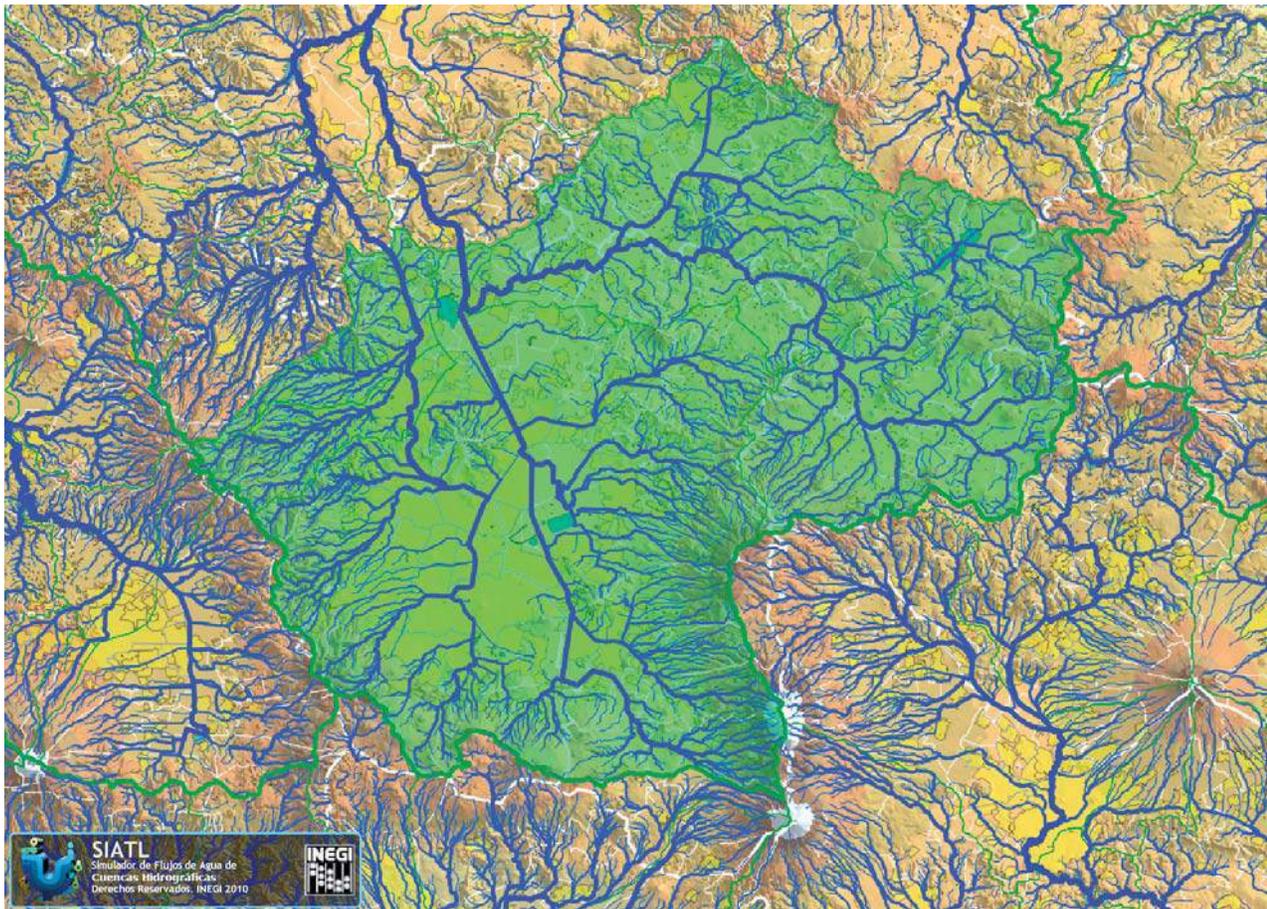


# Integración de un sistema de cuentas económicas e hídricas en la Cuenca del Valle de México

Lilia Rodríguez Tapia y Jorge Armando Morales Novelo



Las cuentas del agua son una herramienta relativamente nueva para organizar la información relacionada con el recurso hídrico, ideal para abordar su investigación desde un enfoque multidisciplinario y diseñar políticas para su gestión integral. También, constituye la base estadística para estudios desde la perspectiva de la economía del agua, ya que describe la demanda y oferta del recurso hídrico en un esquema de relaciones intersectoriales. Este artículo presenta los primeros resultados obtenidos a partir de la construcción de las cuentas del agua en la Cuenca del Valle de México (CVM) para el 2008, consiste en dos indicadores híbridos que monitorean la eficiencia del uso del agua por actividad económica. El marco conceptual de la contabilidad de este recurso se basa en el Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental del Agua (SEEAW, por sus siglas en inglés) elaborado por la División Estadística de las Naciones Unidas. En la Cuenca del Valle de México, dos terceras partes del agua utilizada provienen de pozos sobreexplotados y muestra claramente un uso no sustentable de sus recursos hídricos. El valor bruto de la producción del sector que suministra agua en la CVM registra una participación muy pobre en el valor bruto total de la producción en la cuenca (0.01%), al mismo tiempo que enfrenta una presión extrema para garantizar el suministro que demanda el crecimiento económico y el bienestar de la población.

**Palabras clave:** cuentas del agua, gestión integral del agua, cuentas híbridas, modelo insumo producto regional.

## Introducción

La Cuenca del Valle de México (CVM) es la que registra mayor sobreexplotación en sus recursos hídricos en México, se ubica entre las de mayor estrés en el mundo, respondiendo a la elevada carga que implica abastecer una población de más de 20 millones de habitantes y una actividad económica que produce una cuarta parte del valor bruto de la producción (VBP) del país.

En la CVM, además de la presión que implica la demanda del recurso hídrico por las actividades do-

Water accounts are a relatively new tool to organize information related to water resources. It is ideal to lead a water research from a multidisciplinary approach and to design policies for an integrated water management. It also provides the statistical basis for studies from the perspective of the economics of water, as it describes the demand and supply of water resources in a context of inter-sectorial relations. This article presents the first results obtained from the construction of water accounts in the Basin of Mexico (CVM for its acronym in Spanish) in 2008; it is made up of two hybrid indicators that monitor the efficiency of water use by industry. The conceptual framework for water accounting is based on the System of Environmental and Economic Accounting for Water (SEEAW) prepared by the Statistics Division of the United Nations. In the Basin of Mexico, two thirds of the water that is used comes from overexploited wells, it clearly shows an unsustainable use of its water resources. The total gross value of production in the industry that supplies water to the CVM registers a very poor participation in the total gross value of production in the whole basin (0.01%), while it faces extreme pressure to guarantee the supply that both economic growth and population's welfare demand.

**Key words:** integrated water resources management, water accounts, hybrid accounts, input-output regional model.

mésticas y económicas, se enfrenta a problemas de contaminación, pérdida y degradación de los ecosistemas de agua dulce, así como a un bajo nivel de tratamiento (reciclamiento) del agua residual. Una quinta parte del suministro del vital líquido a esta región es importada de cuencas aledañas, y no existe posibilidad de incrementos en el corto plazo, por el contrario, se vislumbran eventuales conflictos por el recurso. En particular, los aumentos que se han registrado en su abastecimiento sólo pueden producirse a costa de una mayor sobreexplotación de los acuíferos, de los cuales se extrae a una profundidad promedio de 400 m (hace 10 años era

de 200 m), y ya se están realizando exploraciones para llegar a niveles más profundos (2 000 m).

La dotación limitada de los recursos hídricos frente a la dimensión de la estructura económica representa una importante restricción al crecimiento de algunas actividades productivas, y afecta el bienestar de la población involucrada, en particular de los grupos más vulnerables.

Los usuarios del agua (como las empresas y la población), informados por el gobierno y con señales claras del grado de escasez, pueden en principio entender que ésta se debe manejar en forma eficiente para garantizar el acceso a todos los habitantes, dando prioridad a los sectores que la utilizan con elevada productividad, y si preocupan las futuras generaciones, se debe pretender un uso sustentable del recurso para garantizar su suministro en el largo plazo.

Usar en forma racional y eficiente los recursos hídricos es también inquietud de diversas regiones de México y del mundo, y más para las que enfrentan graves restricciones en su dotación. En este sentido, instituciones internacionales preocupadas por la ineficiencia en el manejo de los recursos hídricos han recomendado a los gobiernos y a los organismos encargados del suministro del recurso avanzar hacia una gestión integral de los recursos hídricos (GIRH), por ejemplo: el IV Foro Mundial del Agua (2006) celebrado en México, el Global Water Partnership (2004), el World Summit on Sustainable Development (2002) y las conferencias sobre cambio climático (COP) realizadas anualmente en el contexto del acuerdo Marco de la Conferencia de las Naciones Unidas, entre otras instancias.

La GIRH concibe al agua como una parte integral del ecosistema, un recurso natural y un bien económico y social, cuya cantidad y calidad determina la naturaleza de su utilización. Esta perspectiva se basa en el hecho de que el agua es necesaria para todos los aspectos de la vida, es un insumo material indispensable para las actividades de producción y de consumo, funciona como depó-

sito natural para los desechos materiales, hábitat para muchos seres vivos (parágrafo 18.8, *Agenda 21*, Naciones Unidas, 1992). La actual forma de gestión del agua en la CVM (como en diversas cuencas de México y del mundo) dista mucho de lo que sería una GIRH, aunque no hay duda de la importancia de orientar la gestión hacia dicha meta considerando la gravedad de la situación de hoy en día.

La investigación desarrollada sigue dos recomendaciones del enfoque GIRH en la CVM. La primera consiste en adoptar como unidad de análisis y de gestión del agua a la cuenca, que implica definir con claridad los límites de esta región para la captación y el suministro del recurso; constituye la medida más adecuada para realizar una gestión integral del agua, captura de manera natural las aguas subterráneas y superficiales que el ciclo hidrológico reproduce anualmente y conforman lo que se conceptualiza como *disponibilidad natural* del recurso hídrico que define la magnitud de la oferta para su uso sustentable en una región determinada (*Agenda 21*, Naciones Unidas, 1992; European Parliament and Council, 2000).

La segunda recomendación radica en construir las cuentas del agua para la cuenca investigada, información necesaria para aplicar conceptos y políticas a partir de la economía del agua. La metodología aplicada para su elaboración se basa en el Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental para el Agua (UNSD/SEEAW, 2007), el cual proporciona el marco conceptual para organizar datos económicos e hidrológicos de un modo coherente y sistemático; dicha plataforma analítica se basa en el marco conceptual del Sistema de Contabilidad Nacional de 1993 (SNA, 1993), que es el estándar para compilar las estadísticas nacionales e indicadores económicos. Este sistema contable del agua está en proceso de adaptación por parte de los países miembros de la ONU, como parte de la Contabilidad Ambiental y Económica Integrada 2003. Al día de hoy, son pocas las naciones que la han aplicado, hay experiencias en Holanda (Van der Veeren *et al.*, 2004), Australia (Australian Bureau of Statistics, 2004) y

Suecia (Statistics Sweeden, 1999), y varios países se encuentran en proceso de elaboración de las mismas.

El artículo presenta los avances de la aplicación de la contabilidad del agua en la CVM para el 2008 y se analizan dos indicadores híbridos que miden los diferentes grados de eficiencia en el uso del vital líquido por las actividades económicas. Los indicadores aportan información que permite guiar el proceso hacia una estrategia de gestión integral del uso del agua.

Este documento se integra con cuatro secciones: la primera consiste en un resumen metodológico, la segunda describe características hídricas y económicas de la CVM, la tercera muestra los resultados de la integración del sistema de cuentas económicas e hídricas en la CVM y la cuarta presenta las conclusiones.

## 1. Resumen metodológico

Las cuentas del agua de la CVM se han elaborado siguiendo los lineamientos del Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental para el Agua (SEEAW, por sus siglas en inglés, 2007). La metodología consiste en el proceso de sistematización y acoplamiento de información de la estructura económica de la CVM con la de su sistema hídrico, de tal forma que se puedan relacionar para construir indicadores híbridos (relacionan el espacio monetario con el sistema real). El marco conceptual de SEEAW se complementa con un conjunto de cuadros estándar orientados hacia información hidrológica y económica.

### 1.1 Información del sistema económico

Para la elaboración de los cuadros que reflejan el comportamiento del sistema económico de la Cuenca del Valle de México, se construyó la matriz insumo-producto 2008 (MIP-CVM-2008) de la región. Para ello, se procesó información con el fin de cuantificar sus principales flujos económicos a

nivel de cuenca hidrológica, ya que el sistema de contabilidad nacional no registra esa cobertura.

En una primera etapa se construyó la matriz insumo-producto de la cuenca para el 2003 (MIP-CVM-2003) con base en la tabla de coeficientes técnicos de la última matriz nacional publicada (la matriz insumo-producto 2003) e información económica de la región obtenida de los Censos Económicos, registros administrativos y encuestas próximas al 2003, entre otras estadísticas. La matriz se fundamenta en el marco conceptual básico del sistema de contabilidad nacional de 1993.

En una segunda fase se actualizó la matriz MIP-CVM-2003 al 2008; se aplicó el método RAS (técnica de ajuste biproporcional que equilibra matrices mediante la multiplicación iterativa de filas y columnas de una matriz inicial, cuya solución final se caracteriza por soluciones no negativas) y se incorporó información del 2008 para la región, organizada en forma consistente con la contabilidad nacional. El resultado final del proceso fue, precisamente, la MIP-CVM-2008.

Por último, en la tercera etapa, la matriz del 2008 se expandió para ubicar en un solo sector la actividad *Captación y suministro de agua*. Aunque se intentó realizar el mismo proceso para el sector que ofrece el servicio de drenaje, esto no fue posible debido a la falta de información.

### 1.2 Información del sistema hídrico

Las cuentas del agua objeto de la investigación se centran en la relación del agua como insumo material para las actividades de producción y de consumo, la información reportada se expresa en unidades físicas ( $m^3$  de agua). El sistema hídrico de la CVM lo constituyen los flujos del recurso para abastecer las necesidades de su población y de sus actividades económicas durante un año, esos flujos se organizan por origen y destino de manera similar a los flujos monetarios de la actividad denominada *Captación y suministro de agua*, y a los pagos del recurso por el consumo

privado y de gobierno, e importaciones, en forma similar a la matriz MIP-CVM-2008.

La mayoría de la información se obtuvo de diversas estadísticas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2009) y del Registro Público de Derechos del Agua (REPGA), así como de información del Modelo Hídrico de la UAM (UAM, 2010) que sistematiza información para la CVM. Esta fase del proceso enfrentó fuertes limitaciones para contar con información a mayor detalle.

Finalmente, las cuentas híbridas se elaboran a partir de relacionar magnitudes económicas contabilizadas en unidades monetarias (MIP-CVM-2008) con información hídrica en términos de volúmenes de agua, cuidando que existiera correspondencia conceptual entre ambas (uso y suministro del agua en la cuenca para el mismo año).

## 2. La Cuenca del Valle de México

De forma convencional, se acepta que la cuenca es la unidad más adecuada para realizar una gestión integral del agua; sin embargo, la delimitación geográfica que implica la definición de la cuenca no coincide con las áreas político-administrativas que constituyen la base de la organización de los datos socioeconómicos; por ello, se adopta un criterio de definición de la región objeto de estudio que se denomina *área contable de captación*, y que se basa en la delimitación político-administrativa.

La delimitación de la CVM bajo el criterio político-administrativo considera 85 municipios completos que comprenden una superficie total de 9 738 km<sup>2</sup> ubicados en tres entidades federativas: México, Hidalgo y Tlaxcala, incluyendo las 16 delegaciones del Distrito Federal (ver figura 1). Esta

Figura 1



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010a.

composición muestra que adoptar medidas o políticas a nivel de la cuenca requiere de la participación de competencias de los diferentes órdenes de gobierno (municipal, estatal y federal).

La CVM, como unidad de captación de agua de lluvia, comprende una superficie total de 9 698 km<sup>2</sup> (CONAGUA, 2009) y se encuentra formada por siete subcuencas; su naturaleza topográfica la define como una configuración endorreica, ingrediente adicional que complica el espectro de la cuenca, cóncava en su forma y rodeada de una cadena montañosa sin salidas naturales.<sup>1</sup> Además, su perfil sociodemográfico la sitúa entre los primeros cuatro asentamientos humanos más grandes del mundo

<sup>1</sup> El drenaje del agua pluvial y residual afuera de la CVM ha sido durante casi dos siglos (inició con la construcción del Tajo de Nochistongo en el siglo XVIII) a través de grandes obras de infraestructura.

y el primero de México, con 20 589 212 habitantes, de acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010).

En la figura 2, el trazo de color oscuro define los límites geográficos (9 698 km<sup>2</sup>, CONAGUA, 2009) que significan 40 km<sup>2</sup> menos respecto a la superficie definida con criterios político-administrativos de la CVM. La diferencia entre ambas superficies es mínima (0.04%), lo cual no altera los resultados al adoptar la definición de carácter político-administrativo como área contable de captación, con las consecuencias favorables en la contabilidad de las cuentas del agua.

El sistema de recursos hídricos se configura con el conjunto de ríos, lagos, embalses artificiales y agua subterránea ubicados en la región. El origen de esa configuración es la lluvia y los flujos de agua

Figura 2

### Cuenca del Valle de México y subcuencas



Fuente: CONAGUA, 2009.

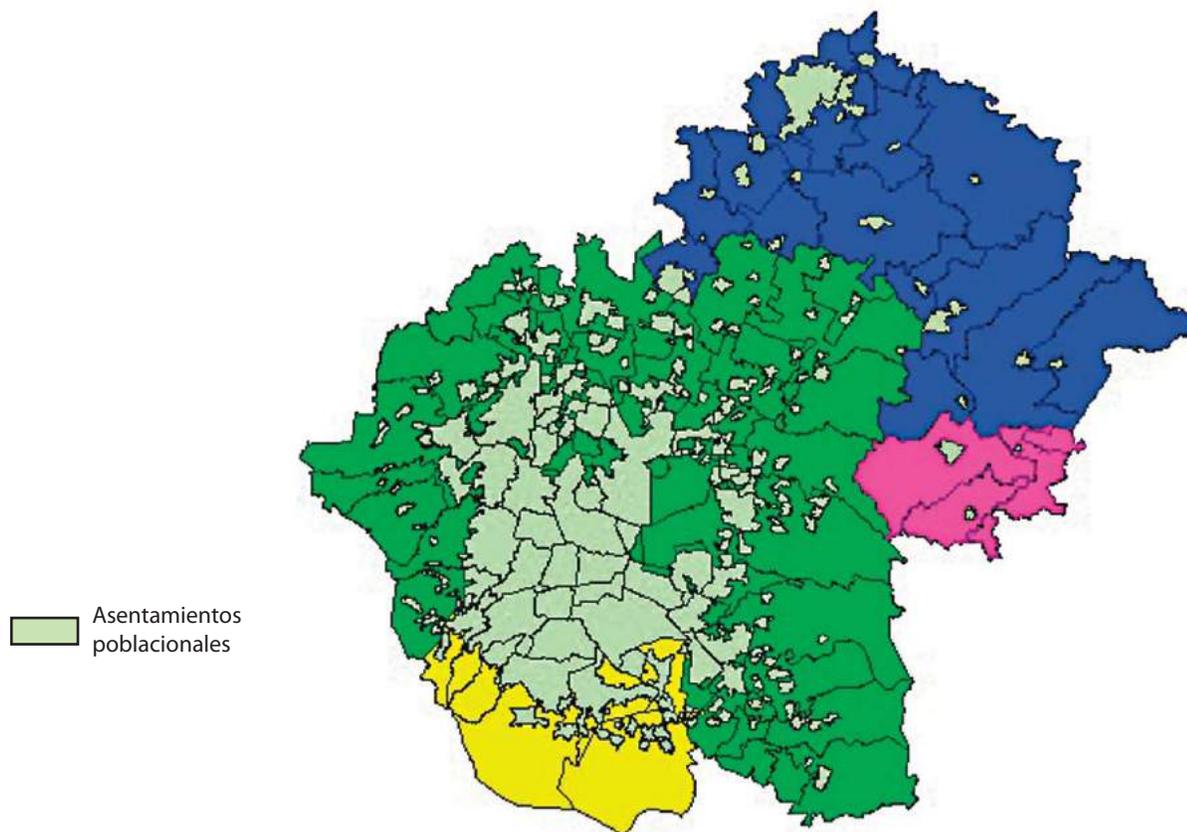
provenientes de otros territorios y/o de otras fuentes dentro de la misma región. Los principales flujos que reducen las reservas de agua en forma natural son la evapotranspiración y los recursos hídricos destinados a otras regiones. Las actividades humanas aumentan o disminuyen los acervos del vital líquido ya sea por extracción, o bien, por retornos.

Las empresas y los organismos operadores extraen el agua del medio natural para canalizarla hacia actividades productivas y de consumo (uso consuntivo) o también se aprovecha directamente, sin necesidad de removerla, como es el caso de las hidroeléctricas (uso no consuntivo) que desarrollan su producción *in situ*. Después de su utilización, las empresas y los hogares regresan el agua al medio ambiente con una calidad inferior a la original, bajo la forma de agua residual, que finalmente retorna a los cuerpos de agua continentales y al mar.

Los asentamientos poblacionales dentro de la CVM se ubican de forma mayoritaria en un área de 7 854 km<sup>2</sup> (CONAGUA, 2009) conocida comúnmente como Zona Metropolitana del Valle de México, que concentra 97% de la población de la cuenca (ver figura 3). La mencionada Zona Metropolitana se integra por el Distrito Federal (DF) con 8 851 080 habitantes, municipios del estado de México que explican 11 168 301 (INEGI, 2010b) e incluye marginalmente población de Hidalgo. En la misma figura 3 aparecen otros centros de población urbanos importantes, como Pachuca de Soto (las zonas de color verde seco de menor tamaño y distribuidas de forma dispersa en la cuenca corresponden a municipios aislados). Esta gran área, Zona Metropolitana del Valle de México, determina que el perfil de la cuenca sea urbano, con una población rural de menor peso en esta demarcación.

Figura 3

### Distribución de la población en la Cuenca del Valle de México



Fuente: elaboración propia a partir de datos del INEGI (2010b).

La población en la cuenca ha crecido en la última década a una tasa promedio anual inferior a un punto porcentual (0.94%), lo que refleja un descenso en su velocidad de crecimiento respecto a la década de los 90 del siglo pasado, cuando se registró un ritmo anual de 1.64% y ha tendido a estabilizarse en los años siguientes. Hidalgo es el único estado que ha aumentado su ritmo de crecimiento poblacional en la cuenca: de 2.61% promedio anual en la década de los 90, aumentó a otro de 3.06%, entre el 2000 y 2010. En cuanto a la densidad de población, la cuenca registra la más alta del país en vista de que concentran 2 114 habitantes en 1 kilómetro cuadrado.

### 3. Integración de las cuentas económicas e hídricas en la Cuenca del Valle de México

El sistema de cuentas ambientales y económicas para el agua define el marco bajo el cual se organiza la información hídrica, de tal forma que se explicita la interacción entre economía y medioambiente. Se basa en la construcción de un sistema de contabilidad económica, el cual se expande para identificar en forma precisa datos relacionados con el agua y se relacionan después con los del recurso en términos físicos para la elaboración de las cuentas híbridas.

Éstas se denominan así porque se obtienen de la combinación de diferentes unidades de medida, presentan información monetaria y magnitudes físicas que permiten derivar indicadores consistentes para evaluar impactos en los recursos hídricos ante cambios económicos.

#### 3.1 Sistema de cuentas económicas de la CVM

El resultado de la organización de la información que integra en forma consistente las cuentas económicas de la CVM se resume en la MIP-CVM-2008, base de información que describe la estructura económica de la cuenca y relaciona cada actividad económica con las demás, con los agregados económicos de la región y con el resto de la economía mexicana. La MIP-CVM-2008 registra 80 actividades económicas que incluye la de *Captación y suministro de agua*, la cual registra los valores monetarios de la actividad hídrica en la cuenca.

En el cuadro 1 se presenta una versión resumida de la matriz ampliada, destaca *Captación y suministro de agua*; como un vector columna revela el proceso de producción del recurso, y como un vector fila destaca el destino de su producción hacia sus diversos usos tanto los de consumo intermedio como los de uso final.

Cuadro 1

Continúa

**Matriz simétrica total de insumo-producto de la Cuenca del Valle de México**  
(miles de pesos a precios básicos, 2008)

Actividad económica	Agricultura y minería	Electricidad y suministro de gas	Captación y suministro de agua	Construcción	Industrias manufactureras	Comercio	Transporte, correo y almacenamiento	Servicios	Demanda intermedia	Demanda final	Valor de la producción
Agricultura y minería	6 023 001	279 804	12	4 478 656	147 246 623	0	6 623	750 473	158 785 190	-81 170 392	77 614 798
Electricidad y suministro de gas	260 498	1 281 822	232 362	312 025	6 826 433	6 921 478	1 481 283	23 371 108	40 687 009	-24 543 037	16 143 973

**Matriz simétrica total de insumo-producto de la Cuenca del Valle de México**  
(miles de pesos a precios básicos, 2008)

Actividad económica	Agricultura y minería	Electricidad y suministro de gas	Captación y suministro de agua	Construcción	Industrias manufactureras	Comercio	Transporte, correo y almacenamiento	Servicios	Demanda intermedia	Demanda final	Valor de la producción
Captación y suministro de agua	39 699	2 102	12 662	300 163	1 267 524	18 075	922 572	3 423 606	5 986 404	-2 441 416	<b>3 544 988</b>
Construcción	97 264	37 811	15 790	24 949 369	1 640 558	228 571	860 616	5 163 521	32 993 502	347 669 025	380 662 527
Industrias manufactureras	8 949 592	3 422 867	203 668	66 408 687	140 389 535	30 159 796	48 575 764	91 402 690	389 512 599	587 716 895	977 229 494
Comercio	4 749 532	1 601 735	104 066	30 364 872	72 348 241	12 837 219	19 133 900	30 821 077	171 960 642	563 063 061	735 023 703
Transporte, correo y almacenamiento	1 996 764	714 217	55 904	10 055 287	26 123 488	6 150 928	20 291 621	28 462 849	93 851 059	331 045 294	424 896 353
Servicios	6 657 624	1 218 509	346 527	29 408 564	73 103 414	101 639 465	51 545 880	353 088 265	617 008 247	1 853 296 909	2 470 305 156
Insumos de origen nacional	28 773 975	8 558 866	970 992	166 277 623	468 945 816	157 955 531	142 818 260	536 483 589	1 510 784 652	3 574 636 340	<b>5 085 420 992</b>
Insumos importados	5 481 174	1 621 519	75 078	26 732 203	185 400 218	30 143 818	37 138 204	78 504 319	365 096 533		
Impuestos netos	288 971	169 494	-4 480	1 337 272	2 837 644	261 931	7 340 441	2 014 785	14 246 059		
Valor agregado bruto	43 070 679	5 794 093	2 503 397	186 315 429	320 045 816	546 662 423	237 599 448	1 853 302 463	3 195 293 748		
Valor de la producción	77 614 798	16 143 973	<b>3 544 988</b>	380 662 527	977 229 494	735 023 703	424 896 353	2 470 305 156	<b>5 085 420 992</b>		

Fuente: versión sintética de la MIP-CVM-2008.

La matriz mide diversos agregados económicos generados en la cuenca que permiten evaluar su importancia económica en el país (en pesos del 2008). El valor de la producción generada en la cuenca es de 5 billones 85 mil 420 millones 992 mil pesos, y constituye la cuarta parte de la producción del país, mostrando la importancia de la actividad económica de la región en el crecimiento económico de México.

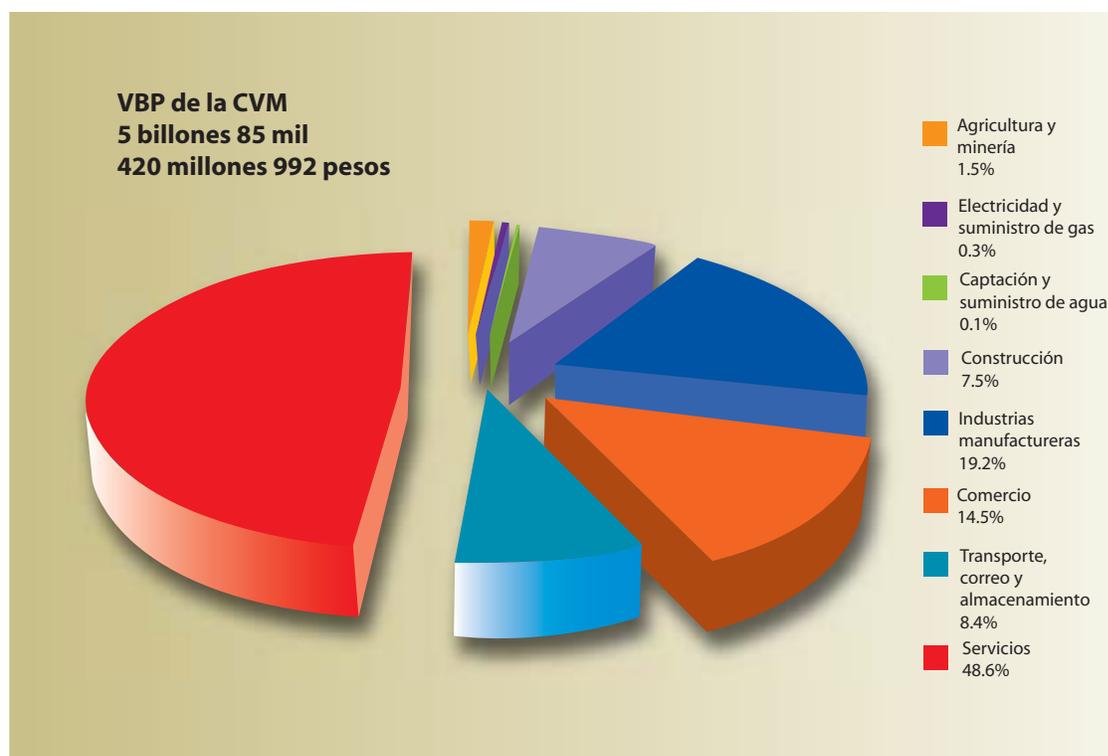
En la CVM son tres sectores los que explican la dinámica de la producción de la economía regional; de acuerdo con la matriz y la gráfica 1, la mitad del valor lo explican los *Servicios* (48.6%), en segundo lugar le siguen *Industrias manufactureras* con alrededor de una quinta parte de la producción (19.2%) y en tercero se sitúa *Comercio* con 14.5 por ciento. Esta configuración refleja la preponderancia de las actividades de servicios

—sobre todo, es notable el desempeño de los denominados servicios al productor— y comerciales, describiendo una tendencia a desplazar cada vez más a las de manufacturas y agrícolas en la región. La agrícola y minera sólo explica 1.5% de la producción, lo que confirma el perfil urbano de los asentamientos en la CVM y contrasta con la preponderancia de las actividades urbanas de alto desempeño.

La actividad económica de *Captación y suministro de agua* registra un valor monetario en su producción de 3 mil 544 millones 988 pesos, que representa un porcentaje muy bajo en el valor del producto de la cuenca (una décima de punto); sin embargo, dada la trascendencia del agua como factor de la producción, de su baja participación no se infiere una característica de modesta importancia en el proceso productivo de la cuenca.

Gráfica 1

### Estructura de la producción en la Cuenca del Valle de México, 2008 (participación porcentual por actividad)



Fuente: elaboración propia con base en MIP-CVM-2008.

Sucede que el suministro del vital líquido para el consumo humano, y como insumo para las actividades económicas, debe explicarse en términos de su centralidad, de su alcance estratégico como recurso limitado y como factor de la producción sin sustituto. En consecuencia, debe aclararse esta aparente paradoja considerando la relación entre la estructura hídrica y económica de la cuenca.

### 3.2 Sistema de cuentas hídricas de la CVM

La contabilidad de los activos hídricos es la descripción contable del balance del ciclo hidrológico del agua y la CONAGUA registra dicho balance a nivel de cuenca. En esta delimitación geográfica, estos recursos se contabilizan midiendo las reservas al inicio y al final del periodo contable, por lo general un año, interpretando los cambios observados como flujos del recurso requeridos por la economía o bien, como resultado de procesos naturales.

Los datos agregados del agua en la CVM se obtuvieron, básicamente, de la CONAGUA y corresponden al 2008 (CONAGUA, 2009); obtener mediciones de transacciones del recurso hídrico dentro de la misma cuenca resulta más complicado, y en la 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.

En el cuadro 2 se describe cómo la actividad económica desarrollada en la cuenca durante el

2008 necesitó de 2 902.30 hm<sup>3</sup>/año para cubrir las exigencias de todos los usos. Las fuentes que abastecieron dicho requerimiento son tres: en primer lugar, agua de la misma CVM que explica casi tres cuartas partes del total (73%); en segundo término, la importada que constituye casi una quinta parte (21%) y, en tercero, la de reuso que aporta alrededor de 6% del suministro total.

Los 2 902 hm<sup>3</sup>/año de agua representan un volumen tan grande que abastecerlo resulta muy costoso en términos monetarios y de la capacidad de las fuentes de suministro con que cuenta la CVM. Por un lado, se importa agua de cuencas vecinas que no son superavitarias del recurso y enfrentan restricciones para su propio suministro y, por otro, se extrae de acuíferos en la misma CVM que registran los más elevados niveles de sobreexplotación del país e incluso del mundo. La reutilización ha sido una alternativa poco considerada, aun cuando ésta sea una medida que reduce la presión sobre los recursos de agua de primer uso.

El cuadro 3 muestra que la CVM abastece 2 107.81 hm<sup>3</sup>/año de agua de primer uso, 90% se extrae de acuíferos (subterránea) y el restante se explica por agua superficial captada en la misma cuenca.

El límite razonable de uso del agua en una cuenca lo delimita la magnitud conocida como disponibilidad natural media (DNM), y define lo que se interpreta como un manejo sustentable de los recursos hídricos al permitir usar sólo el agua que se renueva cada año a partir del ciclo hidrológico. En

Cuadro 2

#### Fuentes de suministro de agua para la Cuenca del Valle de México, 2008

Fuentes de suministro	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año	%
Cuenca del Valle de México	66.84	2 107.81	73
Importación	19.39	611.58	21
Reuso	5.80	182.91	6
<b>Suministro total</b>	<b>92.03</b>	<b>2 902.30</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia con datos CONAGUA (2009) y UAM (2010).

Cuadro 3

### Fuentes de suministro de agua dulce en la Cuenca del Valle de México, 2008

Fuentes de suministro	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año	%
Agua superficial de primer uso	6.47	204.01	10
Agua subterránea	603.37	1 903.80	90
<b>Extracción en la Cuenca del Valle de México</b>	<b>609.84</b>	<b>2 107.81</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia con datos CONAGUA (2009) y UAM (2010).

el cuadro 4 se registra que la magnitud de agua que constituye la DNM de la cuenca representa 1 404.68 hm<sup>3</sup>, volumen que se obtiene de la suma del escurrimiento superficial virgen medio y la recarga subterránea anual, magnitudes que denotan volúmenes de agua que se renuevan cada año y subrayan la condición del vital líquido como un recurso natural renovable.

#### Estrés hídrico en la CVM

En la CVM se utiliza cada año un volumen de agua dos veces mayor al que garantiza un uso sustentable —la extracción total es de 2 902.30 hm<sup>3</sup> respec-

to al volumen de 1 404.68 que representa la disponibilidad natural—, que la ubica como una de las regiones de mayor sobreexplotación en sus recursos hídricos.<sup>2</sup> Como se mencionó arriba, el agua importada no alcanza a explicar la diferencia de dichas magnitudes, es la sobreexplotación de los acuíferos de la CVM la que cubre la brecha.

El agua subterránea (acuíferos) es la principal fuente de suministro ante la creciente demanda, a la fecha se extraen 1 903.8 hm<sup>3</sup>/año (ver cuadro

<sup>2</sup> Aplicando el índice de Falkenmark, la CVM se considera en escasez extrema; esta calificación aplica a las regiones con una disponibilidad natural del agua per cápita anual menor a 1 000 m<sup>3</sup>/hab./año, y la CVM registra un valor de 68.2 m<sup>3</sup>/hab./año.

Cuadro 4

### Disponibilidad natural media del agua dulce en la Cuenca del Valle de México, 2008

Origen	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año
Escurrimiento superficial virgen medio	16.21	511.23
Recarga subterránea	28.33	893.45
<b>Disponibilidad natural media</b>	<b>44.54</b>	<b>1 404.68</b>

Fuente: elaboración propia con datos CONAGUA (2009).

Cuadro 5

### Sobreexplotación del acuífero de la Cuenca del Valle de México, 2008

Origen	m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /año
Recarga natural	28.33	893.45
Extracción de aguas subterráneas	60.37	1 903.80
<b>Sobreexplotación</b>	<b>32.04</b>	<b>1 010.35</b>

Fuente: elaboración propia con datos CONAGUA (2009) y UAM (2010).

5), que representa 2.1 veces la recarga natural del acuífero. La extracción rebasa en 1 010.35 hm<sup>3</sup>/año a la recarga natural y significa una sobreexplotación de los mismos de 113%, que alcanza la calificación de uso predatorio de los recursos hídricos subterráneos en la CVM con importantes impactos colaterales, como la subsidencia de importantes áreas urbanas, además de una disminución en la calidad del agua y el aumento del costo de extracción.

### 3.3 Cuentas híbridas del sistema integrado

El enorme volumen anual de agua utilizado en la CVM (2 902 hm<sup>3</sup>) se explica por varios factores: el tamaño de la economía, su estructura económica, su población y la tecnología manejada. Los tres primeros aspectos han sido abordados en los dos apartados previos, en los cuales se mostró que la

dimensión de la economía de la CVM representa la cuarta parte de la del país, que su estructura económica se explica por tres actividades: los servicios, la industria manufacturera y el comercio, señaladas en orden de importancia. La población de la CVM alcanza los 20.5 millones de habitantes, que constituye el mayor asentamiento poblacional del país, su demanda explica el 42.85% del agua total utilizada en la cuenca (cuadro 6).

En este apartado se aborda el papel que juega la tecnología adoptada por las actividades productivas en el uso del agua; las actividades con sistemas eficientes impactan menos la demanda del recurso, sistemas viejos e ineficientes continúan requiriendo mayores volúmenes del recurso. Para el análisis, recurrimos a dos indicadores híbridos estimados a partir de las cuentas del agua, el primero se denomina intensidad en el uso del agua (IUA) y el segundo, índice de productividad del agua (IPA);

Cuadro 6

Continúa

#### Indicadores híbridos por actividad económica en la Cuenca del Valle de México, 2008

Actividad	(1)	(2)	(3)	Índice de productividad del agua (IPA)
	Participación en el suministro del agua en la cuenca	Participación en el valor bruto de la producción	Intensidad en el uso del agua IUA (directo)	
	%	%	litros/\$ VBP	1 = muy alta 15 = muy baja
Agropecuaria y forestal	5.33	0.05	56.8	15
Ganadería	8.02	0.39	11.1	14
Transporte por agua	1.50	0.36	2.2	13
Asociaciones y organizaciones	2.31	0.77	1.6	12
Hospitales	2.40	1.47	0.9	11
Servicios educativos	5.01	4.05	0.7	10
Servicios profesionales	4.88	5.22	0.5	9
Transporte terrestre	1.81	2.92	0.3	8
Servicios a negocios	1.15	3.43	0.2	4

**Indicadores híbridos por actividad económica en la Cuenca del Valle de México, 2008**

Actividad	(1)	(2)	(3)	Índice de productividad del agua (IPA)
	Participación en el suministro del agua en la cuenca	Participación en el valor bruto de la producción	Intensidad en el uso del agua IUA (directo)	
	%	%	litros/\$ VBP	1 = muy alta 15 = muy baja
Industria alimentaria	1.36	4.36	0.2	7
Instituciones crediticias	1.85	6.00	0.2	5
Industria química	0.57	3.53	0.1	6
Edificación	0.72	4.73	0.1	2
Fabricación equipo transporte	0.09	0.85	0.1	3
Comercio	0.16	14.45	0.01	1
<b>Total 80 actividades económicas</b>	<b>57.13</b>	<b>100.00</b>	<b>0.3</b>	
Consumo doméstico	42.87	n.a.	n.a.	
Total consumo intermedio y final	100.00	100.00	0.5	

n.a.: no aplica.

Fuente: elaboración propia con datos de la MIP-CVM-2008 y UAM (2010).

ambos miden el nivel tecnológico que registran las actividades económicas en el uso del recurso hídrico.

### Caracterización del nivel tecnológico del uso del agua por las actividades económicas

Una política hídrica para las actividades económicas desarrolladas en la cuenca requiere un diagnóstico de la situación de cada una; los indicadores híbridos permiten medir la contribución de cada actividad económica a la presión sobre los recursos hídricos y sugieren las actividades hacia las que se deben aplicar medidas para lograr un uso más eficiente del recurso.

Información acerca del uso del agua por actividad es necesaria para entender las acciones prioritarias a este nivel. Los perfiles de cada actividad

son elaborados para comparar su desempeño económico y ambiental, incluyen indicadores que comparan la carga que impone cada actividad sobre el agua y su correspondiente contribución económica a la cuenca.

En el cuadro 6 se anota que la participación del consumo de los hogares en el suministro total del agua en la cuenca representa dos quintas partes (42.87%), siendo las restantes tres quintas partes (57.13%) explicada por los requerimientos de las actividades productivas que realizan 80 ramas económicas. De éstas se eligieron las 15 que registran mayor carga sobre los recursos hídricos en la cuenca (medida por su participación en el suministro total de agua en la cuenca, columna 1) y que en conjunto explican el uso de 37.16%; para cada una, se muestra su importancia económica en la cuenca (medida por su participación en el valor bruto de la producción de la cuenca, columna 2).

## Intensidad en el uso del agua (IUA)

En la columna 3 del cuadro 6 se registra el indicador híbrido IUA por actividad económica y para la economía de la cuenca. El valor del indicador IUA global es de 300 ml (0.3), el cual muestra que producir 1 peso del valor bruto de la producción en la cuenca requiere un tercio de litro de agua.<sup>3</sup> Este IUA global se interpreta como el promedio de gasto de agua de las diferentes tecnologías utilizadas al producir los diversos bienes y servicios en la cuenca, y se adopta como base de comparación con actividades específicas en la misma cuenca y con otras economías (regionales o globales), considerándose como un indicador del nivel tecnológico medio en el uso del agua en la cuenca en el 2008.

En esa perspectiva, en el cuadro 6 se observa que las actividades agroforestales y ganaderas registran un IUA de 56.8 y 11.1 litros, respectivamente, cantidades de agua incorporadas de manera directa a sus respectivos procesos productivos para generar 1 peso de valor de su producción y que las califica como usuarias intensivas del recurso y, por tanto, con bajo desarrollo tecnológico. De acuerdo con la primera y segunda columna del mismo cuadro, ambas constituyen una elevada carga sobre el agua en la cuenca (5.33 y 8.02%, en ese orden), al paso que tienen las más bajas contribuciones en el valor de la producción de la cuenca (menos de medio punto en forma conjunta).

Tanto los servicios hospitalarios como las industrias alimentaria y química requieren menos de un litro (900, 200 y 100 mililitros respectivamente) para producir 1 peso del valor de su producción; estos IUA se ubican arriba del IUA medio, clasificándolos dentro del grupo de tecnologías similares a la mayoría de las actividades de la cuenca. Asimismo, registran una presión moderada sobre el uso de los recursos hídricos (2.4, 1.36, 0.57%, en ese orden) y una participación en el valor de la producción de la cuenca en ningún caso mayor a 4.36 por ciento.

<sup>3</sup> Para la región preponderantemente agrícola de Andalucía, España, se estima un valor del mismo indicador de 65 litros para obtener 1 euro del valor de su producto (Velázquez, 2006).

Las actividades comerciales, por su misma naturaleza, constituyen una carga mínima sobre los recursos hídricos (0.16%), sin embargo, producen 14.45% del valor de la producción; su IUA es de 10 ml de agua para producir 1 peso del valor de su producción, que la ubica entre las de menor intensidad, hecho que le confiere ventajas comparativas y ofrece oportunidades para el desarrollo de esta actividad en el contexto de una región con elevada escasez de agua.

Los servicios que prestan las instituciones crediticias muestran, casi obvio, una baja intensidad en el uso del agua, requieren sólo 200 ml para producir 1 peso del valor de su producto, a la vez que significa un porcentaje importante del valor del producto de la cuenca (6%), representando una carga moderada en la demanda de agua (1.85%). Esta actividad se perfila adecuada para desarrollarse en la cuenca, en vista de su alta productividad y baja intensidad en el uso del agua.

A partir de lo anterior, es previsible que un aumento pequeño en actividades ganaderas produzca un elevado impacto sobre la carga hídrica debido a la elevada intensidad en el uso del agua. El mismo incremento en la producción de las comerciales tiene bajo impacto sobre los recursos hídricos por la baja intensidad en el uso del recurso, aspecto que se puede modificar con cambios en la tecnología relacionada con la utilización eficiente del agua.

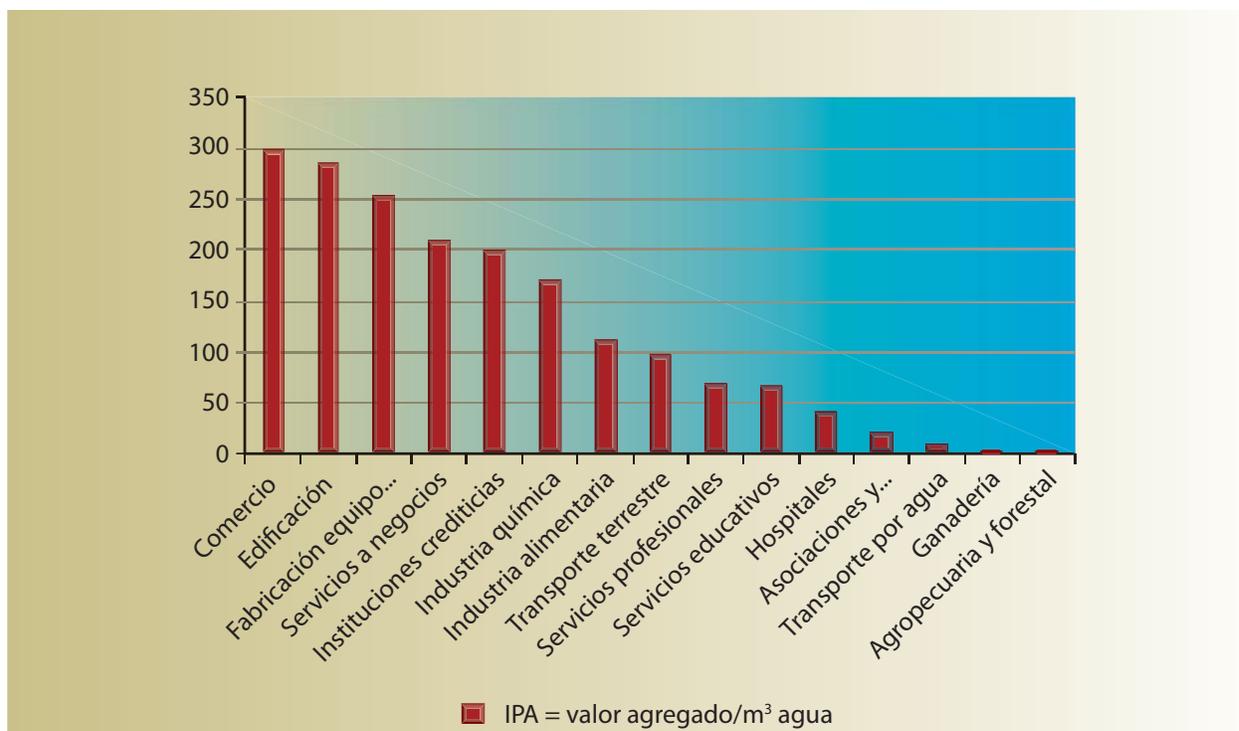
En general, el comportamiento del indicador IUA sugiere regular las actividades con valores altos, pues implica el empleo de tecnologías ineficientes del agua, y conocer su desempeño resulta de interés en la definición de políticas hídricas orientadas hacia actividades competitivas específicas.

## Índice de productividad del agua

Éste se calcula relacionando el valor agregado creado en cada actividad respecto al volumen de agua utilizado directamente como insumo en la misma; se interpreta como la capacidad que tiene

Gráfica 2

## Índice de productividad del agua por actividad económica en la Cuenca del Valle de México, 2008



Fuente: elaboración propia con datos de la MIP-CVM-2008 y UAM (2010).

cada actividad económica para crear nuevo valor a partir del uso de 1 m<sup>3</sup> del recurso. La productividad es el indicador más ampliamente utilizado en las cuentas del agua para establecer comparaciones entre sectores, pues ofrece una primera aproximación a las ganancias y pérdidas potenciales de una eventual reasignación del agua entre las mismas.

A partir de los valores absolutos de la productividad del agua en las actividades seleccionadas de la cuenca, se estima un índice con base en el valor más bajo del IPA; los resultados se presentan en la gráfica 2.

En la misma gráfica se observan las diferentes posiciones que ocupan las actividades de acuerdo con el valor de su IPA; las actividades agrupadas como comercio son las que obtienen mayor valor agregado por m<sup>3</sup> de agua utilizada, registra una productividad 300 veces mayor a la de las actividades agropecuarias y forestales que registran la menor productividad en la cuenca. Después de la activi-

dad comercial, las de mayor valor agregado por m<sup>3</sup> de agua utilizada son las de edificación, producción de equipo de transporte y las financieras. Las industrias química y alimentaria, así como el sector que agrupa los servicios, se ubican en una productividad media, y al final aparecen las actividades ganadera, agropecuaria y forestal con un índice de productividad bajo.

El IPA se interpreta también como una aproximación de los beneficios socioeconómicos generados por la utilización del agua en una actividad o industria en particular. La información muestra con claridad los beneficios que se obtienen socialmente al diseñar una política que reasigne el uso del vital líquido hacia las actividades de mayor productividad en un contexto de escasez del recurso; por ejemplo, el agua de las actividades ganadera y agropecuaria podría redirigirse hacia financieras, lo que aumentaría de manera considerable el PIB de la cuenca, además de reducir la presión sobre el recurso hídrico.

## Conclusiones

La importancia que la CVM tiene en la producción de la economía de México se ve cuestionada por la fragilidad que registran sus recursos hídricos ante la enorme carga que significa cubrir sus requerimientos; una gestión con mayor eficiencia en el uso del agua es necesaria para disminuir el riesgo de restringir el crecimiento económico por escasez del recurso y evitar que grupos de la población carezcan de agua corriente y de buena calidad.

En la CVM, el nivel de extracción del agua alcanza los 2 902 hm<sup>3</sup>/año, 65.6% se extrae de acuíferos que presentan un nivel de sobreexplotación de 113%, mostrando el uso no sustentable de los recursos. Una cuarta parte del suministro se importa y el resto es agua superficial y de reuso. La presión que enfrentan los recursos hídricos en la CVM exige un cambio drástico a la actual gestión del recurso en el que se incentive el manejo eficiente y productivo del agua tanto en las actividades económicas como en el uso doméstico.

Las actividades económicas registran una carga sobre los recursos hídricos de 57.13% del suministro total en la CVM, explicada por su estructura económica y el tipo de tecnología adoptada en sus diversos procesos; por ejemplo, en tanto que la ganadería requiere 8% del suministro total del agua de la cuenca, el comercio sólo necesita 0.16%; además, al interior de cada sector existen empresas o productores con sistemas eficientes en el uso del agua que requieren menos recursos hídricos, así como aquellos que registran sistemas obsoletos e ineficientes que continúan demandando mayores volúmenes del mismo.

Para abordar el problema hídrico desde la perspectiva de la economía del agua en la CVM, se construyó la base de información conocida como cuentas del agua, que integran las cuentas económicas convencionales con la información física del agua, denominada uso y oferta. A partir de dicha base se elaboraron dos indicadores híbridos: el IUA y el IPA, datos analizados para las activida-

des económicas que registran mayor carga sobre los recursos hídricos en la cuenca.

El indicador para la CVM registra que para producir 1 peso del valor bruto de la producción global se requieren directamente 300 ml de agua. Este índice mide el grado en el que las actividades de la cuenca usan el recurso en promedio, y sugiere el tipo de tecnología del agua utilizada en sus procesos, las actividades de mayor a menor intensidad de acuerdo con el IUA son: agropecuaria y forestal, ganadería, hoteles, servicios educativos, industria alimentaria, industria química, edificación, fabricación equipo transporte y comercio, entre otras de menor intensidad.

El IPA relaciona el valor agregado que producen las diversas actividades respecto a la utilización de 1 m<sup>3</sup> de agua incorporada a sus procesos, las que ordenadas de mayor a menor valor son las siguientes: comercio, edificación, equipo de transporte, hoteles, servicios educativos, industria alimentaria, industria química, edificación, fabricación equipo transporte, agropecuaria y forestal. Desde el punto de vista social, ante la escasez del recurso hídrico, las actividades menos productivas podrían ser incentivadas a reubicarse en regiones de mayor disponibilidad hídrica; y viceversa, alentar el desarrollo de las que usan el agua de forma redituable, como es el caso de las actividades comerciales y financieras que justifican su estancia en la cuenca.

La productividad del agua puede incrementarse (en una industria o actividad específica) introduciendo tecnologías más eficientes en el uso del vital líquido, o bien, cambiando la mezcla de productos de bajo valor agregado a productos de mayor valor. También, se pueden reubicar industrias de alta intensidad en el uso del agua por industrias de baja intensidad. La utilización de cuentas híbridas en modelos económicos permite un análisis de *trade-off* entre alternativas de políticas hídricas y estrategias económicas.

Para la CVM, un mensaje fundamental se desprende de los resultados obtenidos; no puede lograrse un crecimiento económico sustentable si

su economía se basa en actividades intensivas en el uso del agua. Modificar dicha situación requiere introducir medidas regulatorias que incentiven la reducción en el empleo del agua en actividades como pecuaria, forestal, ganadera o la agrícola, por citar algunas; sin embargo, esto no significa, en sentido estricto, que dichas actividades no se puedan realizar en la cuenca, más bien, indica que las de mayor valor agregado y menor intensidad en la utilización del agua deben ser tomadas en consideración cuando se diseñan políticas de desarrollo, acompañadas por incentivos para aumentar la eficiencia en el uso del agua y su conservación.

En otras palabras, el crecimiento económico de la región se debe apoyar en actividades que generan más valor agregado y menos uso intensivo del agua, como es el caso del comercio y las actividades financieras. Esto significa que se debe desincentivar a las empresas usuarias intensivas de agua para inducir las a su relocalización fuera de la cuenca.

## Referencias

- Australian Bureau of Statistics. *4610.0-Water Account, Australia 2009-10*. Consultado el 17/09/2012 en: <http://www.abs.gov.au/ausstats/ABS@nsf/mf/4610.0>
- CONAGUA. *Estadísticas del agua de la región hidrológico-administrativa XIII, aguas del Valle de México. Edición 2009*. México, SEMARNAT, 2009.
- \_\_\_\_\_. *Estadísticas del agua en México. Edición 2010*. México, SEMARNAT, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Informe Final del IV Foro Mundial del Agua*. México, 2006.
- "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy", en: *Official Journal L 327. 22/12/2000*, pp. 0001-0073. Consultado el 10 de octubre de 2012 en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:en:HTML>
- Global Water Partnership. "Integrated Water Resources Management", en: *TECH Background paper 4*. Stockholm, GWP, 2004.

- INEGI. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. México, INEGI, 2000. Consultado el 5 de noviembre de 2011 en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv1990/default.aspx>
- \_\_\_\_\_. *Sistema de Cuentas Nacionales de México: MIP 2003*. México, INEGI, 2003. Consultado el 23 de noviembre de 2011 en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/default.aspx>
- \_\_\_\_\_. *Censo de Población y Vivienda 2010*. México, INEGI, 2010a. Consultado el 8 de enero de 2011 en: [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/ageb\\_urb2010.aspx?c=28111&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/ageb_urb2010.aspx?c=28111&s=est)
- \_\_\_\_\_. *Censo de Población y Vivienda 2010*. México, INEGI, 2010b. Consultado el 12 de noviembre de 2011 en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
- Miller E., Ronald and Peter Blair D. *Input-Output Analysis, Foundations and Extensions*. Second edition. Cambridge University Press, 2009.
- Naciones Unidas. *Agenda 21*. 1992. Consultado el 12/03/2012 en: <http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/Default.htm>
- ONU. "Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management", en: *UN-Water Report*, 2012.
- Statistics Sweden. *Water Accounts 2000 with disaggregation to sea basins*. Stockholm, Statistics Sweden, 2003.
- UAM. *Matriz insumo-producto de la Cuenca del Valle de México (MIP-CVM-2008)*. Proyecto multidisciplinario: acuerdos del Rector 08/2009. México, UAM, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Modelación de los sistemas hídrico y económico de la Cuenca del Valle de México. Políticas públicas para una gestión sustentable del agua*. Proyecto multidisciplinario: acuerdos del Rector 08/2009. México, UAM, 2010.
- United Nations Statistics Division (UNSD). *System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-W)*. Final Draft. New York, USA, UNSD, Statistical Commission (UNSD), 2007.
- United Nations Sustainable Development. *Agenda 21*, New York, USA, 1998. Consultado el 15 de marzo de 2011 en: [www.un.org/esa/dsd/agenda21/](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/)
- Van der Veerer R., R. Brouwer, S. Schenau, R. van der Stegen. "NAMWA: A new integrated river basin information system", en: *RIZA rapport 2004.032*. Voorburg, Netherlands, Central Bureau of Statistics, 2004.
- Velázquez, Esther. "An input-output model of water consumption: Analyzing intersectorial water relationship in Andalucía", en: *Ecological Economics* (56) 226-240, 2006.