua. Las exportaciones del sector comercio representan 3.12% de la demanda final y 0.52% del total del agua virtual en la misma.

Lo más interesante es que las exportaciones manufactureras representan 7.45% de la demanda final y sólo requieren 4.15% del agua virtual contenida en la demanda final, sugiriendo cierta especialización en la exportación de bienes con bajo contenido de agua.

Contenido de agua virtual en el comercio de la CVM

Los resultados anteriores señalan que los productos agrícolas y los manufacturados dirigidos al consumo doméstico son producidos con alto contenido de agua. En este apartado interesa investigar si a través del comercio exterior en la CVM existe exportación o importación neta de agua virtual.

Cuadro 2a. Contenido de agua virtual en los componentes de la demanda final de la Cuenca del Valle de México.

Actividades	Consumo ^{a)}		Exportación al resto de la economía mexicana		Exportación al mundo		Demanda final		Consumo doméstico ^{a)}		Exportación al mundo		Exportación al resto del mundo		Demanda final	
	Millones de pesos				Agua virtual (hm ³)											
Agricultura y otras actividades primarias b)	35 643	53	3 926	39 622	21.29	3.02	5.75	30.06								
Ganadería	7 259	0	473	7 732	83.04	0.00	5.41	88.45								
Total de agricultura y otras actividades primarias	42 902	53	4 399	47 354	104.33	3.02	11.16	118.51								
Total de generación y suministro de electricidad, agua y gas	6 861	0	61	6 921	0.94	0.00	0.01	0.94								
Total de construcción	349 985	0	0	349 985	55.83	0.00	0.00	55.83								
Industria alimentaria	145 053	1 147	6 806	153 006	143.65	1.14	6.74	151.52								
Industria de bebidas y tabaco	31 706	1 469	4 899	38 074	20.74	0.96	3.20	24.91								
Fabricación de insumos textiles	2 906	0	5 994	8 900	3.04	0.00	6.28	9.32								
Confección de prendas de vestir	891	0	3 400	4 290	0.23	0.00	0.87	1.09								
Fabricación de prendas de cuero y piel	10 818	0	22 993	33 811	2.59	0.00	5.51	8.10								
Fabricación de productos de cuero y piel	1 963	0	520	2 483	0.87	0.00	0.23	1.10								
Industria de madera	1 024	0	363	1 387	0.07	0.00	0.03	0.10								
Industria del papel	5 144	0	4 000	9 143	2.00	0.00	1.55	3.55								
Impresión e industrias conexas	3 142	766	2 519	6 427	1.06	0.26	0.85	2.17								
Otras industrias	107 746	30 349	153 851	291 946	14.75	3.83	20.86	39.44								
Total de industrias manufactureras	310 393	33 731	205 344	549 469	189.00	6.19	46.12	241.31								
Total de comercio	367 454	14 070	86 028	467 552	23.93	0.92	5.60	30.44								
Total de transporte, correo y almacenamiento	213 003	58 983	34 705	306 692	95.38	42.87	25.37	163.62								
Industria fílmica, de video y sonido	7 206	20 926	53	28 185	10.36	30.08	0.08	40.52								
Residencias de asistencia social y salud	442	136	0	578	1.06	0.33	0.00	1.38								
Otros servicios de asistencia social	648	0	0	648	1.88	0.00	0.00	1.88								
Servicios de entretenimiento y recreativos	5 207	4 200	0	9 407	14.40	11.62	0.00	26.02								
Servicios de alojamiento temporal	14 003	0	0	14 003	28.83	0.00	0.00	28.83								
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	46 934	0	0	46 934	42.00	0.00	0.00	42.00								
Asociaciones y organizaciones	22 319	10 139	0	32 458	37.75	17.15	0.00	54.90								
Otros servicios	1 034 964	290 180	24 211	1 349 355	367.68	79.84	6.55	454.06								
Total de servicios	1 131 723	325 580	24 264	1 481 567	503.96	139.01	6.62	649.59								
Total de 80 actividades	2 422 322	432 417	354 801	3 209 540	973.36	192.01	94.88	1 260.25								

a) El consumo total incluye el consumo privado de las familias, el gasto de gobierno, formación bruta de capital fijo y variación de existencias.
Fuente: elaboración propia a partir de la MIP-CVM, 2008.

De acuerdo con la teoría de Heckscher–Ohlin del comercio internacional, un país exporta los productos en los cuales tiene una ventaja comparativa. Estos son los productos que usan intensivamente los factores de la producción en los cuales existe abundancia relativa en el país. De la misma manera, los países importan productos que usan intensivamente factores escasos de la producción. Tomando el agua como factor de producción, la CVM no tiene ventajas comparativas para producir bienes intensivos en agua.

Esta sección estima el contenido de agua virtual de las exportaciones e importaciones. Se asume que las exportaciones, por ejemplo, las que se realizan con el resto del mundo, se incrementan en un millón de pesos de acuerdo con la mezcla de productos en las exportaciones corrientes. Por lo tanto, un vector \bar{f}^{RMEX} se construye con la misma distribución como f^{RMEX} , pero sus elementos suman un millón de pesos. Esto es:

$$\bar{f}_j^{\text{RMEX}} = (1\,000\,000) f_j^{\text{RMEX}} / \sum_i f_j^{\text{RMEX}}$$

Los requerimientos de agua (o contenido de agua virtual) de las exportaciones adicionales del producto j son entonces obtenidas como:

$$\sum_{i=1}^{80} y_i l_{ij} \bar{f}_j^{\text{RMEX}}$$

Dejando el balance del comercio regional sin afectación, se asume que las importaciones (en este caso del resto de México) también se incrementan en un millón. Esto implica que estos productos no necesitan ser producidos en la CVM, de tal manera que los requerimientos regionales de agua decrecen. Denotando el vector de importaciones como \bar{m}_j^{RMEX} tenemos que el incremento de un millón de pesos en las importaciones implica que las importaciones de los productos j se incrementan en:

$$\bar{m}_j^{\text{RMEX}} = (1\,000\,000) m_j^{\text{RMEX}} / \sum_i m_j^{\text{RMEX}}$$

Entonces los requerimientos de agua decrecen en:

$$\sum_{i=1}^{80} y_i l_{ij} \bar{m}_j^{\text{RMEX}}$$

a causa del incremento de las importaciones de los productos j .

Los requerimientos totales de agua a causa de las exportaciones adicionales están dados por:

$$\sum_{j=1}^{80} \sum_{i=1}^{80} y_i l_{ij} \bar{f}_j^{\text{RMEX}}$$

y la reducción total de agua por las importaciones adicionales son:

$$\sum_{j=1}^{80} \sum_{i=1}^{80} y_i l_{ij} \bar{m}_j^{\text{RMEX}}$$

En notación matricial, las expresiones son dadas por $y' L \bar{f}^{\text{RMEX}}$ y $y' L \bar{m}^{\text{RMEX}}$, respectivamente.

De acuerdo con la teoría de Heckscher–Ohlin, una región en la que escasea el agua se esperaría que ahorrara agua por el incremento de su comercio. Esto es:

$$y' L \bar{m}^{\text{RMEX}} > y' L \bar{f}^{\text{RMEX}}$$

En otras palabras, el contenido de agua virtual de sus importaciones debe ser mayor que el contenido de agua virtual de sus exportaciones.

En el cuadro 3 se registra el contenido de agua virtual del comercio de la CVM con el resto de México y el mundo, así como el comercio total. El vector de importaciones sólo cubre los productos que son producidos en la cuenca. La balanza comercial de agua virtual con el resto de la economía de México muestra que la importación de agua virtual representa 1.39 veces las exportaciones de agua, y en el comercio con el resto del mundo, las importaciones representan dos veces las exportaciones de agua virtual. El resultado para la balanza total es que se importa agua en 1.65 veces lo que se exporta, lo que confirma la teoría de Heckscher–Ohlin, en el sentido de que una región con escasez del recurso (como es el caso de la CVM) tiende a

Cuadro 3. Contenido de agua virtual en un millón de pesos en las exportaciones e importaciones, cuenca del valle de México, 2008.

Actividades	Exportaciones		Importaciones		Balance sectorial de agua virtual
	Estructura monetaria ^{a)}	Contenido de agua virtual	Estructura monetaria ^{a)}	Contenido de agua virtual	
	%	m ³	\$	m ³	
Comercio con el resto de la economía mexicana					
Agricultura y otras actividades primarias	0.01	6.98	12.73	337.22	-330.23
Generación y suministro de electricidad, agua y gas	0.00	0.00	4.33	4.93	-4.93
Construcción	0.00	0.00	0.19	0.25	-0.25
Industrias manufactureras	7.80	14.31	32.20	165.14	-150.83
Comercio	3.25	2.12	34.52	22.48	-20.36
Transporte, correo y almacenamiento	13.64	99.14	6.73	28.84	70.30
Servicios	75.29	321.48	9.30	58.98	262.49
Total de 80 actividades	100	444.03	100	617.84	-173.81
Comercio con el resto del mundo					
Agricultura y otras actividades primarias	1.24	31.45	3.92	313.57	-282.12
Generación y suministro de electricidad, agua y gas	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01
Construcción	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrias manufactureras	57.88	129.99	83.67	176.12	-46.13
Comercio	24.25	15.79	0.00	0.00	15.79
Transporte, correo y almacenamiento	9.78	71.51	0.66	3.72	67.79
Servicios	6.84	18.66	11.75	44.78	-26.12
Total de 80 actividades	100	267.41	100	538.19	-270.78
Comercio total					
Agricultura y otras actividades primarias	0.57	18.01	10.97	332.48	-314.47
Generación y suministro de electricidad, agua y gas	0.01	0.01	3.47	3.94	-3.94
Construcción	0.00	0.00	0.15	0.20	-0.20
Industrias manufactureras	30.37	66.45	42.50	167.34	-100.89
Comercio	12.72	8.28	27.61	17.98	-9.70
Transporte, correo y almacenamiento	11.90	86.68	5.51	23.81	62.87
Servicios	44.44	185.00	9.79	56.14	128.86
Total de 80 actividades	100	364.43	100	601.89	-237.47

a) La estructura se basa en las exportaciones e importaciones valuadas en millones de pesos, MIP-CVM 2008.
Fuente: elaboración propia a partir de la MIP-CVM, 2008.

importar productos con alto contenido de agua.

En la balanza total se registra que, con un comercio de un millón de pesos de exportaciones e importaciones, el saldo neto es la entrada de 237.47 m³ de agua virtual a la CVM. La CVM es una región importadora de agua virtual porque importa productos agrícolas (y otras actividades primarias) tanto del resto de México como del mundo (-314.47 m³ en la balanza total). La importación de productos manufacturados es el segundo rubro que explica la estructura de importaciones de agua, con un saldo en la balanza total de -100.89 m³ de agua virtual. Por otra parte, un factor que está presionando la exportación de agua virtual es el sector servicios, que registra un saldo positivo de 128.83 m³ de agua, lo que sugiere la importancia de que este sector aumente su eficiencia en el uso del agua.

Conclusiones

La CVM registra una dotación de recursos hídricos (2 902.29 hm³) que no puede incrementarse en el mediano plazo, al mismo tiempo que enfrenta una demanda de agua que rebasa la oferta debido a la creciente actividad económica de la región, así como por albergar el asentamiento urbano más grande del país (ZMVM).

Más de la mitad de la estructura económica de la CVM se explica por las actividades de servicios diversos, seguida en importancia por las actividades comerciales y las actividades manufactureras; la producción agrícola juega un papel marginal en esta región. La presión que las actividades económicas ejercen sobre los recursos hídricos concuerda con el mismo orden de importancia dentro de la estructura económica. Una mayor precisión para identificar actividades económicas específicas que presionan más a los recursos hídricos de la cuenca es a través de la estimación de sus respectivos MVA, indicador que estima la cantidad de litros de agua que cada actividad económica utiliza (directa e indirectamente) para generar un valor incremental de un peso de su respectiva demanda final. Los resultados reportan que el MVA promedio en la cuenca es de 0.310 litros,

valor que indica que para producir un peso del valor de la producción en la región se necesitan 310 ml de agua. Las actividades que registraron los mayores requerimientos de agua en sus procesos de producción (es decir, los mayores MVA) son elaboración de productos agrícolas y ganaderos, seguidos de actividades de servicios relacionadas con hospedaje; así como algunas manufacturas de alimentos, papel y textiles. En el otro extremo se encuentran las actividades que registran los MVA más bajos, esto es, las asociadas con el comercio.

Un hallazgo interesante en la investigación es que en la cuenca el agua está siendo utilizada en actividades de baja intensidad del recurso, como en el comercio y actividades manufactureras para la exportación. Las exportaciones manufactureras de la cuenca representan 7.45% de la demanda final total y sólo necesitan 4.15% del agua virtual contenida en la misma, sugiriendo la especialización de la región en exportaciones de bienes con bajo contenido de agua.

Lo que es más interesante aún es que exportamos bienes con baja intensidad en el uso del agua (productos manufacturados), e importamos bienes y servicios intensivos en el uso del recurso (productos agrícolas, ganaderos), lo que califica a la CVM como una región importadora neta de agua virtual. Este hallazgo parece confirmar la teoría de Heckscher-Ohlin del comercio internacional, en el sentido de que importamos bienes con elevado contenido del recurso escaso —en este caso el agua— y explica la racionalidad económica de una región con el mayor estrés hídrico del país.

La conclusión central de la investigación es que se requiere poner especial atención a las actividades económicas que participan con un pequeño porcentaje dentro de la estructura de la producción de la CVM y al mismo tiempo participan en forma considerable del recurso hídrico. Por ejemplo, la agricultura, que produce 1.34% de la demanda final total y absorbe el 8.28% del agua virtual requerida para producir la demanda final de la cuenca. Otro foco rojo es el caso de los productos manufacturados dirigidos al consumo doméstico, que explican

9.67% de la demanda final y 15% del total del agua virtual en la cuenca. Estos resultados tienen implicaciones interesantes en términos de la gestión del agua en la CVM, pues señalan las actividades específicas sobre las que se deben definir políticas hídricas que apunten a lograr un uso eficiente del recurso o promuevan estímulos especiales para su relocalización.

Además de considerar los impactos favorables de promover la importación de agua virtual en la cuenca, se sugiere otro conjunto de políticas públicas que ayudan a reducir el estrés hídrico en la CVM. La primera es promover el cambio tecnológico mediante la adopción de nuevas tecnologías ahorradoras de agua en los procesos productivos, de tal forma que la cantidad de agua utilizada directamente en cada proceso productivo se reduzca; esto requiere de inversiones adicionales en los sectores afectados. La segunda es incentivar una reestructuración de la producción en el sentido que ya se viene dando, alentando actividades de baja intensidad en el uso del agua. La tercera es introducir un aumento en el precio del agua para las actividades económicas; el efecto esperando es que los productores la utilizarán en forma más eficiente, por ejemplo, reduciendo su desperdicio. La cuarta es fomentar el uso de agua tratada para los procesos industriales que lo permitan, generando incentivos económicos para su adopción.

Finalmente se destaca la importancia de continuar profundizando la actual tendencia de reducir la exportación de agua virtual en la CVM, porque se hace a costa de una mayor sobreexplotación de los acuíferos y de recursos hídricos importados.

Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento recibido por Conacyt para la realización de la investigación y redacción del artículo en el marco del proyecto: "Especialidad en economía ambiental, aplicada al manejo económico y sustentable del agua (EEA)", Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua Conagua-Conacyt clave Conagua-2012-2-198723. Así como el apoyo recibido a través de la Cátedra Conacyt-

UAM número 1812, "Modelo hídrico y económico de la cuenca del valle de México, 2014". No podemos dejar de agradecer en forma especial la colaboración del economista Juan Carlos Sánchez Herrera en el procesamiento de la información.

Referencias

- Allan, J. A. (1997). *Virtual Water: a long term solution for water short Middle Eastern economics?* Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science. Water and Development Session, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, TUE.51, 14.45. Recuperado de <http://web.macam.ac.il/~arnon/Int-ME/water/OCC03.PDF>
- Allan, J. A. (1999). Water stress and global mitigation: water food and trade. *Arid lands Newsletter*, No. 45. Recuperado de <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/ahn45/allan.html>
- Chapagain, A., & Hoekstra, A. (2004). *Water Footprint of Nations*. Value of Water Research Report Series, No 16, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands, Recuperado de www.waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf
- Conagua (2009). *Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México*, Edición 2009, SEMARNAT, México.
- Conagua (2010). *Estadísticas del Agua en México, Edición 2010*. SEMARNAT, México.
- Dietzenbacher, E., & Velázquez, E. (2007). Analyzing Andalusian Virtual Water Trade in an Input-Output Framework, *Regional Studies*, 41 (2), 185-196.
- Debaere, P. (2014). The Global Economics of Water: Is Water a Source of Comparative Advantage? *American Economic Journal: Applied Economics* 2014, 6(2): 32-48. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1257/app.6.2.32>
- Hoekstra, A., & Chapagain, A. (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Oxford: Blackwell.
- INEGI (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI, México. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/ageb_urb2010.aspx?c=28111&s=est
- Lenzen, M., & Foran, B. (2001). An input-output analysis of Australian water usage. *Water Policy* 3(4), 321-340. Recuperado de <http://down.cenet.org.cn/upfile/94/200743012028171.pdf>
- Rodríguez, L., & Morales, J. (2013). Integración de un Sistema de Cuentas Económicas e Hídricas en la Cuenca del Valle de México. *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 4(1), 72-89.
- MIP-CVM (2008). *Matriz insumo-producto de la Cuenca del Valle de México (MIP-CVM-2008)*. Proyecto Multidisciplinario: acuerdos del rector 08/2009. UAM, México (documento interno).

UAM (2010). *Modelación del Sistema Hídrico de la Cuenca del valle de México. Proyecto Multidisciplinario: acuerdos del rector 08/2009*. México: UAM (documento interno).

Dirección institucional de los autores

Dra. Lilia Rodríguez-Tapia
Dr. Jorge A. Morales-Novelo
Dra. Fabiola S. Sosa-Rodríguez

Profesores-Investigadores
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco
Departamento de Economía
Área de Investigación Crecimiento y Medio Ambiente
Cubículo Eco C, Edificio H 1er piso
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas,
Delegación Azcapotzalco
02200 Ciudad de México, MÉXICO
Teléfono: +52 (55) 5318 9427
lrt3@prodigy.net.mx
jamn8647@gmail.com
fssosa@gmail.com

Dr. Juan Carlos Altamirano-Cabrera

World Resources Institute
10 G St NE, Washington, D.C., USA
Teléfono: +1 (202) 729 7600
jcaltamirano@wri.org

Dr. Francisco Torres-Ayala

Profesor-Investigador Cátedra Conacyt
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco
Departamento de Economía
Cubículo Eco C, Edificio H 1er piso
Área de Investigación Crecimiento y Medio Ambiente
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas,
Delegación Azcapotzalco
02200 Ciudad de México, MÉXICO
Teléfono: +52 (55) 5318 9427
tfrancisco.match@gmail.com