

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR
EN CIENCIAS ECONÓMICAS**

**ECONOMÍA DE LA DEMANDA DE AGUA;
UN MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES PARA EL
ANÁLISIS DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL
VALLE DE MÉXICO**

Jorge A. Morales Novelo

Director: Dr. Raúl Enrique Molina Salazar

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
METROPOLITANA**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIAS ECONÓMICAS**



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

CIUDAD DE MÉXICO

Abril 2011

TESIS DOCTORAL

**ECONOMÍA DE LA DEMANDA DE AGUA;
UN MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES PARA EL
ANÁLISIS DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL
VALLE DE MÉXICO**

Jorge A. Morales Novelo

Director: Dr. Raúl Enrique Molina Salazar

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS

Abril 2011

AGRADECIMIENTOS

El trabajo Economía de la Demanda de Agua; Un Modelo de Multiplicadores Contables para el Análisis de los Recursos Hídricos en el Valle de México, ha sido desarrollado en el marco del Programa de apoyo a la investigación multidisciplinaria, Acuerdo 08/2009, proyecto Modelación de los sistemas hídrico y económico de la cuenca del valle de México, (políticas públicas para una gestión sustentable del agua), de la Universidad Autónoma Metropolitana, así como de la Red del Agua de la UAM de la que el autor es miembro activo de su Consejo Técnico y agradece el respaldo recibido en diferentes momentos por el Colectivo de investigación.

Expreso mi gratitud y reconocimiento al Doctor Raúl E. Molina Salazar, Coordinador del Doctorado en Ciencias Económicas de la Universidad Autónoma Metropolitana, por su paciencia, generosidad y puntualidad en el proceso que condujo a buen término esta investigación; sin su asistencia académica, la conclusión de este trabajo, en tiempo y forma, no hubiese sido posible. Mi reconocimiento y gratitud para el Doctor Eugenio Gómez Reyes, Profesor de la Unidad Iztapalapa y Coordinador de la Red del Agua de la Universidad Autónoma Metropolitana, por sus consideraciones como especialista y conocedor profundo del tema del agua en México; por su gentileza y disposición como persona. La Doctora Graciela Carrillo Profesora de la Unidad Xochimilco de la UAM y el Doctor Juan Carlos Altamirano Cabrera, investigador del Politécnico de Lausana, Suiza, por su paciencia como lectores y por sus valiosas consideraciones que han sido útiles para la terminación de este trabajo, mi agradecimiento y reconocimiento a su calidad académica y generosidad. A la Doctora Lilia Rodríguez Tapia, agradezco su enorme paciencia por soportarme en los peores momentos de esta investigación, por su apoyo y generosidad en las muy prolongadas discusiones que sostuvimos, por alertarme para no perder rigurosidad analítica.

	Página
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE	i
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	2

CAPÍTULO 1

MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES PARA EL ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Introducción	6
1.1 Matriz Insumo-Producto	6
1.2 Modelo de Multiplicadores Contables	10
1.2.1 Características	10
1.2.2 Derivación del modelo	12
1.2.3 Los multiplicadores del modelo	14
1.2.3.1 Método para estimar la descomposición de los multiplicadores: descomposición aditiva de Stone	20
1.2.3.2 Multiplicadores del producto	21
Referencias	25

CAPÍTULO 2

ESTRUCTURA ECONOMICA E HÍDRICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO

Introducción	28
2.1 Perfiles de la Cuenca del Valle de México	29
2.1.1 Criterios político-administrativos vs naturales- geográficos en la delimitación de la CVM	30
2.1.2 Asentamientos humanos en la CVM por municipio y entidad federativa.	32
2.1.3 La CVM y la ZMVM	35
2.2 Estructura económica de la CVM	36
2.2.1 Matriz Insumo-Producto	36

2.2.2	Actividades económicas y VBP	39
2.2.3	Producto Interno Bruto	43
2.2.4	Multiplicadores de producción y la MIP-CVM-2003	44
2.3	Estructura Hídrica de la CVM	48
2.3.1	Extracción total de agua en la CVM: demanda agregada y fuentes de suministro	49
2.3.2	Sobreexplotación de los cuerpos de agua subterráneos	50
2.3.3	Importación de agua del Sistema Lerma-Cutzamala	51
2.3.4	Reutilización del agua	52
2.3.5	Demanda agregada y usos del agua	53
2.3.6	Exportación del agua residual de la CVM a la Cuenca del Tula	56
	Epílogo	57
	Referencias	62
	Anexo 2.1	65

Capítulo 3

MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES; SIMULACIONES APLICADAS A LA DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS

	Introducción	68
3.1	Modelo de multiplicadores contables; simulación de escenarios	68
3.1.1	Simulación # 1: Incremento de la demanda doméstica de agua 2003-2010	71
3.1.2	Simulación # 2: Crecimiento de la actividad económica y aumento de la extracción de agua	74
3.2	Proyección de la demanda de agua en la CVM, 2003-2010-2025	76
3.2.1	Proyección de agua de uso doméstico	77
3.2.2	Demanda de agua por las actividades económicas	78
3.2.3	Proyección de la demanda agregada al 2025	80
3.3	Límites del crecimiento por escasez de recursos hídricos en la CVM, 2025	83
3.3.1	Grado de presión de los recursos hídricos y gestión no sustentable en la CVM	85

3.3.2 Suministro de agua y déficit en la CVM	86
3.4 Epígrafe	88
Referencias	91

Capítulo 4

CONCLUSIONES	94
4.1 Síntesis de las características económicas e hídricas de la CVM	94
4.2 Síntesis del enfoque usado	96
4.3 Evolución de la demanda agregada de agua en la economía de la CVM al 2025	96
4.4 Reflexión final	99

ANEXO1. Matriz Insumo-Producto de la Cuenca del Valle de México 2003

ANEXO 2. Matriz inversa de Leontief

RESUMEN

El ejercicio analítico realizado en el trabajo que enseguida se presenta demuestra, de una manera relativamente simple, la importancia de la aplicación de los fundamentos del análisis económico “Input-Output” en la modelación y estimación cuantitativa de los posibles efectos del crecimiento económico y de la población sobre el destino de los recursos hídricos regionales de la Cuenca del Valle de México. Es destacable la bondad del modelo de multiplicadores contables puesto que ha permitido seguir la trayectoria de la evolución de las variables endógenas y exógenas así como evaluar sus impactos y grados de presión en los recursos hídricos. Conviene destacar que los ajustes del modelo se han efectuado a través de magnitudes en los diferentes sectores de la economía regional (i.e., producción y demanda final), con el supuesto simplificador inicial pero útil que los precios permanecen constantes. La serie de estimaciones y análisis se ha desarrollado a partir de la base de datos de la Cuenca del Valle de México Matriz Insumo-Producto, diseñada *ad hoc*, correspondiente al año 2003 y utilizada en la construcción del modelo de multiplicadores contables.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los resultados de este estudio responden a la preocupación por examinar la relación entre el funcionamiento de la economía regional del Valle de México y el sistema hídrico de la Cuenca del Valle de México (CVM). El objetivo central consiste en proyectar el funcionamiento de la economía de la región hasta el año 2025 y estimar la presión y los límites sobre los recursos hídricos de la misma. Con base en los resultados obtenidos, se desprende la necesidad de una gestión integral de los recursos hídricos a nivel de cuenca, se sugieren escenarios que sugieren nuevas formas de utilización del recurso y avanzan en el esbozo de una ruta de investigación que en el futuro inmediato perfila una política hídrica alternativa, orientada hacia el abatimiento de los problemas creados en buena medida por una gestión gubernamental deficiente.

La experiencia metodológica aquí desarrollada contiene elementos suficientes como para hacer extensiva su aplicación a la solución de problemas similares en otras cuencas hidrográficas de México y contribuir a revertir el daño social, económico y ambiental que han provocado las formas inadecuadas e ineficientes de concebir el agua como un bien no económico –los recursos hídricos adoptan una connotación abigarrada y de ningún modo se pueden caracterizar de manera simplista, haciendo *tabula rasa* de ellos- y la aplicación consiguiente de medidas que lo han gestionado como un recurso ilimitado.

El documento que se presenta a guisa de tesis doctoral amerita puntualizar algunos principios generales que subyacen en el trabajo, con el fin de esclarecer, de inicio, la visión que sobre la relación puntual entre economía y medio ambiente se sostienen en el trabajo, así como apuntalar las conclusiones a las que se arriba.

Una de las ideas que subyacen al trabajo es que la crisis potencial del agua, en realidad, no responde a una escasez física absoluta, sino más bien a una nueva distribución relativa del recurso a nivel planetario. Fenómenos como el cambio climático han alterado el ciclo hidrológico que añadido a una gestión inadecuada de los recursos hídricos, han conducido a regiones y localidades a una elevada escasez del recurso. Esta afirmación encierra varios temas que deben desentrañarse para una buena definición del problema de la escasez de agua que desde luego existe; cuanto más claro se delimiten las aristas del tema, tanto más posibilidades habrán para iniciar su solución. En esa perspectiva, el trabajo que se presenta no se inscribe en el marco de pronósticos que anuncian el día del juicio final, así como tampoco forma parte de corriente alguna de tipo conservacionista que sugiere detener el crecimiento; por el contrario, la investigación y sus conclusiones han sido animadas por el principio de que las predicciones no son destino y si el padecimiento se diagnostica adecuadamente y se suministran los medicamentos en las dosis precisas, el mal puede detenerse.

El agua, bajo condiciones adecuadas, es un recurso renovable, finito y relativamente constante que bajo ciertas circunstancias puede convertirse en su opuesto, puede agotarse. Sin lugar a dudas, de todas las crisis sociales y naturales que las poblaciones enfrentan, la crisis del agua está en el centro de la supervivencia y en la del planeta tierra. Ninguna región está a salvo de esta crisis que atraviesa cada una de las facetas de la vida, desde la salud infantil hasta la capacidad de las naciones para asegurar alimentos para sus ciudadanos. En numerosas regiones, la oferta está descendiendo mientras la demanda aumenta vertiginosamente a una tasa insustentable. Según estimaciones de la Organización de Naciones Unidas y del Programa para la Evaluación Mundial

del Agua (WWAP, por sus siglas en inglés), en los próximos veinte años, el suministro medio *per cápita* de agua en el mundo se espera que caiga en un tercio. En México en particular se estima dicho indicador caiga por lo que los problema de agua se acentuarán, siendo la CVM la región de mayor afectación.

Las fallas en la gestión de los recursos hídricos no pueden atribuirse a una inadecuación conceptual o analítica de la ciencia económica puesto que los fundamentos modernos de la teoría del valor han existido desde Dupit (1844) y Marshall (1879, 1890). En esa dirección, la economía ambiental y de los recursos naturales han evolucionado de forma importante en los últimos sesenta años y sin duda, este amplio espectro de la ciencia económica se halla en condiciones de tratar con destreza los temas de la oferta y la demanda de agua, así como con los temas relacionados con la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, en el caso de México se ha hecho poco uso, de la “caja de herramientas” que ofrece la evolución de la economía y, cuando se ha utilizado, su aplicación no ha estado exenta de confusión y equívocos. Quienes toman las decisiones y los administradores del monopolio natural del agua en México, han ignorado, de facto, la condición central del agua como un bien económico y en esa medida no se han ofrecido señales claras a los diferentes estratos de los consumidores para un uso eficiente del recurso. Con esos referentes en perspectiva, este trabajo aspira aproximarse al problema del agua desde un punto de vista estructural, con el fin de evaluar sus aristas y tratar de situar los temas en una dimensión apropiada, ofreciendo un diagnóstico adecuado, para en una fase posterior abordar los ítems relacionados con la regulación de la oferta y la gestión de la demanda a través del establecimiento de instrumentos económicos de mercado.

En consecuencia, el tema de esta investigación aspira profundizar en el conocimiento del funcionamiento de las economías regionales, explorar las principales características de su proceso económico a nivel interno, comprender y explicar en qué grado y forma aquellos procesos se relacionan con el exterior, trátase del nivel nacional o bien, del internacional. El laboratorio privilegiado para el objetivo que se persigue es la economía de la Cuenca del Valle de México, - espacio geográfico básico para la captación de agua- ubicada en el altiplano central del país y que alberga la región de mayor importancia económico-financiera y política del país, denominada Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

La complejidad de la estructura económica de las economías regionales se ha reflejado en la construcción de la matriz insumo-producto (MIP). La MIP es un instrumento que permite el conocimiento de la estructura económica de un espacio económico-geográfico determinado, con un enfoque cuantitativo; constituye, en suma, la representación contable de todos los flujos de un sistema económico durante un periodo determinado (generalmente un año). El diseño y la construcción de la MIP dependen de las características socioeconómicas de la estructura económica que se quiera analizar. Sin embargo, cabe señalar que una matriz de insumo-producto no limita su alcance a los resultados relativamente estáticos que captura, puesto que constituye la base para la construcción de modelos que van desde los que registran resultados en condiciones de estática comparativa, hasta los que incluyen refinamientos metodológicos matemáticos que incorporan un análisis dinámico a través de la formulación de ecuaciones diferenciales y en diferencia (más adecuadas) que representan, por ejemplo, las relaciones temporales de insumo-producto en la descripción y análisis del proceso de crecimiento económico.

Por su flexibilidad y capacidad descriptiva, la MIP ofrece una referencia teórica contable de diferentes marcos institucionales y estructuras económicas para comprender a cabalidad ciertas políticas y aristas de planificación económica. Contar con la MIP de las economías regionales posibilita y potencia la elaboración de modelos multisectoriales dirigidos a evaluar cambios exógenos, como son los relacionados con los aumentos en la demanda final de agua, las modificaciones en los precios de los bienes ambientales, las variaciones en los subsidios y transferencias de todo tipo, por referir sólo algunas de las modificaciones en las variables económicas.

Toda vez que se conoce la estructura socioeconómica de una región, procede la elaboración de los modelos multisectoriales que permiten encontrar los vínculos existentes entre la estructura económica de la región y sus interrelaciones con los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, así como con los flujos de ingresos provenientes de los mercados externos. Del mismo modo, se destaca la relación de la región con los diferentes niveles de gobierno (regional, nacional e internacional) presentes en la misma.

El enfoque multisectorial que sugiere el funcionamiento hipotético de la economía con base en una concepción keynesiana que supone precios fijos y desempleo, constituyen el punto de partida en la elaboración del modelo de multiplicadores contables (MMC) de este trabajo. Conviene decir que, si bien, las conclusiones de un examen con esas características hipotéticas asume límites meridianos (superables), lo cierto es que también constituye un punto de partida casi obligado de un análisis que procede necesariamente por etapas sucesivas, flexibilizando de forma progresiva los supuestos a través de la incorporación de variables económico-ambientales de una creciente complejidad.

Por otra parte, el enfoque multisectorial de insumo-producto aplicado permite superar las limitaciones de los estudios de impactos macroeconómicos nacionales, los cuáles por su naturaleza agregada no permiten captar aspectos de gran riqueza de detalle analítico, fundamentales en el funcionamiento de las economías regionales.

Con base en el modelo de multiplicadores, se aplican dos simulaciones para medir y evaluar –cuantitativa y cualitativamente- los impactos de incrementos de la demanda de agua doméstica y de las actividades económicas, que experimentan en la economía regional en estudio y en particular sobre los recursos hídricos de la cuenca. El análisis de los resultados permite responder interrogantes acerca del nivel y grado de la integración de las economías regionales a la economía nacional, así como permite evaluar el gradiente de arrastre que los cambios en la economía de la región tienen sobre los recursos hídricos. En esa perspectiva, con los resultados obtenidos del examen, es posible trazar los límites de la escasez del recurso hídrico para la región, al tiempo que permiten la concurrencia de los ingredientes necesarios y suficientes para el diseño de estrategias de crecimiento y el perfeccionamiento de la gestión (que debe ser integral) de los recursos hídricos, que eventualmente garanticen el bienestar de los hogares y de las empresas en el mediano y largo plazo.

Los resultados de la investigación se presentan en tres capítulos y un apartado de conclusiones generales al final del documento. En el primer capítulo se presenta el modelo multisectorial aplicado en la investigación, destacando los supuestos con los que opera, sus especificaciones teórico-metodológicas, así como su derivación matemática.

En el segundo capítulo se describe la estructura de la economía regional que define la investigación –la Cuenca del Valle de México– a partir de la MIP-CVM-2003 construida *exprofes* para la región que abarca todo el Distrito Federal, gran parte del Estado de México, y porciones menores de los estados de Hidalgo y Tlaxcala. En la misma lógica, se describen también los principales rasgos de su estructura hídrica.

El tercer capítulo, parte de la construcción del modelo multisectorial denominado de multiplicadores contables (MMC), con base en la MIP-CVM-2003, que una vez calibrado –es decir, una vez que han reproducido los valores de la matriz original, con la connotación de lo que se denomina “año base”– se utiliza para aplicar las simulaciones de escenarios que eventualmente puede enfrentar la economía regional en su articulación con los contextos nacional e internacional. En esa perspectiva, el MMC utiliza los multiplicadores derivados de un modelo lineal multisectorial, aplicada a dos simulaciones. La primera, considera que la demanda doméstica de agua aumenta al mismo ritmo que lo hace el crecimiento de la población, evaluando al mismo tiempo el impacto que tendría sobre la producción de la región, su producto interno bruto y sobre los recursos hídricos que se deben proporcionar para satisfacer el incremento de la demanda. Es evidente que, en ese análisis, subyace la hipótesis de un desarrollo y crecimiento económico vinculados con la abundancia o escasez de recursos hídricos. La segunda simulación, considera que el PIB de la economía regional crece al mismo ritmo de los últimos cinco años, para en seguida evaluar el impacto sobre la producción del sector agua y medir el volumen que satisface los requerimientos del recurso para no frenar el crecimiento de la región en su conjunto. Ambas simulaciones evalúan las implicaciones de incrementar el consumo privado (demanda final) y el consumo intermedio (las actividades económicas) con el objeto final de estimar la presión que implica las formas diferenciadas de utilización de los recursos hídricos en la cuenca.

Por último, las dos simulaciones se proyectan al año 2025 con la intención de estimar el incremento de la demanda total de agua en la CVM, contrastar sus volúmenes con la disponibilidad natural del recurso en la cuenca y medir el grado de presión sobre los recursos hídricos en el largo plazo. Ese resultado permite evaluar la gravedad de la política hídrica actual y los costos que implica la eventualidad de continuar omitiéndose prácticas que conduzcan a una gestión sustentable de esos recursos. Al final, se presentan las conclusiones del trabajo y se destaca la importancia que tienen los análisis con enfoque multisectorial para estimar cuantitativamente los posibles efectos de las políticas públicas y de otros choques exógenos en la economía y la sociedad en las regiones del país. De igual modo, se destaca la importancia de realizar un trabajo estadístico sistemático y de campo toda vez que sea necesario, de formación acuciosa, sólida y confiable de una base de datos con el fin de recuperar y sugerir soluciones, con la mayor objetividad posible, a los problemas de las economías estudiadas.

CAPÍTULO 1

MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES PARA EL ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Introducción

En este capítulo se presenta el marco teórico y conceptual en que se desarrolla la investigación y se justifica la utilización del Modelo de Multiplicadores Contables (MMC) como base para investigar problemas ambientales, considerando la centralidad del sistema económico. El MMC es uno de los más adecuados para evaluar los impactos de las políticas ambientales en los distintos sectores de una economía (producción, consumo, mercados, agentes económicos) puesto que los ajustes que registra son a través de cantidades. Para realizar esta clase de análisis deben desplegarse dos elementos principales: la organización de una base de datos que confiera solidez al análisis económico-ambiental y la aplicación del modelo de multiplicadores que permita recuperar con fidelidad el comportamiento de la estructura económica.

La utilización de la estructura de insumo-producto para el análisis de impactos directos e indirectos, explicados por cambios en la demanda final, aplicando multiplicadores, constituye uno de los usos más frecuentes del modelo insumo-producto. En el horizonte de la estructura desarrollada aquí, se halla la exploración de extensiones para tratar específicamente con problemas ambientales en general y con los de los recursos hídricos en particular. La matriz insumo-producto (MIP) configura la base de datos adecuada para realimentar el modelo que tiene capacidad de reportar, de forma consistente, todos los flujos de intercambio de bienes, servicios e ingresos entre todos los agentes de una economía en un período determinado.

El objeto de esta presentación consiste en aplicar un MMC basado en un enfoque keynesiano en el que se suponen precios fijos y desempleo. Esta característica del modelo permite suponer políticas ambientales de forma coherente en la medida en que permite cuantificar los impactos que se pretenden examinar. En esa misma perspectiva, en la segunda sección de este capítulo se presentan las características centrales y se describe la composición de la MIP. En la tercera se presenta de forma sintética el desarrollo matemático del MMC.

1.1 Matriz Insumo-Producto

La construcción de la Matriz Insumo-Producto (MIP) de la Cuenca del Valle de México (CVM) permite formular un conjunto de parámetros y derivaciones con el fin de obtener un conocimiento amplio y profundo de los perfiles de la región. A continuación, se describen los detalles obtenidos en el examen y una primera aproximación a la MIP.

El objetivo de la investigación, además de examinar los aspectos de la estructura económica, se ocupa de los impactos que la política y la gestión hídrica (adecuada o inadecuada) eventualmente

han tenido y pueden tener a nivel regional¹. Por ejemplo, el Gobierno Federal puede decidir dónde construir una nueva presa, adjudicar un nuevo contrato y tener como preocupación estimular el desarrollo económico en una o más regiones. Un gobierno estatal puede asignar fondos para construir plantas de tratamiento en ciudades y municipios, o bien planear la asignación (mayor o menor) de agua en los distritos de riego, entre otras actividades. La construcción de la matriz de transacciones, configura la base para el diseño de un modelo económico regional para la toma de decisiones, puesto que permite derivar una matriz conocida, denotada en el lenguaje del álgebra lineal como **A**, de coeficientes técnicos, con la que se puede hallar la solución de un sistema de n ecuaciones (desde luego, si el sistema satisface las condiciones de no singularidad), a través de una matriz **L** denominada inversa de Leontief o también conocida como matriz de requerimientos totales (Miller y Blair, 2009). Una región con registro estadístico en una MIP, como la que aquí se examina, permite registrar las relaciones de los flujos entre sectores económicos y estimar los distintos tipos de multiplicadores formulados para la captación de impactos (directos e indirectos) que adquieren dimensión económico-espacial mediante el cálculo de los elementos de **A** y la inversa de Leontief con la que se asocia.

La MIP es, pues, una herramienta que permite estudiar la estructura económica de una entidad determinada bajo un enfoque cuantitativo.² El arreglo de la información socioeconómica en una MIP permite estudiar cualquier tipo de estructura económica sin importar sus dimensiones. Una MIP es la representación contable de todos los flujos de un sistema económico de un país, una región, una comunidad o un conjunto de ellos, durante un periodo determinado (generalmente un año). La MIP también posibilita la evaluación de los efectos que sobre dicha estructura provocan diversos cambios exógenos, como los relacionados con las reformas en materia de política económica (aumento o eliminación de subsidios, impuestos, sistemas de incentivos, fijación de tarifas, entre otros).³

Uno de los principales usos de la información de la MIP consiste en elaborar un modelo multisectorial para estimar el efecto de los cambios en los elementos que son exógenos al modelo de una economía particular. Por ejemplo, la economía de insumo-producto de Leontief deriva su relevancia en gran parte del hecho que los multiplicadores estiman el efecto combinado, tanto directo como indirecto, de un cambio en la demanda final.

Una de las bondades de la MIP incluye, además de la radiografía del flujo de intercambios en la estructura de producción, datos sobre la composición de la demanda final explicada por las instituciones, tales como el gasto e inversión de gobierno, importaciones y exportaciones —el análisis de estas últimas de gran utilidad en el estudio de la “huella hídrica” y el “agua virtual”. En

¹ De inicio, debe considerarse que el presente documento no es un examen de o una contrapropuesta a la política hidráulica vigente, sino un estudio de las aristas del problema del agua que puede permitir desprender una política hidráulica diferente a la practicada por el gobierno del Distrito Federal y el Estado de México; se trata de un esbozo que requiere de mayor rigor. Dicho sea de paso, la política hídrica debería formar parte integral de la política pública; esto es, no debe formularse dos o más políticas, debería diseñarse una sola que integre de forma coherente todos los aspectos de la vida económica y social. Sin embargo, ese debate es un tema que rebasa el presente trabajo.

² La MIP es, en general, el punto de partida para realizar análisis multisectorial sobre la economía a nivel local, regional, nacional o en escala internacional para un conjunto de países. La importancia de utilizar un marco contable de estas características ha sido señalada por Pyatt (1991) y ha quedado registro de esa importancia en la revisión del Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas en 1993.

³ En sus inicios las MIPs comenzaron a construirse con el fin de evaluar las políticas económicas en los países desarrollados (Pyatt y Round 1985 para una revisión de la literatura), pero en el presente su uso se ha extendido y generalizado a los países en desarrollo como un instrumento para el análisis de las políticas social, energética, agropecuaria y de comercio exterior.

adición, la MIP es una herramienta versátil ya que permite incorporar no sólo distintos arreglos institucionales y estructuras económicas, tales como el valor agregado de los factores de la producción cuando se incorpora el empleo en un “sistema abierto”, sino también la distribución de los pagos a los propietarios de esos factores, el ingreso de los hogares y la forma en que estos últimos destinan su ingreso al consumo de bienes y servicios, o a las actividades de producción. Otra característica virtuosa de la MIP, que conviene subrayar, es que no sólo incorpora las transacciones de los sectores internos, sino también las que se realizan con el exterior (Schuschny, 2005).

Sin embargo, desde el punto de vista de la organización de la base de datos, la característica más relevante de la MIP, es que configura un balance contable formado por una serie de cuentas de doble entrada que registran los flujos de transacciones que efectúan los diferentes sectores y agentes de una economía particular. En general, las entradas por fila representan los ingresos de las cuentas y las columnas los egresos; la idea que subyace en la tabla insumo-producto es que existe una relación fundamental entre el volumen del producto de una industria y la magnitud de los insumos que utiliza para su producción. Al mismo tiempo, la disposición de los datos permite leer y registrar las cantidades de producto que un determinado sector de la economía entrega a los demás para que puedan desempeñar su propia producción, de tal modo que el movimiento de cualquier sector produce un efecto similar a una “reacción en cadena”. El registro de las transacciones entre agentes y sectores se realiza manteniendo la igualdad entre los totales de gastos y de ingresos dentro del sistema; esto es, una MIP sin errores de cómputo siempre será simétrica en sus resultados finales, la sumatoria de sus filas será igual a la de sus columnas, sus ingresos serán iguales a sus gastos, oferta igual a demanda. En breve, la satisfacción de estas condiciones, posibilita que la suma de cada fila sea, o tienda a ser, igual –con admisión de una diferencia insignificante susceptible de ajuste– a la de su columna correspondiente.⁴ En esencia, el análisis MIP es un método que toma ventaja del patrón relativamente estable del flujo de bienes y servicios entre los elementos de la economía, que reúne cifras estadísticas con bastante detalle del sistema y las sitúa en un campo para su manipulación a través de la teoría económica. Constituye una adaptación de la teoría neoclásica del equilibrio general al estudio de la interdependencia cuantitativa que existe entre aquellas actividades económicas que guardan entre sí una relación recíproca (Leontief, 1965).

El diseño y construcción de la MIP depende de las características socioeconómicas de la estructura que se analiza; en el caso de la presente exploración, la unidad de análisis es la CVM, región con alta actividad económica y fuerte crecimiento poblacional. En consecuencia, en su construcción debe considerarse a las instituciones y sectores que conforman la economía en estudio, en particular, aquellos (as) que son de interés para la investigación de los recursos hídricos. En otros términos: los componentes de cada tipo de cuenta se definen de acuerdo con las características del área geográfica de estudio y de la importancia que se otorgue a cada una.

Para efectos de consistencia y claridad en el establecimiento de las relaciones *endógenas* y *exógenas*, la MIP se divide (de forma estándar) en dos matrices: una de cuentas que registra los intercambios intersectoriales que se denomina endógenas (N), y otra que da cuenta de la conducta de la demanda final y se conceptualiza como de exógena (X) y que se describen a continuación. La tabla de cuentas endógenas, integra estrictamente las actividades productivas de

⁴ Al construir una MIP es posible que tales sumas no coincidan. Para obtener el balance se pueden usar varios métodos; uno de ellos es el método RAS como técnica de ajuste.

la economía. La matriz de cuentas exógenas está compuesta por los siguientes agregados: consumo de gobierno, consumo privado, cuentas de capital y cuentas con el exterior.

La matriz de cuentas endógenas, que por convención aquí se denota como \mathbf{N} , registra las relaciones y flujos intersectoriales que desarrollan entre sí las actividades económicas y con ellas mismas -tomando del producto total de su propio sector los insumos que requieren-, como se describe en la submatriz \mathbf{N}_{ij} que aparece como elemento interno de la matriz \mathbf{N} que puede adoptar una dimensión $n \times n$. Las columnas, describen la composición de los insumos requeridos por una industria o sector particular para producir su respectivo producto, así como la relación entre cada actividad económica y el pago a los factores de la producción, especificados como renta, beneficios y salarios. Bajo esta última consideración de pagos factoriales como determinantes del valor agregado, la suma por columna registra el valor bruto de la producción (VBP).

Las filas de la matriz \mathbf{N} describen la distribución (entrega) del producto desde una actividad económica específica hacia el resto de la economía, tanto para consumo intermedio como el destinado al consumo final -sin perder de vista la división en submatrices. La información fundamental utilizada en el análisis de insumo-producto, se ocupa de los flujos de intercambio de productos desde cada uno de los sectores industriales, considerados como productores, hacia los otros sectores, en los que ellos mismos y los otros son considerados como consumidores. Esta información básica, desde la que un modelo de insumo-producto se desarrolla, está contenida en la tabla de transacciones interindustriales.

Matriz N

MIP-A-CVM-2003		Sectores				$\bar{\mathbf{n}}$
		Agricultura	Manufactura	Comercio	Servicios	
Sectores	Agricultura	\mathbf{N}_{ij}				
	Manufactura					
	Comercio					
	Servicios					
	VAB: factores					
	VBP					

En la última columna de la matriz \mathbf{N} se encuentra el vector $\bar{\mathbf{n}}$ formada con la suma de las filas de la matriz \mathbf{N} .

$\bar{\mathbf{n}}$ es un vector columna de ingresos endógenos totales que pone de relieve los ingresos sectoriales que derivan por concepto de ventas de insumos intermedios.

El otro complemento de la MIP es la matriz \mathbf{X} (ver cuadro de abajo), que relaciona las cuentas endógenas (filas) con las cuentas exógenas (columnas de consumo de gobierno, consumo privado, capital, cuentas del intercambio con el exterior); esto es, el producto total con el consumo total final. En ese horizonte, la matriz \mathbf{X} registra las ventas realizadas por cada una de las actividades económicas a los mercados finales; es decir, al consumo privado, al consumo del gobierno federal, estatal, municipal, y al exterior de la región. Por ejemplo, el agua se vende como un insumo a las firmas situadas en otros sectores para el desarrollo regular de su producción (es una transacción interindustrial) y también a los consumidores finales (venta que satisface la demanda final). La fila

adicional etiquetada como Valor Agregado Bruto, contabiliza los otros insumos *no-producidos* (así referido en la jerga técnica) para la producción, tales como el trabajo, la depreciación del capital y los impuestos indirectos a las firmas. En la última columna de la matriz \mathbf{X} se especifica el vector $\bar{\mathbf{x}}$, que se obtiene de la suma de las filas de esa matriz. De ese modo, el vector columna $\bar{\mathbf{x}}$ registra los ingresos exógenos totales de las cuentas endógenas, resultantes de la venta final del producto total destinado al consumo final.

Matriz X

MIP-A-CVM - 2003		Consumo Final					$\bar{\mathbf{x}}$
		Consumo Privado	Consumo de Gobierno	Formación bruta de capital fijo	Variación de existencias	Exportaciones de la CVM destinadas a México	
Sectores	Agricultura	\mathbf{X}					
	Manufactura						
	Comercio						
	Servicios						
	VAB						

Por último, $\bar{\mathbf{Y}}_n$ se define como el vector de ingresos totales de las cuentas endógenas de la MIP, el cual se compone de la suma de los vectores $\bar{\mathbf{n}}$ y $\bar{\mathbf{x}}$. Esto es, la sumatoria contiene los ingresos recibidos de las cuentas endógenas $\bar{\mathbf{n}}$ más los ingresos obtenidos de las cuentas exógenas $\bar{\mathbf{x}}$ que derivan tanto de la venta de insumos intermedios como de la de bienes finales.

En consecuencia, $\bar{\mathbf{Y}}_n = \bar{\mathbf{n}} + \bar{\mathbf{x}}$, en donde $\bar{\mathbf{Y}}_n$ es un vector columna con n filas.

Toda vez que han sido descritos los principales componentes de la MIP, a continuación se presenta y desarrolla el MMC. La notación matricial sugerida arriba en esta sección, será de utilidad para simplificar el desarrollo y la lectura del siguiente apartado.

1.2 Modelo de Multiplicadores Contables

1.2.1 Características

En esta sección se presenta el MMC desarrollado por primera vez por Pyatt y Round en 1979, trabajo en el que los multiplicadores se interpretan como índices de interdependencia estructural. Como se ha mencionado, la base de datos del MMC es la información económica de un país, región o localidad organizada en una MIP, que se utiliza para calcular los multiplicadores o índices

de interdependencia. Así pues, los multiplicadores lineales⁵ del MMC se obtienen por medio de manipulaciones algebraicas de la MIP (que son análogos con los multiplicadores de la MIP de Leontief). Una característica importante de estos multiplicadores es que captan los impactos hacia atrás y hacia adelante de los impactos exógenos recibidos por uno o más agentes de la economía en estudio. En suma, los fundamentos económicos de Leontief derivan su connotación del hecho que los multiplicadores miden el efecto combinado de las repercusiones directas e indirectas de un cambio en la demanda final realmente estimada.

En esa perspectiva, el cálculo del MMC implica definir las cuentas endógenas y exógenas de la MIP en la CVM. De forma típica, se consideran variables exógenas las cuentas que integran los ingresos de los hogares, del gobierno (local, regional y federal), capital y cuentas con el exterior (importaciones y exportaciones). Por otra parte, las cuentas endógenas corresponden a las variables económicas cuyo producto, gasto o ingreso se generan dentro de la economía de estudio (las actividades productivas y los factores de la producción). En otros términos, se presentan los conceptos básicos de multiplicadores de insumo-producto que cuantifican los impactos sobre la economía en estudio, se basan en el hecho que una matriz A de coeficientes técnicos debe representar las relaciones interindustriales en la economía. En particular, si el sector i representa la agricultura y el j es de alimentos procesados, entonces a_{ij} debe representar el valor de los insumos agrícolas requeridos para producir en la economía el valor de una unidad monetaria de producción en el sector de procesamiento de alimentos en esa economía (Miller y Blair, 2009).

Con base en la matriz A se calculan los multiplicadores, que son la base para estimar el impacto de los cambios exógenos al interior de la economía. Por ejemplo, con la MIP es posible estimar el efecto que un aumento del gasto público, del saldo (positivo o negativo) del comercio exterior o de un aumento (o disminución) de los sueldos y salarios genera sobre la renta de las actividades, de los factores y/o del ingreso de los hogares en la economía. De este modo, el MMC permite analizar las relaciones entre los flujos correspondientes a la producción, la demanda de los factores de la producción y el ingreso, así como descomponer esas relaciones en distintos tipos de efectos – directos e indirectos.

Por otra parte, los supuestos básicos de un MMC expresan la existencia de precios relativos fijos, dotación ilimitada de factores y funciones de producción y de utilidad con coeficientes constantes y lineales. Esa especificación, impide posibles relaciones de complementariedad y/o de sustitución derivadas de las variaciones de los precios que harían el análisis en este plano innecesariamente complejo. Asimismo, los coeficientes fijos suponen propensiones marginales y medias al gasto idénticas y que describen funciones de producción con rendimientos constantes a escala, lo que implica que las elasticidades ingreso son iguales a la unidad⁶.

⁵ El funcionamiento de los multiplicadores puede explicarse de la siguiente forma: ante cambios en sus ingresos, los agentes económicos responden de manera estrictamente proporcional respecto al nivel total de producción de cada actividad (definida por los totales de las columnas). Esto significa que visto por el lado de las ventas, los cambios marginales de aquellas en la economía en estudio, igualan la participación promedio derivada de la matriz (la propensión media del gasto iguala la propensión marginal del mismo) y que, desde el lado de la producción, existe una tecnología input-output que es fija.

⁶ Los MMC, conviene aclarar, son de naturaleza keynesiana y en cuanto tales, presentan limitaciones analíticas, en vista de los supuestos restrictivos que le subyacen y que deberán flexibilizarse con la estructura conceptual neoclásica y la aplicación de modelos matemáticos dinámicos en tiempo discreto, que asumen el tiempo como una variable central y que permiten un alcance metodológico más adecuado a la investigación de los temas de economía ambiental. Sin embargo, aún con el espectro restrictivo

1.2.2 Derivación del modelo

Como se mostró en la sección 1.2, la MIP se divide en dos submatrices, una de cuentas endógenas (\mathbf{N}) y otra de exógenas (\mathbf{X}). Asimismo, conviene recordar que $\bar{\mathbf{n}}$ es el vector columna de ingresos endógenos totales, $\bar{\mathbf{x}}$ es el vector columna de ingresos exógenos totales de las cuentas endógenas y $\bar{\mathbf{Y}}_n$ el vector de ingresos totales de las cuentas endógenas de la MIP. Esto es:

$$\bar{\mathbf{Y}}_n = \bar{\mathbf{n}} + \bar{\mathbf{x}}, \quad \text{en donde } \bar{\mathbf{Y}}_n \text{ es un vector columna compuesto por } n \text{ filas.}$$

En consecuencia, para derivar la matriz de propensiones medias al gasto, se divide el egreso que efectúa cada cuenta endógena en la economía (\mathbf{n}_{ij}), entre el ingreso total de la cuenta respectiva en la columna $\bar{\mathbf{Y}}_n$. El resultado es una matriz \mathbf{A}_n normalizada de propensiones medias al gasto, que se le conoce como matriz de coeficientes técnicos (MCT) de las cuentas endógenas.

En términos matriciales, esta operación se expresa de la siguiente manera,

$$\mathbf{A}_n = \mathbf{N} \mathbf{Y}_n^{-1}$$

en donde, \mathbf{Y}_n^{-1} es una matriz diagonal de dimensión $n \times n$,

$$\mathbf{Y}_n^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Y_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{Y_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{Y_n} \end{bmatrix}$$

$Y_1 \dots Y_n$ son los ítems de la diagonal del vector $\bar{\mathbf{Y}}$, mientras \mathbf{A}_n y \mathbf{N} son matrices de dimensión $n \times n$.

Como \mathbf{A}_n se obtiene de la división de los componentes del consumo intermedio y del valor agregado de cada sector, entre su correspondiente valor bruto de la producción ($\bar{\mathbf{Y}}_n$), los coeficientes expresan los requerimientos directos de insumos y valor agregado del sector que figura en el encabezado de la columna respectiva. Los elementos de \mathbf{A}_n son coeficientes técnicos fijos \mathbf{a}_{ij} , menores a la unidad, lo que implica el supuesto que no existe cambio tecnológico en el corto plazo. Esta matriz ofrece una importante visión de la estructura económica y de los costos de producción por sector y hasta cierto punto da cuenta del estado actual de la tecnología. Sin embargo, no permite determinar los efectos totales de los choques externos en los niveles de producción.

del enfoque keynesiano de multiplicadores, es posible captar implicaciones de gran interés en el diagnóstico del funcionamiento económico regional y la formulación de políticas públicas.

En el funcionamiento de las tablas de insumo-producto, un supuesto fundamental es que los flujos interindustriales desde i (fila) hasta j (columna), que están dados para un determinado periodo de tiempo, dependen enteramente del producto total del sector j para ese mismo periodo de tiempo. La idea que subyace, en términos simples, es que una mayor cantidad de producto producido en un año, p.e., aviones, sin duda, generará una demanda mayor de aluminio que será necesaria en ese año para los productores de aviones. El análisis en el modelo insumo-producto es como sigue: dado un valor x_{ij} (i.e., insumo aluminio producido el año pasado por el sector i y comprado por el sector j) y X_j (la producción total de aviones en ese mismo año), la razón (coeficiente) establecida entre el insumo aluminio y la producción total de aviones, x_{ij}/X_j (en unidades monetarias), se denota como a_{ij} . En particular, si el sector i es agricultura y el sector j es alimentos procesados, el coeficiente a_{ij} representa el valor de los insumos agrícolas requeridos para producir en la economía el valor de un peso de producción en el sector de procesamiento de alimentos en esa misma economía.

Hasta aquí se han definido los elementos centrales del modelo, en lo que sigue se presenta la forma en que se resuelve el sistema de ecuaciones.

Con base en la siguiente identidad se deriva el MMC:

$$\bar{\mathbf{Y}}_n = \bar{\mathbf{n}} + \bar{\mathbf{x}}$$

donde

$\bar{\mathbf{Y}}_n$ = vector de ingresos totales de las cuentas endógenas

$\bar{\mathbf{n}}$ = vector de ingresos totales endógenos

$\bar{\mathbf{x}}$ = vector de ingresos totales exógenos

La MCTA $_n$ puede expresarse en términos de algebra lineal, como la premultiplicación de la matriz \mathbf{N} por la matriz diagonalizada del vector $\bar{\mathbf{Y}}_n$. Es decir los valores de $\bar{\mathbf{Y}}_n$ se dividen entre 1 y forman la diagonal de una matriz identidad que se expresa como $\hat{\mathbf{Y}}_n^{-1}$.

De tal modo que, si

$$\mathbf{A}_n = \mathbf{N}(\hat{\mathbf{Y}}_n^{-1})$$

entonces, por definición, el vector de ingresos totales endógenos, puede expresarse como

$$\bar{\mathbf{n}} = \mathbf{A}_n \bar{\mathbf{Y}}_n$$

La sustitución de $\bar{\mathbf{n}}$ en la ecuación $\bar{\mathbf{Y}}_n = \bar{\mathbf{n}} + \bar{\mathbf{x}}$ permite la formulación del siguiente modelo:

$$\bar{Y}_n = \bar{n} + \bar{x} = A_n \bar{Y}_n + \bar{x}$$

$$\bar{Y}_n = A_n \bar{Y}_n + \bar{x}$$

Despejando \bar{Y}_n , se obtiene

$$\begin{aligned} \bar{Y}_n - A_n \bar{Y}_n &= \bar{x} \\ \bar{Y}_n (\mathbf{I} - A_n) &= \bar{x} \end{aligned}$$

En el caso que $(\mathbf{I} - A_n)$ tenga inversa, a través de la observación directa del determinante $D \neq 0$ y condición que determina que el sistema de ecuaciones tiene solución, se premultiplican ambos lados de la ecuación por dicha inversa y se obtiene el modelo de multiplicadores:

$$\bar{Y}_n (\mathbf{I} - A_n)^{-1} (\mathbf{I} - A_n) = (\mathbf{I} - A_n)^{-1} \bar{x}$$

$$\bar{Y}_n = (\mathbf{I} - A_n)^{-1} \bar{x}$$

La solución del modelo indica que los ingresos endógenos totales \bar{Y}_n son iguales a la matriz inversa $(\mathbf{I} - A_n)^{-1}$, multiplicada por el vector de ingresos exógenos \bar{x} .

$$\bar{Y}_n = (\mathbf{I} - A_n)^{-1} \bar{x} \text{ si } \mathbf{Ma} = (\mathbf{I} - A_n)^{-1},$$

y en consecuencia $\bar{Y}_n = \mathbf{Ma} \bar{x}$ donde \mathbf{Ma} es una matriz de dimensión $n \times n$ y sus elementos son $m_{ij} > 0$.

Cada elemento m_{ij} de la matriz \mathbf{Ma} se interpreta como el cambio en los ingresos de la cuenta i ante un cambio en una unidad monetaria de los ingresos exógenos de la cuenta j , que implica que todos los valores de los multiplicadores m_{ij} son no negativos y en la diagonal principal son mayores que la unidad.

El elemento \mathbf{Ma} se conoce como matriz de multiplicadores del modelo de la MIP, y relaciona los ingresos totales de las cuentas endógenas (\bar{Y}_n) con los impactos exógenos (\bar{x}).⁷ En el modelo, los elementos de \bar{Y}_n corresponden a los niveles de producción del conjunto de las diferentes actividades productivas, y los pagos a los factores de la producción de cada sector.

1.2.3 Los multiplicadores del modelo

Los multiplicadores de insumo-producto cuantifican los impactos sobre la economía en estudio, se fundamentan en el hecho que la matriz A_n representa relaciones interindustriales en la economía.

⁷ La matriz de multiplicadores funciona en la misma forma que la inversa de Leontief puesto que captura los efectos tanto directos como indirectos de cualquier cambio en el vector exógeno; ésta es la característica principal de la matriz \mathbf{Ma} .

La noción de multiplicadores descansa en la diferencia entre el efecto *inicial* de un cambio exógeno y el impacto *total* de ese cambio. El *efecto total* puede definirse como la suma del efecto *directo* e *indirecto* (presente en un modelo de insumo-producto que es abierto respecto a los hogares) o como de efectos *directo*, *indirecto* e *inducido* (vigente en un modelo que es cerrado respecto de los hogares)⁸. Los multiplicadores que incorporan efectos directos e indirectos son conocidos como multiplicadores *simples*. Cuando se capturan los efectos directos, indirectos e inducidos, a menudo se denominan multiplicadores *totales*.

La matriz de multiplicadores \mathbf{Ma} es de la misma dimensión $n \times n$ que la matriz de coeficientes técnicos \mathbf{A}_n y de la matriz de transacciones \mathbf{N} ; sus elementos m_{ij} son valores constantes y se conocen como multiplicadores porque transmiten los impactos directos e indirectos de las inyecciones de ingresos externos en las cuentas endógenas de la matriz.

Los impactos en una economía se pueden clasificar en dos tipos: los *directos* y los *indirectos*. Los impactos directos se desprenden del primer efecto de los cambios exógenos sobre alguna cuenta endógena de la economía y se registran como ingresos exógenos. Por ejemplo, un aumento en el gasto que el gobierno federal otorga a los estados para incrementar el suministro de agua tiene un efecto directo en la cuenta endógena de los sectores económicos que se traduce en un cambio en el ingreso (exógeno). Por otra parte, los impactos indirectos son los cambios generados como consecuencia de los impactos directos, por ejemplo, el aumento de la producción en otros sectores por el incremento de la demanda de los insumos del sector que suministra agua.

La matriz de multiplicadores o matriz inversa captura los cambios totales (directos e indirectos) que se presentan al interior de la estructura de la matriz. ¿Cómo ocurre este proceso? En primer lugar, cada impacto directo –inyección o sustracción exógena de ingresos– en una cuenta de la MIP recorre el subsistema local y posteriormente se transmite a otros subsistemas de la misma matriz. Este proceso continúa como parte del cambio en el ingreso, lo que genera una nueva demanda que induce una redistribución del flujo de ingresos dentro y fuera de la economía en cuestión. En otras palabras, el efecto multiplicador se puede concebir como un conjunto de flujos que pueden viajar a través de diversos circuitos antes de fijarse en el impacto final.

De esta manera, si las cuentas endógenas se clasifican en grupos es posible distinguir tres tipos de efectos indirectos:⁹ el primero es un efecto *dentro del grupo*, o sea aquel efecto que se inicia en un grupo y se queda dentro del mismo, de tal forma que el efecto total no sale de éste; el segundo es un efecto *circular* que en su recorrido afecta a los demás grupos y retorna para modificar al grupo que originalmente lo generó (un efecto parecido a un bumerang); por último, el efecto *entre grupos*, que se origina en un grupo y que se traslada únicamente a otro.

Así pues, la matriz de multiplicadores \mathbf{Ma} se puede dividir en matrices independientes que recogen cada uno de los efectos mencionados. Esta descomposición facilita la interpretación del

⁸ En algunas discusiones sobre multiplicadores en un modelo insumo-producto, lo que se denomina aquí efecto *inicial* es el periodo del efecto *directo*. Para una ulterior exposición –por ejemplo, puede buscarse métodos breves para hallar multiplicadores–, cuando se utiliza una aproximación por serie de potencias

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots$$

parecería preferible asociar el efecto “inicial” con el término \mathbf{I} , el “directo” con \mathbf{A} y el “indirecto” con los términos restantes $\mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots$. No está demás subrayar que el efecto tiende a cero conforme mayor se vuelve el exponente.

⁹ Los grupos se refieren a las actividades económicas, los factores de la producción y los hogares.

efecto multiplicador endógeno en vista que descompone el impacto en distintos efectos multiplicadores. A esta separación se le conoce como descomposición de multiplicadores.

A continuación se presenta el desarrollo matemático de la referida descomposición:¹⁰

Como se definió arriba:

$$\bar{Y}_n = \bar{n} + \bar{x}, \quad \text{y} \quad \bar{n} = A_n \bar{Y}_n.$$

Sustituyendo el valor de \bar{n} , entonces,

$$\bar{Y}_n = A_n \bar{Y}_n + \bar{x}$$

Si la matriz A_n se puede descomponer aditivamente en dos matrices de la forma

$$A_n = \tilde{A}_n + (A_n - \tilde{A}_n)$$

al sustituir el valor de A_n en la ecuación $\bar{Y}_n = A_n \bar{Y}_n + \bar{x}$ se obtiene la siguiente expresión:

$$\bar{Y}_n = [\tilde{A}_n + (A_n - \tilde{A}_n)] \bar{Y}_n + \bar{x}$$

$$\bar{Y}_n = \tilde{A}_n \bar{Y}_n + (A_n - \tilde{A}_n) \bar{Y}_n + \bar{x}$$

y premultiplicando por $(I - \tilde{A}_n)^{-1}$ se llega a la siguiente ecuación,

$$(I - \tilde{A}_n)^{-1} \bar{Y}_n = (I - \tilde{A}_n)^{-1} \tilde{A}_n \bar{Y}_n + (I - \tilde{A}_n)^{-1} (A_n - \tilde{A}_n) \bar{Y}_n + (I - \tilde{A}_n)^{-1} \bar{x}$$

a partir de la cual definimos:

$$A_n^* = (I - \tilde{A}_n)^{-1} (A_n - \tilde{A}_n)$$

y al mismo tiempo se multiplica la ecuación por $(I - \tilde{A}_n)$ de tal forma que se obtiene:

$$(I - \tilde{A}_n)^{-1} \bar{Y}_n = (I - \tilde{A}_n)^{-1} \tilde{A}_n \bar{Y}_n + A_n^* \bar{Y}_n + (I - \tilde{A}_n)^{-1} \bar{x}$$

$$\bar{Y}_n = \tilde{A}_n \bar{Y}_n + (I - \tilde{A}_n) A_n^* \bar{Y}_n + \bar{x}$$

$$(I - \tilde{A}_n) \bar{Y}_n = (I - \tilde{A}_n) A_n^* \bar{Y}_n + \bar{x}$$

$$(I - \tilde{A}_n) \bar{Y}_n - (I - \tilde{A}_n) A_n^* \bar{Y}_n = \bar{x}$$

¹⁰ La derivación se basa en Pyatt y Round (1979) y en los trabajos de Defourny y Thorbecke (1984).

$$(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n)(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^*)\tilde{\mathbf{Y}}_n = \tilde{\mathbf{x}}$$

$$\tilde{\mathbf{Y}}_n = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^*)^{-1}(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n)^{-1}\tilde{\mathbf{x}}$$

De acuerdo al MMC definido arriba:

$$\tilde{\mathbf{Y}}_n = \mathbf{Ma} \tilde{\mathbf{x}}, \quad \text{por lo que se define } \mathbf{Ma} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^*)^{-1}(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n)^{-1}$$

Ahora, dada la propiedad de las matrices inversas, es posible expresar $(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^*)^{-1}$ de la siguiente forma:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^*)^{-1} = \mathbf{I} + \mathbf{A}_n^* + \mathbf{A}_n^{*2} + \dots = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^* + \mathbf{A}_n^{*2})(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^{*3})^{-1}$$

Por lo tanto, \mathbf{Ma} se puede definir de la siguiente manera:

$$\mathbf{Ma} = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^* + \mathbf{A}_n^{*2})(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^{*3})^{-1}(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n)^{-1}$$

De donde se desprenden las matrices:

$$\mathbf{Ma}_1 = (\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n)^{-1}$$

$$\mathbf{Ma}_2 = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^* + \mathbf{A}_n^{*2})$$

$$\mathbf{Ma}_3 = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^{*3})^{-1}$$

Por lo tanto,

$$\mathbf{Ma} = \mathbf{Ma}_1\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_3$$

Con lo que se demuestra que la matriz de multiplicadores $\mathbf{Ma} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^*)^{-1}$ se descompone en tres matrices cuyos respectivos multiplicadores contribuyen a explicar las interrelaciones entre las cuentas endógenas.

A continuación se presentan las características de cada una de estas matrices: \mathbf{Ma}_1 , \mathbf{Ma}_2 y \mathbf{Ma}_3 .

El MMC se despliega a partir de la matriz de coeficientes técnicos \mathbf{A}_n , que a su vez se descompone en dos matrices que cumplen con la siguiente restricción aditiva:

$$\mathbf{A}_n = \tilde{\mathbf{A}}_n + (\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n)$$

Sea la matriz \mathbf{A}_n , $\mathbf{A}_n =$

	Actividad	Factor	Hogar
Actividad	\mathbf{A}_{11}	$\mathbf{0}$	\mathbf{A}_{13}
Factor	\mathbf{A}_{21}	$\mathbf{0}$	\mathbf{A}_{23}
Hogar	$\mathbf{0}$	\mathbf{A}_{32}	\mathbf{A}_{33}

Donde $\sum \mathbf{a}_{ij} < 1$, $\mathbf{a}_{ij} \forall j = 1, 2, 3$ con 1 = actividades
 2 = factores
 3 = hogares

La descomposición de la matriz \mathbf{A}_n se efectúa de tal modo que $\tilde{\mathbf{A}}_n$ traduce la matriz diagonalizada de la matriz \mathbf{A}_n de coeficientes técnicos, de la forma siguiente:

$$\tilde{\mathbf{A}}_n = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{33} \end{bmatrix}$$

La matriz $\tilde{\mathbf{A}}_n$ se define como la matriz de propensiones medias al gasto que reasigna la renta dentro del mismo grupo de actividades (\mathbf{A}_{11}) y del mismo grupo de hogares (\mathbf{A}_{33}).

La matriz $\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n$, entonces, se expresa como:

$$\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{13} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{23} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{32} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

La matriz $\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n$ recupera las vías de transmisión del ingreso entre grupos diferentes; de actividades a hogares; de factores a actividades; de factores a hogares y de hogares a factores.

Dado que las dos matrices $\tilde{\mathbf{A}}_n$ y $\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n$ son conocidas, entonces se puede estimar la siguiente matriz:

$$\mathbf{A}_n^* = (\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n)^{-1} (\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n)$$

que adopta la siguiente forma:

$$\mathbf{A}_n^* = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{13}^* \\ \mathbf{A}_{21}^* & \mathbf{0} & \mathbf{A}_{23}^* \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_{32}^* & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

Toda vez que se conoce $\tilde{\mathbf{A}}_n$ y se calcula \mathbf{A}_n^* , puede conocerse \mathbf{Ma} en términos de sus componentes y se obtiene

$$\mathbf{Ma} = \left(\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^* + \mathbf{A}_n^{*2} \right) \left(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^{*3} \right)^{-1} \left(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n \right)^{-1}$$

y por tanto, se conoce

$$\begin{aligned} \mathbf{Ma}_1 &= \left(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n \right)^{-1} \\ \mathbf{Ma}_2 &= \left(\mathbf{I} + \mathbf{A}_n^* + \mathbf{A}_n^{*2} \right) \\ \mathbf{Ma}_3 &= \left(\mathbf{I} - \mathbf{A}_n^{*3} \right)^{-1} \end{aligned}$$

Las características de cada una de las tres submatrices de multiplicadores, depende de la forma que tengan las dos matrices iniciales en que se descompone \mathbf{A}_n , es decir de $\tilde{\mathbf{A}}_n$ y de $\mathbf{A}_n - \tilde{\mathbf{A}}_n$. En general, \mathbf{A}_n se ha descompuesto de tal manera que \mathbf{Ma}_1 y \mathbf{Ma}_2 se formulan como bloques diagonales y \mathbf{Ma}_3 como una matriz cuya diagonal principal es una matriz identidad (son matrices cuadradas que registran el número uno en la diagonal principal y todos los demás elementos fuera de ella son iguales a cero)¹¹.

Es posible interpretar \mathbf{Ma}_1 como una matriz que registra coeficientes que relacionan actividades con actividades y hogares con hogares; de ese modo $\mathbf{Ma}_1 = \left(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n \right)^{-1}$ es precisamente la matriz inversa de Leontief calculada sobre las actividades económicas de la matriz original.

De acuerdo con el modelo, el impacto ante un cambio exógeno sobre alguna actividad económica se obtiene multiplicando la matriz $\left(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n \right)^{-1}$ por el vector columna $\Delta \bar{\mathbf{x}}$:

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}_n &= \left(\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}}_n \right)^{-1} \Delta \bar{\mathbf{x}} \\ \mathbf{Y}_n &= \Delta \bar{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{A}} \Delta \bar{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{A}}^2 \Delta \bar{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{A}}^3 \Delta \bar{\mathbf{x}} + \dots + \tilde{\mathbf{A}}^n \Delta \bar{\mathbf{x}} \end{aligned}$$

¹¹ Si es importante hacer énfasis en la dimensión, se escribirá I_n para denotar la matriz identidad de $n \times n$ (Grossman, 1992).

En ese orden de ideas, la variación en el valor bruto de la producción (VBP) de las actividades, se explica como la suma de los efectos directos de la variación en la demanda final $\Delta\bar{x}$, más la producción que ésta requiere de insumos intermedios $\tilde{A}\Delta x$, más la que requiere de insumos para su elaboración $\tilde{A}^2\Delta x$, y así sucesivamente hasta que el efecto se desvanece, es decir, cuando el impacto $\tilde{A}^n\Delta x$ se vuelve prácticamente nulo.

En otras palabras, \mathbf{Ma}_1 recupera el efecto multiplicador a través de las transferencias entre actividades y entre hogares; de ahí que se denomine matriz de “efectos dentro del grupo” o “efectos transferencia”.

Por otra parte, la matriz \mathbf{Ma}_2 permite identificar los “efectos entre grupos” o efectos cruzados (“open loop”). Es decir, parte del efecto multiplicador indirecto se explica por el efecto que un grupo de cuentas produce sobre los grupos restantes. A su vez, la matriz \mathbf{Ma}_3 representa el efecto multiplicador consecuencia del flujo circular de la renta: parte del ingreso que se origina en una cuenta se revierte de nuevo a la misma después de haber transitado entre diversos grupos. Estos “efectos circulares” (“closed loop”), tienen un marcado carácter keynesiano y pueden asumirse como multiplicadores keynesianos generalizados. Estos multiplicadores pueden explicarse teóricamente como resultado de la endogenización del consumo privado y de la generación de la renta.

\mathbf{Ma}_1 Captura el efecto dentro del grupo

\mathbf{Ma}_2 Captura el efecto entre grupos

\mathbf{Ma}_3 Captura el efecto circular

1.2.3.1 Método para estimarla descomposición de los multiplicadores: descomposición aditiva de Stone

La descomposición alternativa, aísla los *efectos netos* de los impactos indirectos. Asumiendo como punto de partida los resultados multiplicativos $\mathbf{M} = \mathbf{M}_3\mathbf{M}_2\mathbf{M}_1$; Stone (1985) sugiere la forma aditiva como forma adecuada en que los efectos de las matrices pueden agregarse.

Si descomponemos la matriz \mathbf{Ma} en \mathbf{Ma}_1 , \mathbf{Ma}_2 y \mathbf{Ma}_3 , como se hizo en la sección anterior, es difícil establecer la contribución de cada tipo de efecto en el impacto total debido a la estructura multiplicativa de la descomposición de la matriz \mathbf{Ma} . Para abordar este problema, Stone (1985) ha propuesto un método aditivo que permite estimar la influencia de cada multiplicador en el total.

Stone ha propuesto la siguiente igualdad a partir de la cual pueden estimarse las matrices \mathbf{Ma}_1 , \mathbf{Ma}_2 y \mathbf{Ma}_3 :

$$\mathbf{Ma} = \mathbf{I} + (\mathbf{Ma}_1 - \mathbf{I}) + (\mathbf{Ma}_2 - \mathbf{I}) \mathbf{Ma}_1 + (\mathbf{Ma}_3 - \mathbf{I}) \mathbf{Ma}_2 \mathbf{Ma}_1$$

La existencia de la igualdad se puede probar de la siguiente manera:

Dado que $\mathbf{Ma} = \mathbf{Ma}_1\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_3$, se igualan ambas identidades de la siguiente manera:

$$\mathbf{Ma}_1\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_3 = \mathbf{I} + (\mathbf{Ma}_1 - \mathbf{I}) + (\mathbf{Ma}_2 - \mathbf{I})\mathbf{Ma}_1 + (\mathbf{Ma}_3 - \mathbf{I})\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1$$

$$\mathbf{Ma}_1\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_3 = \mathbf{I} + \mathbf{Ma}_1 - \mathbf{I} + (\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1) - \mathbf{Ma}_1 + \mathbf{Ma}_3\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1 - \mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1$$

Al simplificar y reescribir la ecuación, queda demostrada la existencia de la igualdad bajo la forma de la identidad

$$\mathbf{Ma}_1\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_3 = \mathbf{Ma}_3\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1$$

con lo que se verifica la certeza del modelo aditivo

$$\mathbf{Ma} = \mathbf{I} + (\mathbf{Ma}_1 - \mathbf{I}) + (\mathbf{Ma}_2 - \mathbf{I})\mathbf{Ma}_1 + (\mathbf{Ma}_3 - \mathbf{I})\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1$$

En este modelo, la matriz de multiplicadores \mathbf{Ma} se descompone en cuatro matrices; la primera, en la que \mathbf{I} es la identidad y captura el choque exógeno; las tres restantes captan los impactos indirectos. Con base en esta ecuación es posible estimar las matrices \mathbf{Ma}_1 , \mathbf{Ma}_2 y \mathbf{Ma}_3 para identificar cada tipo de efecto en el modelo.

Así pues, si el impacto directo es captado por la matriz identidad \mathbf{I} , los efectos indirectos totales que transmiten los multiplicadores se registran en las siguientes matrices:

$$\mathbf{Ma}_1 - \mathbf{I} = \text{Captura el efecto dentro del mismo grupo}$$

$$(\mathbf{Ma}_2 - \mathbf{I})\mathbf{Ma}_1 = \text{Captura el efecto entre grupos}$$

$$(\mathbf{Ma}_3 - \mathbf{I})\mathbf{Ma}_2\mathbf{Ma}_1 = \text{Captura el efecto circular}$$

En la construcción de los MMC la estimación de la matriz de multiplicadores \mathbf{Ma} y sus componentes \mathbf{Ma}_1 , \mathbf{Ma}_2 y \mathbf{Ma}_3 , permite hacer un análisis más acucioso de los efectos explicados por choques exógenos en una economía.

1.2.3.2 Multiplicadores del producto

Un multiplicador del producto para el sector j se define como el valor total de la producción, en todos los sectores de la economía, que es necesario para satisfacer el valor de una unidad monetaria de demanda final por el producto del sector j .

Multiplicadores Simples del Producto. Para el multiplicador simple del producto, esta producción se obtiene de un modelo con hogares exógenos. El efecto inicial del producto sobre la economía se define como el valor inicial de una unidad monetaria del producto del sector j necesario para satisfacer la demanda final adicional. En términos formales, por tanto, el multiplicador del producto es la proporción (*ratio*) del impacto directo e indirecto sobre el detonador inicial.

En seguida, se presenta un breve ejemplo en el que las matrices \mathbf{A} y \mathbf{Ma} pueden considerarse derivaciones de la matriz insumo-producto de la cuenca.

Sea

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -15 & 25 \\ -20 & 05 \end{bmatrix} \text{ la matriz de transacciones sectoriales.}$$

y

$$\mathbf{Ma} = \begin{bmatrix} 1.254 & .330 \\ .264 & 1.123 \end{bmatrix} \text{ la matriz de multiplicadores.}$$

Nótese que $\Delta \mathbf{f}(1) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ indica el valor de una unidad monetaria adicional de demanda final solamente para el producto del sector 1 y $\Delta \mathbf{f}(2) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ indica, de forma similar, el valor adicional de una unidad monetaria de demanda final, sólo para el producto del sector 2.

Considérese $\Delta \mathbf{f}(1)$; las implicaciones para el sector 1 y 2 se hallan como $\mathbf{Ma}\Delta \mathbf{f}(1)$. Denotado lo anterior como $\Delta \mathbf{x}(1)$,

$$\Delta \mathbf{x}(1) = \begin{bmatrix} 1.254 & 3.30 \\ .264 & 1.122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.254 \\ .264 \end{bmatrix}$$

Esto es, desde luego, justo la primera columna de $\mathbf{Ma} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \end{bmatrix}$.

El producto adicional de 1.254 unidades monetarias del sector 1 y las 0.264 del sector 2 se requieren por cada unidad monetaria de nueva demanda final, *exclusivamente*, por el producto del sector 1. Las 1.254 unidades del sector 1 representa 1.00 unidad para satisfacer la nueva unidad monetaria original de demanda final más un adicional 0.254 unidades para los flujos inter e intraindustria. El multiplicador del producto del sector 1, $m(o)_1$, se define como la suma de los elementos en la $\Delta \mathbf{x}(1)$ columna; obteniéndose 1.518 a través de dividirentre 1 (entre $m(o)_1 = 1.518/1 = 1.518$, un número sin dimensión, un escalar. El 1 en el denominador es el efecto inicial en el sector 1, producto del valor de la nueva unidad de dinero de demanda final para el producto del sector 1; el valor de la unidad monetaria de demanda final se convierte en un valor adicional de una unidad de dinero del producto del sector 1 como el primer término en la serie de estimaciones de los efectos totales directos e indirectos sobre la producción del sector 1. Formalmente, utilizando $\mathbf{i}' = [1 \ 1]$, para generar una suma de columnas

$$m(o)_1 = \mathbf{i}' \Delta \mathbf{x}(1) = \sum_{i=1}^n l_{ij}$$

en donde $n = 2$ en este ejemplo.

De forma similar,

$$\Delta \mathbf{x}(2) = \begin{bmatrix} 1.254 & .330 \\ .264 & 1.122 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .330 \\ 1.122 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{21} \\ l_{22} \end{bmatrix}$$

$$m(o)_2 = i' \Delta \mathbf{x}(2) = \sum_{i=1}^n l_{2n}$$

Aquí $m(o)_2=1.452$. En general, el multiplicador simple del producto por sector j es

$$m(o)_j = \sum_{i=1}^n l_{ij}$$

De ahí que, por ejemplo, si una agencia de gobierno tratase de determinar los efectos diferenciales de gastar una unidad de dinero adicional (bien pueden ser 100, 1,000, 10,000 o cualquier otra cantidad) en el producto de un sector, la comparación de los multiplicadores del producto mostrarían dónde este gasto tendría un impacto mayor en términos de valor monetario total del producto generado en toda la economía. Es notable que cuando los efectos del producto total máximo son la meta del gasto de gobierno, siempre será racional, eficiente y eficaz gastar todo el dinero en el sector con el multiplicador del producto mayor. Aun con un gasto anticipado de 1 millón de unidades monetarias no habría razón suficiente, sólo con base en los multiplicadores del producto, para dividir ese gasto entre dos sectores.

Desde luego, podría muy bien tomarse otras decisiones *ultima ratio*—al considerar factores de tipo estratégico, de equidad, limitaciones en la capacidad para la producción sectorial, motivos de seguridad nacional y otros— para utilizar algo de la nueva demanda final en dinero sobre el producto del otro sector (o sectores, cuando $n > 2$). También es notable que los multiplicadores de esta clase pueden exagerar el efecto sobre la economía en cuestión si algunos sectores están operando en o cerca de su capacidad plena y de ahí que algunas de las necesidades de nuevos insumos tendrían que ser importados en la economía y/o los productos de algunos sectores cambiarían desde las exportaciones y se quedarían en la economía para ser utilizados como insumos. Fenómenos semejantes cobran importancia mayor en los modelos regionales.

Es fácil distinguir que \mathbf{Ma} es una matriz de multiplicadores de sector a sector, l_{ij} , que relaciona la demanda final del sector j con el producto del sector i . Los multiplicadores del producto (la suma de columnas de \mathbf{Ma}) los representan desde ese sector hacia el conjunto de la economía; relaciona la demanda final del sector i con el producto de toda la economía. Para un modelo de n sectores, el vector fila de los multiplicadores se denota $prom(o)=[m(o)_1+\dots+m(o)_n]$.

Con $i'_{(1 \times n)} = [1 \dots 1]$, se tiene

Sector demanda a
sector producto
multiplicadores

$$m(o)=i' \mathbf{Ma}$$

Sector demanda al
conjunto de la economía
multiplicadores del producto

Son notables las numerosas variaciones adicionales que pueden construirse sobre esta representación, con el fin de examinar el comportamiento que experimenta la economía. Todo lo que se requiere es alterar los elementos en el multiplicador de la matriz para que en lugar de $(\Delta \mathbf{f}_j = 1) \rightarrow (\Delta \mathbf{x}_i)$ representen $(\Delta \mathbf{f}_j = 1) \rightarrow (\text{alguna función de } \Delta \mathbf{x}_i)$, similar al empleo, el uso del agua o las emisiones contaminantes. Este aspecto se profundizará para el sector agua en el modelo construido.

Referencias

Barceinas, P. F., y H. Cervini I. (1993) Análisis de los multiplicadores contables asociados a una matriz de Contabilidad Social para México; *Análisis Económico*, vol. 11, núm. 22, pp. 3-46.

Becerril, G. J., G. Dyer L., J. E. Taylor y A. Yúnez-Naude (1996) Elaboración de matrices de contabilidad social para poblaciones agropecuarias: el caso del Chante Jalisco; Documentos de trabajo, núm. VI. Centro de Estudios Económicos, El Colegio de México, México.

Cohen, S. I. (1989) Multiplier analyses in social accounting and Input-Output frameworks: evidence for several countries, en R.E., Miller, K.R., Polenske y A.Z., Rose (eds.), *Frontiers of Input-Output Analysis* (Oxford: Oxford University Press).

Crama, Y., J. Defourny y J. Gazon (1984) Structural decomposition of multipliers in Input-Output or social accounting matrix analysis; *Economie Appliquée*, vol. 37, pp. 215-222.

Defourny, J., y E. Thorbecke (1984) Structural path analysis and multiplier decomposition within a social accounting matrix framework. *The Economic Journal*, vol. 94, pp. 111-136.

Dietzenbacher, Erik; Rutger Hoekstra (2000) The RAS Structural Decomposition Approach; http://policy.rutgers.edu/cupr/iioa/Dietzenbacher_Hoekstra.pdf

Dietzenbacher, Erik. (2002) Interregional Multipliers: Looking Backward, Looking Forward,” *Regional Studies*, **36**, 125–136. 2005. More on Multipliers, *Journal of Regional Science*, **45**, 421–426.

Gardiner, Vince, and Paul Herrington (1986) *The Basis and Practice of Water Demand Forecasting*, en Gardiner, Vince and Paul Herrington (Eds., 1986), *Water demand Forecasting* (London: Taylor & Francis).

González, A. S. (2005) Descomposición de multiplicadores para el estudio de la disminución de la pobreza en pequeños poblados de México. Tesis Doctoral, Programa de Economía, ISEI, Colegio de Postgraduados, México.

Grossman, Stanley I. (1992) *Álgebra Lineal* (México: McGraw-Hill)

Richardson, Harry W. (1985) Input-Output and Economic Base Multipliers Looking Backward and Forward; *Journal of Regional Science*, 25 (4), 607-661.

Miller, Ronald E. (1966) Interregional Feedbacks in Input-Output Models: Some Preliminary Results, *Papers of the Regional Science Association*, **17**, 105–125.

_____ (1969) Interregional Feedbacks in Input-Output Models: Some Experimental Results, *Western Economic Journal*, **7**, 41–50.

_____ and Peter Blair (2009)(segunda edición)Input-Output Analysis Foundations and Extensions (Cambridge, UK: Cambridge University Press).

Miyazawa, Ken'ichi. (1976) Input-Output Analysis and the Structure of Income Distribution (Heidelberg: Springer).

Polo, C., D.W. Roland-Holst y F. Sancho (1991b) Análisis de la influencia económica en un modelo multisectorial. *Investigaciones Económicas, Suplemento*, pp. 125-129.

Pyatt, G., y J. I. Round (1979) Accounting and Fixed price multipliers in a Social Accounting Matrix Framework. *The Economic Journal*, vol. 89, pp. 850-873.

_____ (1985)Social Accounting Matrices. A Basis for Planning(Washington D.C.: The World Bank).

Round, Jeffery I. (1985) Decomposing Multipliers for Economic Systems Involving Regional and World Trade, *Economic Journal*, **95**, pp. 383–399.

_____ 2001.Feedback Effects in Interregional Input-Output Models: What Have We Learned?, in Michael L. Lahr and Erik Dietzenbacher (eds.), *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions*(New York: Palgrave).

Sandoval, A. David. 1967. Constant Relationship between Input-Output Income Multipliers, *Review of Economics and Statistics*, **49**, pp. 599–600.

Schuschny, Andrés Ricardo (2005) Tópicos sobre el Modelo de Insumo/Producto: Teoría y Aplicaciones; Estudios Estadísticos y Prospectivos (CEPAL, ONU: Santiago de Chile).

Skountzos, T. (1988). Social accounting matrix multipliers in a developing economy: the case of Greece. *Economics of Planning*, vol. 22, pp. 57-71.

Sonis, Michael and Geoffrey J. D. Hewings (2001) Feedbacks in Input-Output Systems: Impact, Loops and Hierarchies, in Michael L. Lahr and Erik Dietzenbacher (eds.), *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions*(New York: Palgrave).

Stone, Sir Richard. 1985. The Disaggregation of the Household Sector in the National Accounts, in Graham Pyatt and Jeffery I. Round (eds.), *Social Accounting Matrices. A Basis for Planning* (Washington, DC: The World Bank), pp. 145–185.

Taylor, J. E., e I. Adelman (1996). Village Economics: The Design, Estimation and Use of Villagewide Economic Models(Cambridge, Mass.: Cambridge University Press)

Taylor, J. Edward, A. YúnezNaude y Steve Hampton (1999)Agricultural Policy Reforms and Village Economies: A Computable General Equilibrium Analysis from Mexico. *Journal of Policy Modeling*, vol. 21, núm. 4, pp. 453-480.

Thorbecke, E., y H.S Jung (1996) A multiplier Decomposition Method to analyze Poverty Alleviation; *Journal of Agricultural Economic*.

United Nations (1992) Social Accounting Matrices; *Revised System of National Accounts*, cap. XX, mimeo.

Yamada, Hiroyuki and Takeo Ihara (1969) Input-Output Analysis of Interregional Repercussion; *Papers and Proceedings of the Third Far East Conference of the Regional Science Association*, 3–31.

CAPÍTULO 2

ESTRUCTURA ECONOMICA E HÍDRICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO

Introducción

La Cuenca del Valle de México (CVM) alberga el asentamiento poblacional más importante del territorio mexicano, conocido como Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Este espacio geográfico económico-ecológico, comprende el Distrito Federal (DF), 35 municipios del Estado de México, colindantes con la ciudad de México y uno de Hidalgo. A pesar que la fuerte demanda de agua en México la explica la agricultura, con alrededor del 70% de la utilización total, en la CVM es la de origen doméstico e industrial la que explica los serios problemas de sobreexplotación y contaminación y la sitúa en el primer lugar de complejidad.

La expansión demográfica y el crecimiento económico han sido elementos que han conducido al uso dispendioso del agua en la CVM, de tal forma que en la actualidad los propios recursos hídricos son insuficientes para satisfacer sus necesidades y ha debido recurrirse a la importación del recurso desde cuencas limítrofes (en particular el Sistema Lerma-Cutzamala). En contrapartida, la disposición de descargas de grandes volúmenes de agua residual a la cuenca de Tula, desde tiempo atrás, se ha convertido en una forma regular de desperdicio. De tal suerte, que el sistema de abastecimiento de recursos hídricos de primer uso y las descargas de agua residual se presentan en la actualidad como temas difíciles de abordar, sea desde el punto de vista técnico, económico-administrativo o bien, de gestión ambiental integral y de funcionalidad de la infraestructura de la ciudad de México. Las razones, se desarrollan y documentan adelante, en este mismo documento. Esos puntos críticos y otros también centrales, como la falta de un esquema de tarifas adecuadamente diseñado, resultado, a su vez, de una gestión deficiente, han configurado a la CVM como la más compleja del territorio nacional. Por otra parte, la naturaleza topográfica de la cuenca ha sido un ingrediente adicional que ha complicado el espectro de la cuenca, en vista de su carácter endorreico –cóncava en su forma y rodeada de una cadena montañosa sin salidas¹- sumada al perfil sociodemográfico que la sitúa entre los primeros cuarto asentamientos humanos más grandes del mundo y, por descontado, el primero de México –próximo a los 20 millones de habitantes en el año 2010, de acuerdo con los datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO)².

En este capítulo se examinan las principales características económicas e hídricas de la CVM, región de intensa actividad económica –la más importante de México desde el punto de vista regional-, que incluye la industria, el comercio, los servicios y un magro sector de producción agrícola. La información sobre los recursos hídricos, aunque incompleta y con deficiencias en su captación, existe con cobertura a nivel de cuenca, lo que permite una primera aproximación aceptable al objeto de investigación. Sin embargo, el carácter disperso e incompleto de los registros estadísticos existentes, ha sido la circunstancia que ha conducido al diseño y construcción de la Matriz Insumo-Producto (MIP) de la CVM y organizarla de forma adecuada para el análisis de la

¹ De ahí que numerosos estudios especializados de ingeniería y economía enfatizan los peligros de inundación inminente en la cuenca.

² En 2005 la cifra es de 19 millones 239 mil 910, con una tasa de crecimiento medio anual de 0.8 entre 2000-2005; *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, 2005* (CONAPO, 2005).

estructura económica. Las diferentes fuentes estadísticas municipales, estatales y nacionales (ver documento metodológico) han constituido el insumo para la elaboración de la MIP ampliada de la CVM 2003 (MIP-CVM-2003) y son el soporte material de la base de datos con que se describe la estructura económica de la región. En la segunda sección del capítulo, se acota la región investigada; en la tercera se describe la estructura económica de la CVM; en la cuarta se describe con cierto detalle la estructura hídrica y al final, se epiloga el capítulo.

2.1 Perfiles de la Cuenca del Valle de México

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), desde 1997 regionalizó el territorio en trece Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA)³, con el fin de mejorar la planeación hidráulica, la preservación de las aguas nacionales, así como para facilitar la aplicación de políticas de manejo del recurso con base en las cuencas hidrográficas. Cada RHA está regulada por entidades denominadas consejos de cuenca que son organismos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno y se supone deben concertar acciones con los usuarios del agua, de acuerdo a lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales, con el objeto de facilitar la conceptualización e implantación de políticas y programas hidráulicos⁴.

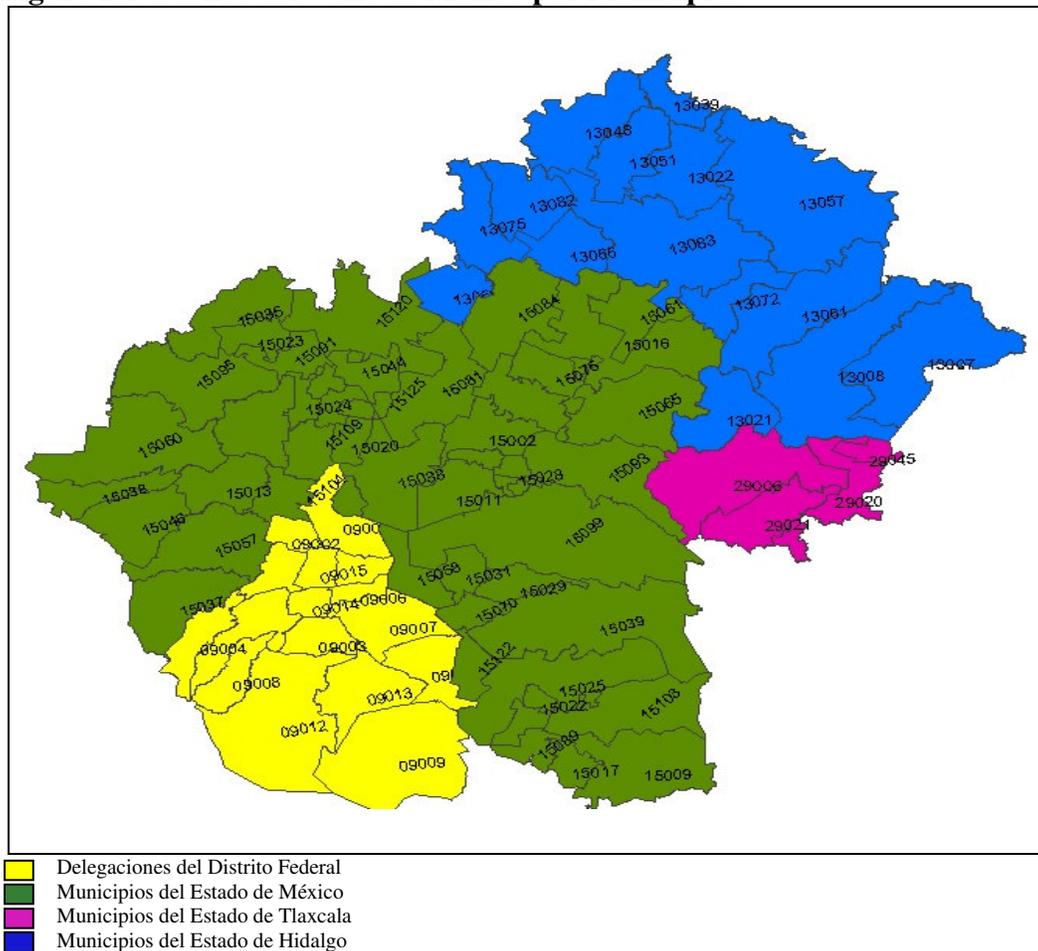
En adición a ese marco regional, el Programa Nacional Hidráulico (PNH) y la CONAGUA, con el objeto (declarado) de “superar las desigualdades entre regiones”, han establecido un sistema de planeación para el desarrollo regional y un nuevo marco de relaciones intergubernamentales. En este horizonte de intenciones, la CONAGUA procedió a delimitar cinco mesorregiones, con base en criterios económicos, políticos, sociales y administrativos⁵. La mesoregión Centro ha incluido en su totalidad a la región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala; una porción de las regiones IV, Balsas; IX, Golfo Norte; X, Golfo Centro y una pequeña porción de la región VIII, Lerma-Santiago-Pacífico. Las mesorregiones se han subdividido a su vez en unidades regionales configuradas por una o más cuencas que pueden comprender incluso porciones de diferentes estados. La RHA XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, a su vez, se ha subdividido con fines de planeación en dos subregiones: Valle de México y Tula. La subregión Valle de México es la más significativa, la integran 69 municipios (50 del estado de México, 15 de Hidalgo y cuatro de Tlaxcala) y las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal (Figura 2.1) (*Compendio Básico del agua, 2004*; Gerencia Regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala; CONAGUA, 2004).

³ Las regiones hidrológico-administrativas están conformadas por municipios completos que en su mayor proporción se sitúan en las cuencas que las conforman. En mayo de 1998, se publicaron en el Diario Oficial de la Federación (DOF) los municipios que conforman cada una de las 13 regiones hidrológico-administrativas y en octubre de 2000 se publicaron en el DOF algunos ajustes a esa regionalización (Programa Nacional Hidráulico, 2001-2006).

⁴ Programa Nacional Hidráulico (PNH), 2001-2006.

⁵ El territorio ha sido agrupado en términos geográficos en las siguientes mesorregiones: Sur-Sureste, Centro Occidente, Centro Noreste y Noroeste.

Figura 2.1 Cuenca del Valle de México por Municipios



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2005

La subregión Valle de México comprende una superficie total de 9 mil 738 km². Como se observa en la figura 2.1 el Distrito Federal está completamente comprendido en la subregión y menos del 40% de la superficie total de los tres estados que se traslapan forman parte de la cuenca. El Estado de México es el que detenta la superficie territorial de mayor amplitud en la subregión, seguido de Hidalgo, la ciudad de México y Tlaxcala.

2.1.1. Criterios político-administrativos vs naturales- geográficos en la delimitación de la CVM

El manejo de las aguas superficiales del área geográfica que contempla la subregión Valle de México, difiere ligeramente con respecto a la delimitación administrativa (subregiones de planeación), debido a que las cuencas hidrográficas siguen una configuración natural, mientras las fronteras político-administrativos corresponden a los municipios.

La CONAGUA ha desarrollado un examen detallado para identificar las principales características de las cuencas hidrológicas del país. En la definición de las regiones con base en cuencas hidrológicas, ha considerado las corrientes naturales y el curso de los escurrimientos que permiten generar y organizar la información del ciclo hidrológico de la región y, al mismo tiempo, la delimitación

municipal permite que los usuarios realicen gestiones en materia de agua en un solo sitio (SEMARNAT, 2005).

En la figura 2.2, la línea gruesa muestra el “parteaguas”⁶ que define la cuenca que, como se observa, atraviesa municipios que se dividen, una parte dentro de la cuenca y otra fuera de ella. La delimitación de carácter administrativo considera 85 municipios completos (incluyendo las 16 delegaciones del DF), correspondientes a tres entidades federativas; además del DF, los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala. La delimitación geográfica en cambio, incluye 11 municipios más, añadidos a los 85 antes señalados y que corresponden al DF, los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y un municipio del estado de Puebla (Anexo I). En suma, la delimitación geográfica incluye once municipios más con respecto a la división de orden administrativo y comprende cuatro entidades federativas de la demarcación administrativa: el DF, los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla.

Figura 2.2 Subcuencas del Valle de México



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2009.

La Figura 2.2, muestra que desde el punto de vista hidrológico, la Cuenca del Valle de México está dividida en siete subcuencas cuya superficie total es de 9 mil 698 km²; además, se puede observar

⁶ La noción ha sido introducida en la jerga especializada por la CONAGUA.

que la delimitación hidrológica difiere de la demarcación administrativa. En el siguiente cuadro se describen las características de cada una de las subcuencas (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Subcuencas que integran la cuenca del Valle de México

Subcuenca hidrográfica		Superficie (km ²)	Principales corrientes	Almacenamientos
1	Xochimilco	508.2	Ríos San Gregorio, San Lucas, Santiago y San Buenaventura	Lagos de Xochimilco–Tláhuac – Mixquic
2	Río de la Compañía	1 167.2	Ríos de la Compañía, San Francisco, San Rafael y Amecameca	-----
3	Texcoco	1 398.5	Ríos San Juan Teotihuacan, Papalotla, Texcoco, Chapingo, San Bernardino y Coatepec	Lago Nabor Carrillo y Lago Churubusco
4	Río de las Avenidas de Pachuca	2 646.9	Ríos de las Avenidas de Pachuca, Tízar y Calpulalpan	-----
5	Ciudad de México	1 816.3	Ríos de la Magdalena, Becerra, Tacubaya, Barranca del Muerto, Mixcoac, San Javier, Hondo y de los Remedios	Laguna de Zumpango y Vaso de Cristo
6	Río Cuautitlán	832.8	Río Cuautitlán y Tepetzotlán	La Concepción, Lago de Guadalupe e Iturbide
7	Tochac-Tecocomulco	1 328.0	Arroyos Atocha, Malayerba, Tepozán y Cuatlaco	Laguna de Tecocomulco
Superficie total de la CVM		9 697.9		

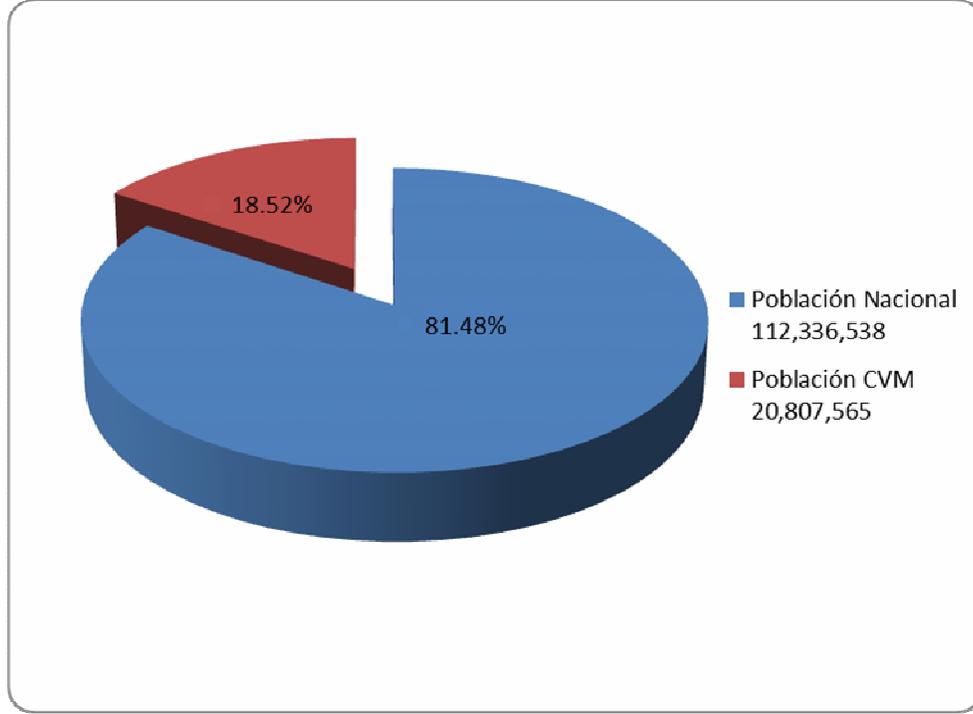
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2009.

El presente estudio se basa en la delimitación municipal que en la perspectiva administrativa la CONAGUA considera, con el fin de definir la subregión del Valle de México. La superficie que corresponde a la administración que se examina, incluye 9 mil 738 km², mientras que la superficie con carácter geográfico considerada es de 9 mil 697.9 km², que significa una diferencia en cuanto a superficie territorial, de 40 km².

2.1.2 Asentamientos humanos en la CVM por municipio y entidad federativa.

La población asentada en la CVM alcanzó los 20 millones 807 mil 565 habitantes en el año 2010, y constituye la región más poblada del país puesto que representa el 18.52% del total nacional (Figura 2.3).

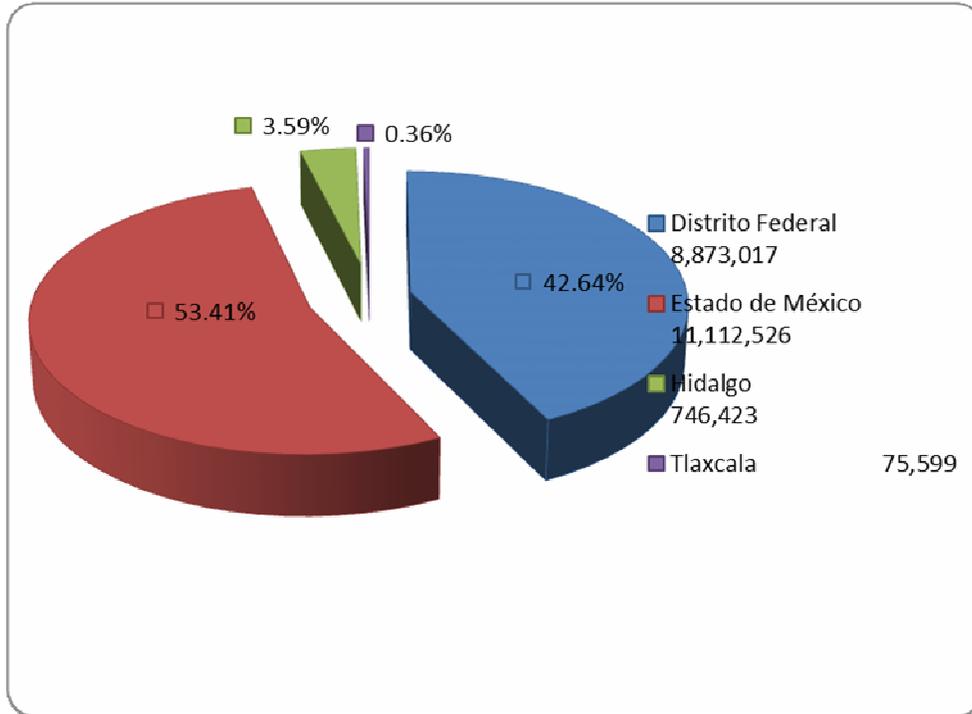
Figura 2.3. Distribución de la Población en la cuenca del Valle de México



Fuente: Elaboración propia con base en II Censo de Población de Vivienda 2005, INEGI.

La población de la CVM se concentra en dos lugares: más de la mitad se asienta en el Estado de México, seguido de cerca por México DF, con más de las dos quintas partes del total. El estado de Hidalgo concentra sólo el 3.59% y el estado de Tlaxcala comprende una cantidad marginal menor a medio punto porcentual (0.36%, Figura 2.4).

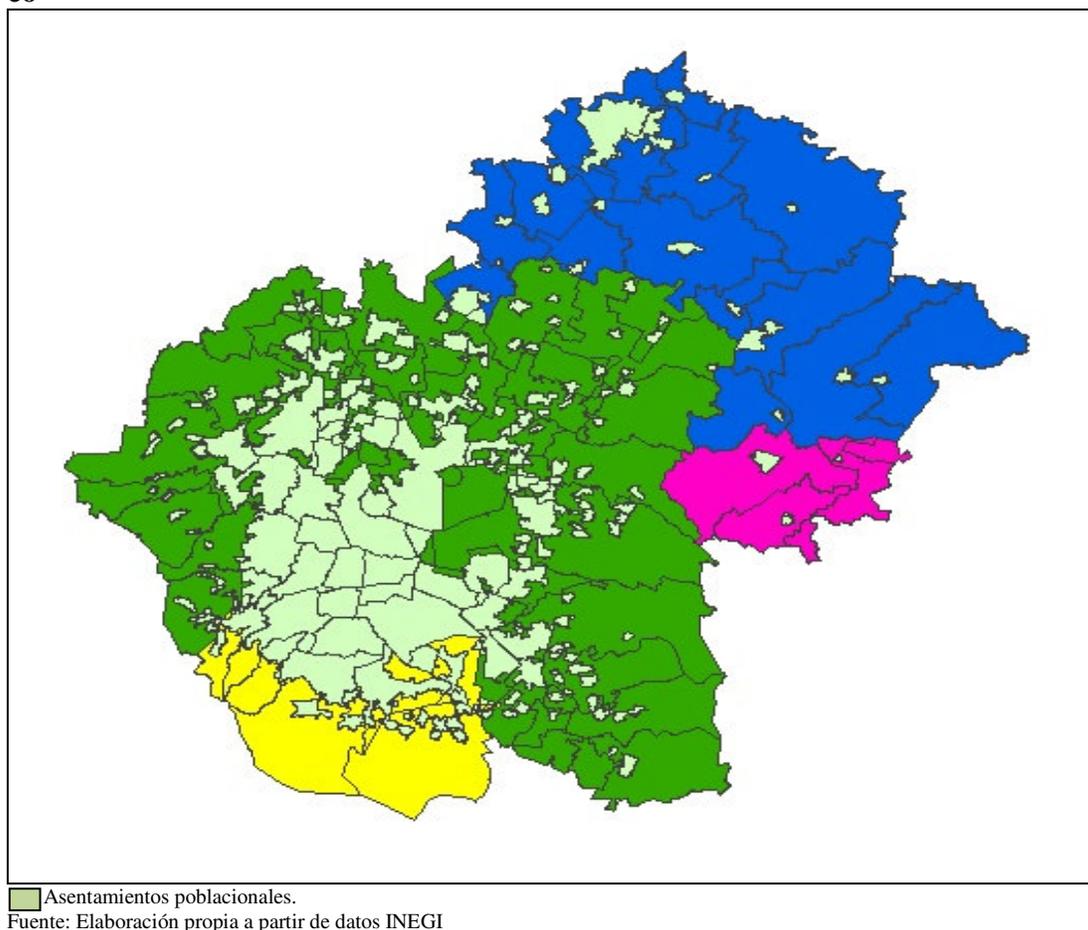
Figura 2.4. Participación porcentual por estado de la población en la CVM



Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.

La Figura 2.5 ubica en la CVM la distribución poblacional que distingue a la región como la más poblada del país a nivel municipal y por ciudades.

Figura 2.5. Distribución de la población en la Cuenca del Valle de México



En la Figura 2.5, destacado en verde claro, se indica la ubicación geográfica de los asentamientos poblacionales; la mancha más grande se le conoce como Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y abarca fundamentalmente las 16 delegaciones del DF, municipios del Estado de México, y de Hidalgo como se ha referido arriba. Asimismo, aparecen otros centros poblacionales urbanos importantes como Pachuca de Soto -las manchas verdes de menor tamaño y distribuidas de forma dispersa en la cuenca corresponden a municipios aislados. En suma, en la cuenca existen actividades propias de áreas urbanas y rurales que deben destacarse en la descripción de la región. La distribución de la población en la cuenca es importante en este examen, en vista que el modelo de multiplicadores contables, explora la actividad económica desarrollada en la cuenca, así como las interrelaciones que se establecen con el exterior y con las variables exógenas relacionadas con la demanda final en la MIP.

2.1.3 La CVM y la ZMVM

La población de la ZMVM explica más del noventa por ciento de la población de la CVM que para 2010 contaba con 20 millones 807 mil 565 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de 1.5% entre 1995-2000 (véase Tabla 2.2), mostrando un crecimiento firme desde la década de los años noventa. En retrospectiva, en 1990, la población representó 15 millones, 939

mil 758 habitantes; para el año 2000 registra una cifra de 18 millones 749 mil 495, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 2.2 Población en la Cuenca del Valle de México 1990-2010*

Zona	Población 1990	Población 2000	Población 2010
Distrito Federal	8,235,744	8,605,239	8,873,017
Estado de México	7,225,426	9,528,668	11,112,526
Hidalgo	426,847	552,148	746,423
Tlaxcala	51,741	63,440	75,599
Total	15,939,758	18,749,495	20,807,565

* Incluye las 16 delegaciones del Distrito Federal, 50 municipios del Estado de México, 15 municipios de Hidalgo y 4 municipios del Estado de Tlaxcala. En el 2010 se incluye el municipio de Tonanitla, Estado de México.

Fuente: Elaboración propia con base en el XI, XII y XIII Censo General de Población y Vivienda, INEGI, 1990, 2000 y 2010 respectivamente.

Es relevante el hecho que para el año 2010, la población del Estado de México se convierta en la más numerosa de la región, seguida por la del Distrito federal y, de lejos, el estado de Hidalgo y al final la población de Tlaxcala. De acuerdo con la importancia de la participación económica de cada estado, se sugiere que la demanda de agua de uso público urbano (denominada también agua municipal) en la CVM se explica abrumadoramente por la ZMVM; la población asentada fuera esta área, representa la demanda de agua definida en gran parte por su utilización en la agricultura.

2.2 Estructura económica de la CVM

Este apartado analiza la estructura económica de la CVM delimitada geográficamente en la sección previa, examina las interrelaciones entre las actividades de la región, así como sus vínculos con el exterior (a la CVM). La plataforma de análisis es la MIP-CVM-2003, diseñada *ad hoc* para esta investigación.

2.2.1 Matriz Insumo-Producto

Con base en la información estadística regional de las firmas, los hogares y las instituciones de la CVM para el año 2003, se han cuantificado los flujos económicos básicos registrados en los intercambios entre ellos y se ha organizado para formar la MIP-CVM para ese año de referencia. En esa perspectiva, la MIP constituye una base de datos organizada adecuadamente para la evaluación de proyectos y de políticas públicas en materia económica, en vista que representa el punto de partida y el marco de referencia que combina los hechos económicos con la teoría. Desde el punto de vista empírico, refleja y actualiza las relaciones formales que llevan a cabo los diversos sectores y agentes económicos que intervienen en todas las fases del flujo circular económico (producción, distribución e intercambio de bienes y servicios), proporcionando los registros que sirven como plataforma para la modificación de los años base de los cálculos desarrollados. El objetivo, en esta perspectiva, es la generación de datos estadísticos derivados de los flujos económicos intersectoriales, en función de los niveles de producción de cada sector, para un año determinado.

La Tabla 2.3 presenta una versión sintética de la MIP-CVM-2003 CON nivel de agregación de 8 sectores. En ella se puede observar que una matriz es un registro contable con una estructura de

doble entrada; en las primeras ocho filas y columnas que corresponden a las actividades económicas ubicadas en la CVM, es notable que tienen la misma nomenclatura descriptiva de actividades; esta región es la parte más importante de la matriz porque capta las relaciones intersectoriales que se registran en el desempeño de sus actividades económicas y es lo que confiere contenido a su concepto como insumo-producto. Fuera de esta región, se captan los flujos económicos entre las actividades económicas y las instituciones, de las filas y columnas correspondientes; en las últimas filas y columnas se registran los vectores económicos agregados, como el valor bruto de la producción y el producto interno bruto (PIB), entre otros, obtenidos durante el año 2003.

Tabla 2.3 Matriz Simétrica Total de Insumo Producto por sector de actividad, CVM, miles de pesos, a precios básicos 2003

SECTOR	Sector 11 Agricultura + Sector 21 Minería	Subsector Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	Subsector Agua por ductos al consumidor final	Sector 23 Construcción	Sector 31-33 Industrias manufactureras	Sector 43-46 Comercio al por mayor y al por menor	Sector 48-49 Transportes, correos y almacenamiento	Sectores Servicios (51-93)	Demanda Intermedia	Demanda Final	Valor bruto de la producción
Sector 11 Agricultura + Sector 21 Minería	1,612,554	306,769	9	2,286,557	101,216,973	0	1,260	84,868	105,508,990	-92,023,152	13,652,017
Subsector Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	240,402	2,400,171	452,603	317,516	9,426,765	4,417,893	700,459	10,642,722	28,598,532	-11,975,765	16,622,767
Subsector Agua por ductos al consumidor final	15,979	1,755	19,331	184,815	1,450,027	11,301	366,293	1,767,452	3,816,953	749,141	4,566,094
Sector 23 Construcción	50,402	36,792	20,490	10,832,625	1,248,790	151,513	305,997	2,692,268	15,338,878	138,053,251	153,392,129
Sector 31-33 Industrias manufactureras	2,079,061	4,476,841	353,404	39,286,923	286,314,464	33,379,146	29,927,500	85,220,133	481,037,472	230,142,157	813,223,492
Sector 43-46 Comercio al por mayor y al por menor	748,929	1,496,240	118,172	9,970,675	60,565,515	8,525,155	8,510,152	22,695,587	112,630,426	320,748,978	433,379,404
Sector 48-49 Transportes, correos y almacenamiento	289,458	708,583	64,172	3,626,435	23,095,993	3,828,851	7,891,791	17,169,552	56,674,834	131,415,590	193,837,821
Sectores Servicios (51-93)	971,092	1,089,012	492,039	10,994,321	58,089,232	60,591,929	25,531,803	229,526,175	387,285,604	1,002,371,603	1,403,320,570
Usos de la ET de origen nacional e importado	6,007,876	10,516,164	1,520,222	77,499,867	541,407,759	110,905,789	73,235,255	369,798,756	1,190,891,688	1,719,481,803	3,031,994,293
Impuestos sobre bienes y servicios	50,550	255,455	11,564	582,334	2,721,214	321,149	3,335,851	1,991,046	9,269,164	376,350,568	385,619,732
Subsidios a bienes y servicios	7,822	76,557	14,605	13,164	450,977	166,711	26,955	502,993	1,259,784	20,093,536	21,353,320
Impuestos sobre bienes y servicios netos de subsidios	42,728	178,898	-3,041	569,170	2,270,237	154,438	3,308,897	1,488,053	8,009,380	356,257,032	364,266,412
Total de usos de origen nacional e importado a precios de comprador	6,050,604	10,695,062	1,517,181	78,069,036	543,677,997	111,060,227	76,544,152	371,286,809	1,198,901,069	1,839,162,855	3,038,063,924
Valor Agregado Bruto Economía Total	7,601,412	5,927,705	3,048,913	75,323,092	269,545,495	322,319,177	117,293,669	1,032,033,761	1,833,093,225		
Producción de la Economía Total a precios básicos	13,652,017	16,622,767	4,566,094	153,392,129	813,223,492	433,379,404	193,837,821	1,403,320,570	3,031,994,293		
Producto Interno Bruto de la Economía Total	7,644,140	6,106,603	3,045,873	75,892,262	271,815,733	322,473,615	120,602,566	1,033,521,813	1,841,102,605	356,257,032	2,197,359,637

Fuente: Versión sintética de la MIP-CVM-2003.

En vista que la MIP es una representación completa de la estructura económica de la región objeto de estudio, el análisis de este apartado tiene como base esa fuente. La información básica utilizada en el modelo insumo-producto (IP) de Leontief, corresponde a los flujos de productos de cada sector industrial, considerado como un productor, destinados a los otros sectores (incluido él

mismo), considerados como consumidores. La información básica, desde la que se desarrolla el modelo IP, está contenida en una tabla de transacciones interindustriales. Los vectores fila de la tabla describen la distribución del producto de un productor hacia toda la economía. Los vectores columna, describen la composición de los insumos requeridos (demandados) por una industria particular para producir un producto determinado (Miller y Blair, 2009).

La matriz original cuenta con 79 subsectores y es la base para la elaboración del modelo, aunque para efectos de presentación en este capítulo, la MIP se agregó a nivel de 8 sectores, tal y como se presenta en la Tabla 2.3, en la que se registra que el valor de la producción (VBP) de la CVM explica un monto equivalente a 3 billones 31 mil 994 millones, 293 mil pesos ajustados a precios base 2003. En las siguientes secciones se analizan las variables más importantes.

2.2.2. Actividades económicas y VBP

Con base en la MIP-CVM-2003, se han seleccionado los valores de la última columna para formar la Tabla 2.4 en que se registra el valor de la producción de la CVM que es de 3 billones 31 mil 994 millones de pesos, valorados con precios básicos del año 2003. De acuerdo con la definición del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), el precio básico se define como “la valoración de la producción [que] se realiza a precios básicos, implica que los bienes y servicios están valorados en el establecimiento productor, previo a que sea cargado o abonado cualquier impuesto menos subsidio sobre los bienes y servicios, así como sin cargo alguno de transporte y comercio”. Así que el VBP se obtiene de la agregación del producto de los 8 sectores considerados en esta versión de la MIP. El monto obtenido es muy importante puesto que representa un porcentaje significativo (24.4%) en la producción total del país y muestra la importancia de la región en el conjunto de la estructura económica.

El sector Agricultura y Minería incluye actividades de carácter primario (básicamente actividades ligadas a la tierra), mientras que las seis restantes son actividades secundarias. Las actividades primarias alcanzan un valor de la producción de 13 mil 652 millones de pesos (a precios básicos del 2003), incluye subsectores como agricultura, ganadería (sólo acuicultura animal), aprovechamiento forestal, pesca, caza y captura (sólo pesca) y finalmente servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales, mientras que en el sector minería se ubican subsectores como: extracción de petróleo y gas, minería de minerales metálicos y no metálicos (excepto petróleo y gas) y servicios relacionados con él.

Los sectores clasificados como secundarios son electricidad, agua distribuida a través de la red secundaria a los consumidores finales (sector abierto a nivel subsector), construcción, industrias manufactureras, comercio al por mayor y al menudeo, trasportes, correos y almacenamiento y finalmente el sector servicios. Estas actividades explican un valor de producción en conjunto de 3 billones 16 mil millones de pesos.

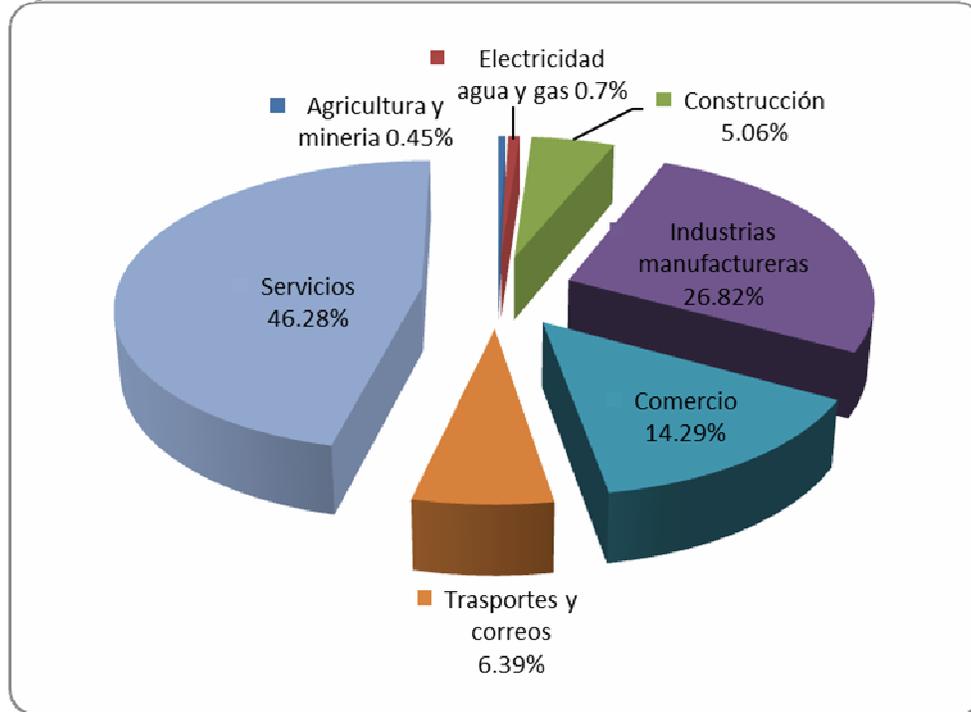
Tabla 2.4 Actividades económicas en la CVM y Valor Bruto de la Producción

SECTOR	VBP (millones de pesos)	%
Agricultura y minería	13,652.00	0.45
Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	21,188.8	0.70
Construcción	153,392.1	5.06
Industrias manufactureras	813,223.4	26.82
Comercio al por mayor y menor	433,379.4	14.29
Transportes, correos y almacenamiento	193,837.8	6.39
Servicios	1,403,320.57	46.28
Total	3,031,994.2	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en MIP-CVM-2003.

La participación de cada gran sector de actividad en el valor de la producción de la CVM se describe en la Figura 2.6, el VBP de los siete grandes sectores referidos se desdobra de la siguiente manera: el 46.2 % corresponde a los servicios, el 26.8 % a las actividades manufactureras, el 14.2 % al comercio; 6.3% al transporte; 5 % a construcción; el sector electricidad, agua y gas es algo más de medio punto porcentual, mientras la agricultura solo explica menos de medio punto porcentual.

Figura 2.6 Estructura sectorial del VBP en la CVM 2003



Fuente: Elaboración propia con base en MIP-CVM-2003

En la Tabla 2.5, se describe por columna la composición técnica de la producción de cada uno de los siete grandes sectores de actividad económica y da cuenta de la estructura tecnológica de los sectores. Sin embargo, aquella debe considerarse como una descripción muy agregada y en esa condición no capta detalles que podrían interesar a un análisis no estático. La composición técnica de la actividad manufacturera indica que para producir un peso de valor de producto se requiere de 66.5 centavos de gasto en insumos nacionales e importados y 33.0 centavos en trabajo y depreciación de equipo para la producción (parte alícuota del valor agregado bruto); el monto de impuestos por peso producido es menor a un centavo. Del total de gasto en insumos, prácticamente la mitad derivan de la misma actividad manufacturera y en segundo lugar de la agricultura.

Tabla 2.5 Composición técnica de los sectores de la Cuenca del Valle de México, 2003

SECTOR	Sector 11 Agricultura + Sector 21 Minería	Subsector Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	Subsector Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	Sector 23 Construcción	Sector 31-33 Industrias manufactureras	Sector 43-46 Comercio al por mayor y al por menor	Sector 48-49 Transportes, correos y almacenamiento	Sectores Servicios (51-93)
Sector 11 Agricultura + Sector 21 Minería	11.81	1.85	0	1.49	12.45	0	0	0.01
Subsector Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	1.76	14.44	9.91	0.21	1.16	1.02	0.36	0.76
Subsector Agua y suministro por ductos al consumidor final	0.12	0.01	0.42	0.12	0.18	0	0.19	0.13
Sector 23 Construcción	0.37	0.22	0.45	7.06	0.15	0.03	0.16	0.19
Sector 31-33 Industrias manufactureras	15.23	26.93	7.74	25.61	35.21	7.7	15.44	6.07
Sector 43-46 Comercio al por mayor y al por menor	5.49	9.0	2.59	6.5	7.45	1.97	4.39	1.62
Sector 48-49 Transportes, correos y almacenamiento	2.12	4.26	1.41	2.36	2.84	0.88	4.07	1.22
Sectores Servicios (51-93)	7.11	6.55	10.78	7.17	7.14	13.98	13.17	16.36
Usos de la ET de origen nacional e importado	44.01	63.26	33.29	50.52	66.58	25.59	37.78	26.35
Impuestos sobre bienes y servicios netos de subsidios	0.31	1.08	-0.07	0.37	0.28	0.04	1.71	0.11
Valor Agregado Bruto Economía Total	55.68	35.66	66.77	49.1	33.15	74.37	60.51	73.54
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en MIP-CVM-2003

El sector servicios, que explica el mayor porcentaje en el producto de la CVM, indica que para producir un peso del VBP en ese sector, se gasta en remuneraciones, desgaste de equipo y de instalaciones 73 centavos (valor agregado), mientras que los insumos requeridos implican 26 centavos, la mayoría de ellos vendidos por la misma actividad de servicios, seguida por los insumos del sector manufacturero.

Otro sector importante es la actividad comercial, que de acuerdo a la composición técnica de la producción, para producir un peso de valor del producto requiere de 25.5 centavos de gasto en insumos nacionales e importados, y 74.3 centavos en trabajo y depreciación del equipo requerido (valor agregado), mientras el monto de impuestos por peso generado es de casi 3 centavos. En consecuencia, la magnitud total de gasto en insumos deriva en primer lugar del sector servicios y en segundo del sector manufacturero.

En el sector transportes, correos y almacenamiento, los registros muestran que para la generación de un peso de valor de producción, se requiere de un gasto importante en remuneraciones, desgaste

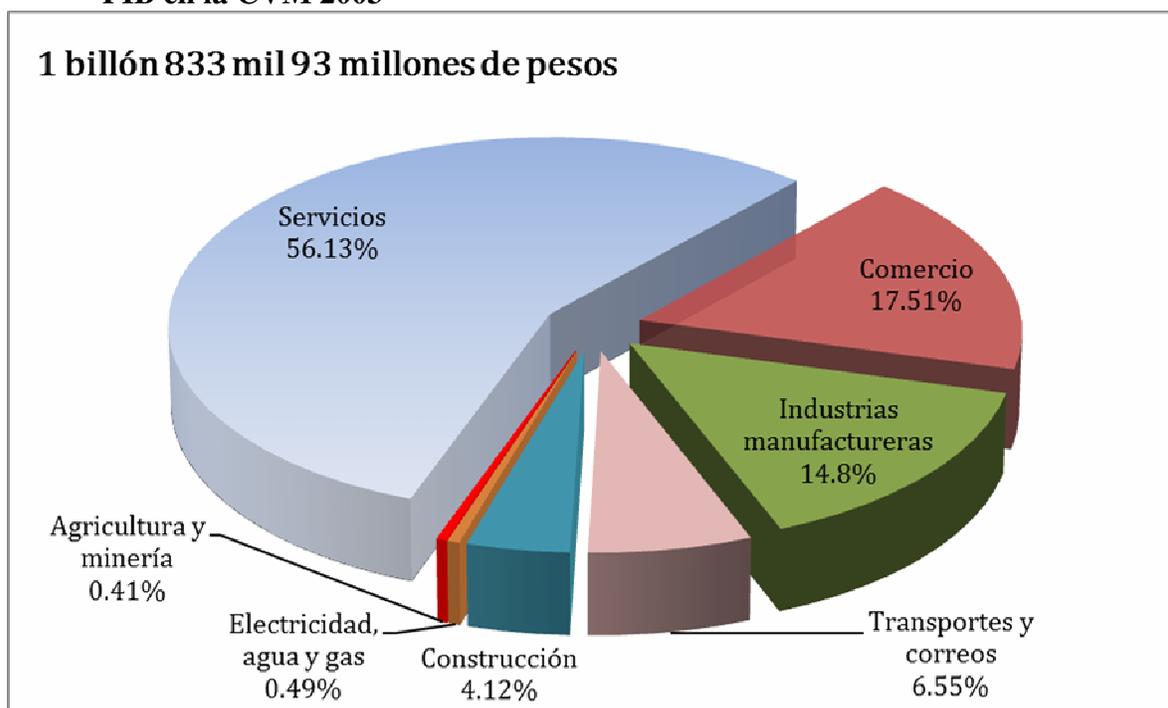
de equipo y en instalaciones (60.50 en valor agregado), mientras los insumos requeridos implican 37.7 centavos, la mayoría de ellos provienen del sector manufacturero y el sector servicios.

En el caso particular del sector agua en la CVM, registra que la producción de un peso de ese bien implica 33.2 centavos de gasto en la suma de insumos nacionales e importados y 66.7 centavos en remuneraciones al trabajo y en la depreciación del equipo requerido (valor agregado bruto); respecto al pago de impuestos por unidad monetaria producida muestra un valor negativo de 7 centavos que traduce el subsidio al consumo, en vista de la existencia de un “monopolio natural” de propiedad estatal. Como es usual en este estudio, del total de gastos en insumos, la mitad provienen del sector servicios y el resto del manufacturero.

2.2.3 Producto Interno Bruto

Las actividades económicas generadoras del PIB en la CVM se muestran en la Figura 2.7, en donde se observa que las actividades en conjunto alcanzan un valor agregado de 1 billón 833 mil 93 millones de pesos que representa el 25.4% del PIB nacional (de los que 56.1% explican la actividad servicios; el 17.5 % el comercio; el 14.8 % las industrias manufactureras; 6.5 % el transporte; 4.1% la construcción; el sector electricidad, agua y gas 0.5, mientras que la agricultura y la minería registran menos de medio punto porcentual.

Figura 2.7 Participación de los sectores económicos en la generación del PIB en la CVM 2003



Fuente: Elaboración propia con base en MIP-CVM-2003.

Como se observa en la Figura 2.7 el sector servicios es el que genera algo más de la mitad del PIB de la CVM, mientras el sector agrícola y minero aportan menos de medio punto porcentual, características que sugieren que la CVM ha adquirido el perfil de un espacio urbano con un centro globalizado (la ciudad de México), con cierta tendencia a desindustrializarse al paso del crecimen-

to de los servicios especializados al productor –servicios financieros de todo tipo, preponderancia de servicios basados en tecnologías de la información y comunicación para usuarios individuales y para las sedes de firmas nacionales y globales⁷.

2.2.4 Multiplicadores de producción y la MIP-CVM-2003

Los multiplicadores de producción estimados con base en el MMC, muestran que todos los sectores ubicados en la CVM tienen impactos importantes y diferenciados en el conjunto de la economía. Los multiplicadores de producción muestran la capacidad que tiene la aplicación de un peso, introducido directamente en la demanda final de un sector definido, para generar más producción en la economía en su conjunto. Los multiplicadores de cada uno de los 8 sectores presentes en la CVM, se registran en la Tabla 2.6. Por ejemplo, para el sector construcción el multiplicador es de 1.7747 e indica que por cada unidad monetaria que se genere directamente en el sector de la construcción se produce indirectamente 0.7747 en toda la economía. El sector que potencialmente imprime mayor dinamismo a la CVM hacia el resto de la economía es la industria manufacturera, que muestra un valor de 1.8954; esto es, por cada peso generado directamente en el sector, se produce indirectamente 0.8954 en el resto de la economía. Todos los multiplicadores de las diversas actividades de la cuenca, registran valores positivos y mayores a la unidad e indican que los sectores que tienen mayor impacto son la industria de la construcción con 1.7747; las industrias manufactureras, con 1.8954; transportes, correo y almacenamiento suman 1.8609 y los servicios con 1.5928.

Tabla 2.6 Multiplicadores de producción por gran sector de actividad

SECTOR	Multiplicador de producción
Agricultura y minería	1.3548
Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	1.4987
Construcción	1.7747
Industrias manufactureras	1.8954
Comercio al por mayor y menor	1.3772
Transportes, correo y almacenamiento	1.8609
Servicios	1.5928

En contraste con el comportamiento descrito lo constituye el sector de la agricultura y la minería, puesto que por cada peso generado directamente en el sector, se crean sólo 0.3548 indirectamente en la economía. Esta situación es notable y clara puesto que existe una alta concentración de la

⁷ Fujita, Krugman y Venables (2001) han sugerido que ha habido un notable descuido de la profesión al prestar poca atención a la localización de la actividad económica, la elección para producir y consumir que hacen las firmas y los hogares y sobre cómo aquellas elecciones interactúan. Desde luego, esa perspectiva rebasa el marco del presente trabajo pero vale la pena considerarlo en su profundización y avance ulterior; los autores mencionados y los modelos de von Thünen (1826) son un apoyo indudable en la caracterización de la CVM.

actividad industrial y de base urbana en la región del centro de México. Por otra parte, el sector agrícola y minero presentan un bajo dinamismo debido a que estas actividades tienen un peso marginal en la región de la CVM. La Tabla 2.7 presenta los multiplicadores de producción a nivel de subsector y son los que operan en el MMC.

Tabla 2.7 Multiplicadores de producción a nivel de 79 sectores

No.	SUBSECTOR	Multiplicador de producción
111	Agricultura	1.1128
112	Ganadería	1.6126
113	Aprovechamiento forestal	1.1626
114	Pesca, caza y captura	1.3548
115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	1.3525
211	Extracción de petróleo gas	1.0000
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	1.3588
213	Servicios relacionados con la minería	1.8842
221	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	1.5849
222	Agua por ductos al consumidor final	1.4125
236	Edificación	1.8009
237	Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	1.9116
238	Trabajos especializados para la construcción	1.6117
311	Industria alimentaria	1.7330
312	Industria de las bebidas y del tabaco	2.1409
313	Fabricación de insumos textiles	1.8147
314	Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	1.6593
315	Fabricación de prendas de vestir	1.5574
316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	1.4583
321	Industria de la madera	1.6614
322	Industria del papel	2.7581
323	Impresión e industrias conexas	2.9555
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	1.2202
325	Industria química	1.8552

326	Industria del plástico y del hule	2.5424
327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1.5625
331	Industrias metálicas básicas	1.8936

No.	SUBSECTOR	Multiplicador de producción
332	Fabricación de productos metálicos	2.1216
333	Fabricación de maquinaria y equipo	1.8675
334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	1.6054
335	Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	2.0846
336	Fabricación de equipo de transporte	1.8792
337	Fabricación de muebles y productos relacionados	1.7278
339	Otras industrias manufactureras	1.7055
434	Comercio	1.3772
481	Transporte aéreo	2.4224
482	Transporte por ferrocarril	1.8954
483	Transporte por agua	2.2787
484	Autotransporte de carga	1.3182
485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	1.3232
486	Transporte por ductos	1.4208
487	Transporte turístico	1.8241
488	Servicios relacionados con el transporte	1.3749
491	Servicios postales	1.2654
492	Servicios de mensajería y paquetería	2.1507
493	Servicios de almacenamiento	3.1966
511	Edición de publicaciones y de software, excepto a través de Internet	1.341
512	Industria fílmica y del video, e industria del sonido	2.0524
515	Radio y televisión, excepto a través de Internet	1.7053
516	Creación y difusión de contenido exclusivamente a través de Internet	1.0407
517	Otras telecomunicaciones	1.8777

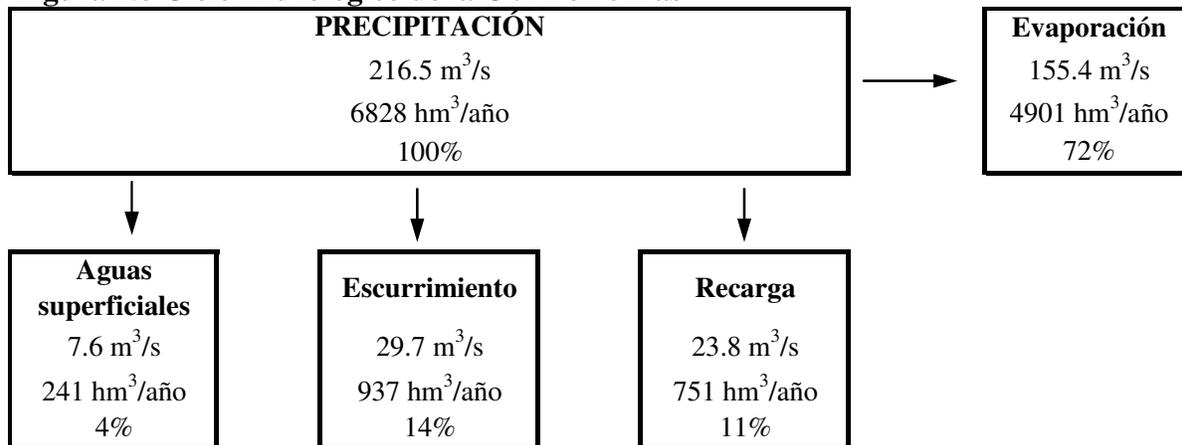
518	Proveedores de acceso a Internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información	1.9531
519	Otros servicios de información	2.19
521	Banca central	1.2533
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	1.6183
523	Actividades bursátiles cambiarias y de inversión financiera	2.0011

No.	SUBSECTOR	Multiplicador de producción
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	3.8888
531	Servicios inmobiliarios	1.1126
532	Servicios de alquiler de bienes muebles	1.3486
533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	1.0395
541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	1.4989
551	Dirección de corporativos y empresas	2.1337
561	Servicios de apoyo a los negocios	1.3579
562	Manejo de desechos y servicios de remediación	1.8592
611	Servicios educativos	1.1449
621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	1.2967
622	Hospitales	1.4109
623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	1.4124
624	Otros servicios de asistencia social	1.6364
711	Servicios artísticos y deportivos y otros servicios relacionados	1.2202
712	Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares	1.3987
713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	2.039
721	Servicios de alojamiento temporal	1.4684
722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	1.3853
811	Servicios de reparación y mantenimiento	1.4495
812	Servicios personales	1.2542
813	Asociaciones y organizaciones	1.7757
814	Hogares con empleados domésticos	1.0000

2.3 Estructura Hídrica de la CVM

Para tener una mejor noción de la CVM y el conjunto de problemas que subyacen a una gestión integral de los recursos hídricos, debe comenzarse por asentar algunos datos básicos físicos y naturales de la región. En esa perspectiva, interesa comenzar por el ciclo hidrológico del agua en la CVM que en el año 2003 registraba los siguientes volúmenes de agua: 6 mil 828 hm³ en forma de precipitación, de los cuales 4 mil 901 hm³ (casi las tres cuartas partes) se evaporan; la otra cuarta parte (1 mil 928 hm³) se distribuye entre los cuerpos de agua superficiales (241 hm³), los cuerpos de agua subterráneos que representa una recarga de 751 hm³ y 937 hm³ como se contabilizan en los escurrimientos (Figura 2.8).

Figura 2.8 Ciclo Hidrológico de la CVM en cifras



Nota: Las diferencias en los totales se deben al redondeo de cifras.

Fuente: Estadísticas del Agua 2005, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala. Región XIII. Secretaría de Medio Ambiente, Comisión Nacional de Agua. Edición 2005; Compendio Básico del Agua 2004, Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

Para mejor dimensionar la situación crítica de la cuenca, debe considerarse que el agua para consumo humano es una función de la disponibilidad natural específica de cada localidad, región o país. La disponibilidad natural media del agua se reconoce como susceptible de renovación; es decir, el cauce natural de la lluvia permite su recarga y, en condiciones de utilización normal, puede aumentar en los depósitos superficiales y subterráneos, permitiendo la recarga de los acuíferos.

En la CVM, la disponibilidad natural media alcanzó en el 2003, un volumen de 1 mil 688 hm³ y se integró con los volúmenes de escurrimiento superficial y con la recarga subterránea que en parte determina la precipitación media anual de 797 mm, como parte del ciclo hidrológico. Esa magnitud, constituye el agua renovable (que puede o no coincidir con los niveles de recarga) que proporciona de forma natural el ciclo hidrológico y constituye el potencial para abastecer la demanda de los usuarios de la región; en condiciones “normales”, el uso de este volumen puede permitir un uso sustentable (en el límite) del recurso, con la consideración de, que al menos, los

niveles de recarga deberán igualar a los de la oferta –de otro modo, no existirá sustentabilidad (Tabla 2.8)⁸.

Tabla 2.8 Disponibilidad natural media del agua en la CVM, 2004

Origen	m ³ /s	hm ³ /año
Escorrentamiento superficial virgen medio	29.7	937
Recarga subterránea	23.8	751
Disponibilidad natural media	53.5	1688

Fuente: Estadísticas del Agua 2005. *Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala. Región XIII*, Secretaría de Medio Ambiente, Comisión Nacional del Agua, 2005.

Según los criterios de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), las economías que pertenecen a ella así como otras regiones del mundo, experimentan en la actualidad diferentes gradientes de disponibilidad de agua para consumo humano denominado *estrés hídrico*, que depende de los usos a que el agua se destina y -de la forma en que el recurso se gestiona- que tienden a multiplicarse a medida que el ingreso per cápita aumenta⁹. En general, existe consenso entre los países miembros de la OCDE al definir los diferentes índices de estrés hídrico a partir de la razón que se establece entre la cantidad de agua retirada de los cuerpos superficiales y/o subterráneos y la disponibilidad natural total. Cuando el cociente que expresa esa razón es menor al 10%, el estrés hídrico es bajo; una razón en el rango entre 10% y 20% indica que la disponibilidad de los recursos hídricos está en proceso de transformarse en una restricción para el crecimiento y desarrollo económico y se vuelven necesarias inversiones significativas con el fin de proveer una oferta adecuada (el caso mexicano). Por último, cuando la razón está por encima del 20%, se considera que tanto la oferta como la demanda deberán gestionarse con criterios restrictivos y será necesario resolver conflictos entre usos alternativos y competidos (OECD, 2003).

2.3.1 Extracción total de agua en la CVM: demanda agregada y fuentes de suministro

El crecimiento urbano y poblacional en la ZMVM, desde la década de 1990, ha obligado a recurrir a fuentes externas de abastecimiento de agua, extraída y transportada desde cuencas limítrofes pero distantes (180 km en el caso de la ciudad de México), adicional a los recursos hídricos extraídos de los cuerpos subterráneos de la propia cuenca. Estas fuentes de abastecimiento, configuran el volumen de agua denominado extracción total cuyas características se describe en seguida.

La extracción total de agua (la suma que conforma la oferta total) en la CVM alcanzó los 2 mil 922 hm³ en promedio en el año 2003; las fuentes de suministro se presentan en la Tabla 2.9.

⁸ Esta forma de extracción para el aprovisionamiento de un recurso como el agua, que bajo ciertas circunstancias puede ser agotable, a través de al menos su restitución, seguiría la Regla de Hotteling (1931). Desde luego, este no es el lugar para desarrollar el modelo completo el cual se halla bien formulado en Dasgupta y Heal (1979). Sin embargo, el principio en que se sustenta considera que la tasa de utilización de un recurso deberá ser igual, al menos, a la tasa de restitución.

⁹ Guarda un comportamiento similar al que sigue la pendiente ascendente de una curva Kuznets que relaciona en los ejes niveles de ingresos con magnitudes de consumo.

Tabla 2.9 Extracción total promedio de agua en la CVM (2003)

Fuentes de suministro	hm ³ /año	%
Extracción en la Cuenca del Valle de México	1,943	67%
Importación total	622	21%
Reuso	359	12%
Extracción total	2,922	100%

Fuente: Compendio Básico del Agua 2004; Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

De acuerdo con la Tabla 2.9, la sola extracción de los cuerpos de agua en la Cuenca del Valle de México en 2003 fue de 1 mil 943 hm³ y representó el 67% del total, mientras el agua tratada proporcionó 359 hm³, que representó el 12% de la extracción total. En otros términos, cuatro quintas partes del agua de que dispone la CVM provienen de la extracción subterránea; el 21% (una quinta parte) del agua utilizada en la cuenca deriva de la importación del recurso que para 2004 había alcanzado un volumen de 622 hm³.

Tabla 2.10 Fuentes de suministro de agua en la CVM (2003)

Fuentes de suministro	hm ³ /año	%
Superficial	241	12%
Subterránea	1,702	88%
Extracción en la Cuenca del Valle de México	1,943	100%

Fuente: Compendio Básico del Agua 2004, Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

Ahora bien, de acuerdo con las cifras de la Tabla 2.10, el origen del agua de la CVM deriva de dos fuentes principales: los cuerpos de agua subterráneos que representan el 88% del total del abasto para los consumidores, y el 12% restante proviene de cuerpos superficiales.

2.3.2 Sobreexplotación de los cuerpos de agua subterráneos

Conviene notar que para proveer la oferta de 1 mil 702 hm³ de agua subterránea de primer uso que anualmente se sustrae del acuífero del Valle de México, la extracción rebasa las condiciones de recarga natural anual (751 hm³), situación que indica que los cuerpos de agua subterráneos de la CVM se sobreexplotan en 951 hm³ (Tabla 2.11).

Tabla 2.11 Sobreexplotación del acuífero de la CVM, 2003

Origen	m ³ /s	hm ³ /año
Recarga Natural	23.8	751
Extracción de Aguas subterráneas	53.9	1,702
Déficit (sobreexplotación)	30.1	951

Fuente: Estadísticas del Agua 2005. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Región XIII; Secretaría de Medio Ambiente, Comisión Nacional de Agua, 2005.

La sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México ha reducido el *stock* ancestral en un volumen equivalente a 951 hm³ al año, que ha tenido un doble efecto directo sobre la oferta: a) cada vez más tiende a extraerse agua a mayor profundidad con consecuencias obvias sobre el costo del abasto y, b) aumenta el riesgo de extracción de agua fósil, que no sólo incrementa el costo de

una oferta adecuada, sino además constituye una amenaza potencial contra la salud¹⁰. Esta sobreexplotación causa, además, el hundimiento del suelo en zonas urbanas del Área Metropolitana de la Ciudad de México al provocar la formación de grandes cavernas en el subsuelo que ha deteriorado gravemente la infraestructura hidráulica, incrementando la gravedad de las inundaciones que hoy ocurren. En consecuencia, la sobreexplotación de los acuíferos es uno de los problemas más graves que enfrenta la cuenca en el desempeño económico y general futuro de esta región.

2.3.3 Importación de agua del sistema Lerma-Cutzamala

Como se ha referido, una quinta parte de la extracción total de agua para abastecer los requerimientos de la Cuenca del Valle de México se importa, y representa un volumen de 622 hm³ al año (véase Tabla 2.7). La CVM está rodeada por cinco cuencas limítrofes, de las cuales, las más cercanas son la de Lerma¹¹ y la de Cutzamala,¹² las otras tres cuencas, que representan fuentes potenciales de abastecimiento, son las de Amacuzac, la de Libres Oriental y la del Río Tecolutla.

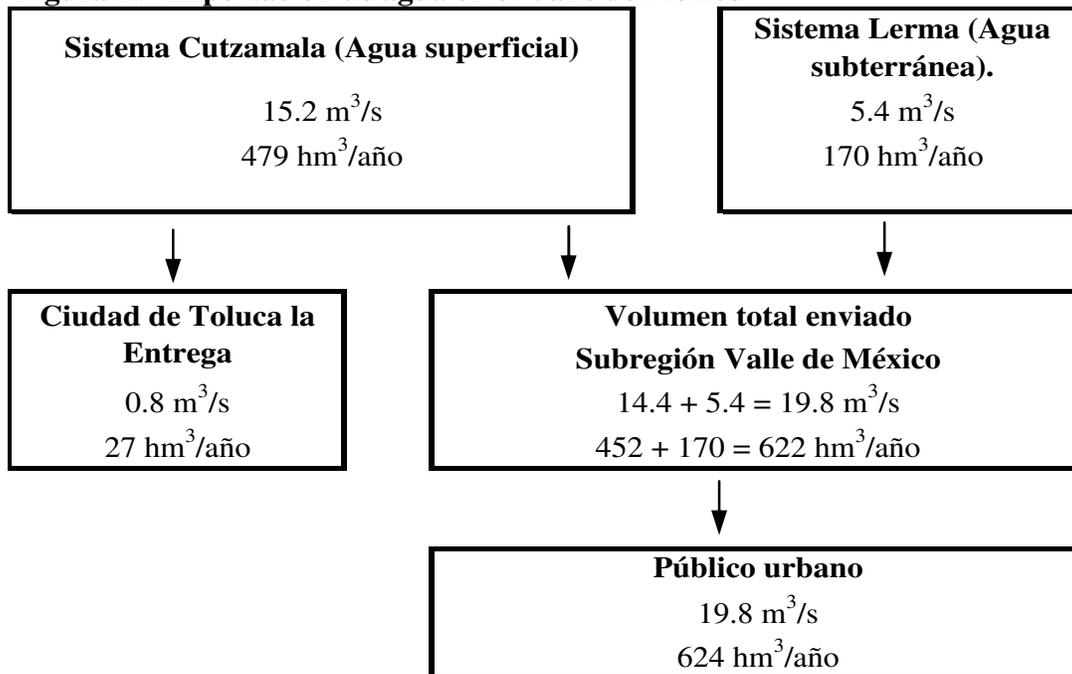
La proximidad de las dos primeras (Lerma y Cutzamala) determinó que se eligieran como fuentes de abastecimiento de agua para la Ciudad de México; su transporte requirió la construcción de dos grandes obras de infraestructura hidráulica desde la década de 1950. Conviene ubicar la geografía de ambas cuencas con el fin de dimensionar la magnitud de esa infraestructura: el Sistema Cutzamala pertenece a la región hidrológico administrativa (RHA) VIII, conocida como Lerma-Santiago-Pacífico, que aprovisiona el recurso desde cuerpos de agua superficial, mientras la otra es el Sistema Lerma, de la RHA IV del Balsas que suministra agua subterránea (Figura 2.9).

¹⁰ Por descontado, la sobre extracción realizada, de forma indistinta, a mayor o menor profundidad de los acuíferos implica el fenómeno de subsidencia del subsuelo cuyas consecuencias están ya a la vista en la ciudad de México. Dicho sea de paso, debe recordarse que una estimación económica del daño patrimonial, el deterioro de la infraestructura, el aumento de las inundaciones y del riesgo en caso de temblores o terremotos, configurados por la sobreexplotación, está aún por hacerse.

¹¹ Desde 1929 se vislumbró la posibilidad de conducir el agua desde el río Lerma y sus manantiales y a fines de 1940 se iniciaron los estudios correspondientes. En 1951 entraron por primera vez a la ciudad de México las aguas de la región del Lerma cuyas lagunas se encontraban 300 metros arriba respecto al nivel de la ciudad. En esta etapa se efectuaron las primeras captaciones de aguas subterráneas al perforarse 5 pozos de entre 50 y 308 metros de profundidad. En la segunda etapa del sistema Lerma, entre 1965 y 1975, se extrajo agua por medio de la construcción de 230 pozos. La Cuenca de Lerma es alimentada por su río con caudales provenientes de la sierra del Pacífico, luego son introducidos a la ciudad para, finalmente, ser desalojados a las Cuencas que alimentan los ríos Tula, Moctezuma y Pánuco y desembocar finalmente en el Golfo de México.

¹² En 1976 inició la obra de abastecimiento hidráulico más importante del país, el Sistema Cutzamala. El objetivo era traer agua a la Ciudad de México del río Cutzamala que antes solo se usaba para crear energía eléctrica. El problema de traer agua de este río no era la distancia, 130 km, como que las presas se localizaban en cotas muy por debajo de la Ciudad y por lo tanto se trataba de elevar el líquido por bombeo. La primera etapa de la obra consistió en tomar agua de la presa Victoria y conducirla por un acueducto, la segunda y tercera etapa inicia con la construcción de la planta potabilizadora y el acueducto central, lo que dio pie al abastecimiento a partir de las presas restantes, obra que concluye en 1992. Está latente una cuarta fase que consiste en ampliar la capacidad de abastecimiento mediante la derivación de una parte del agua del río Temazcaltepec para conducirla hasta la presa Valle de Bravo.

Figura 2.9 Importación de agua en el Valle de México



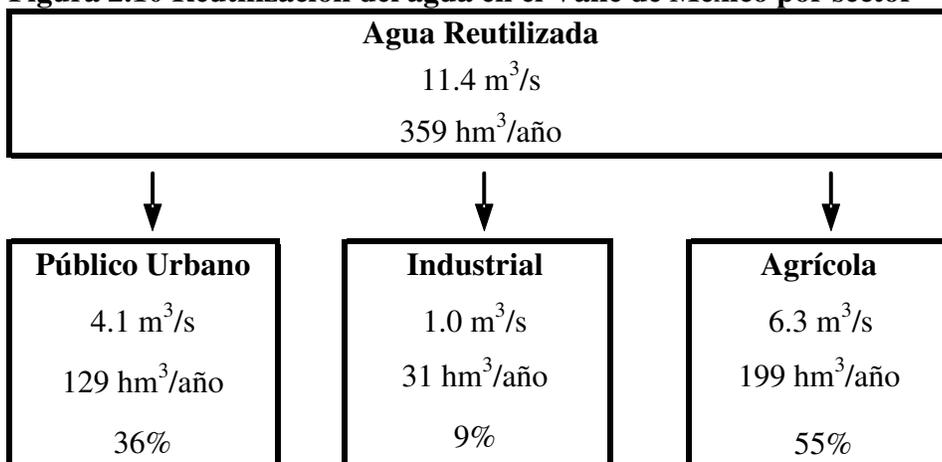
Fuente: Compendio Básico del Agua 2004, Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

2.3.4 Reutilización del agua

La reutilización de agua es la otra fuente de abastecimiento para la ZMVM, y explica un volumen de 359 hm³, que representa el 12% de la extracción total de agua. Esta fuente de suministro es viable de aumentar si se promueve la creación de infraestructura para la captación, para el tratamiento de agua residual, redistribución, así como la creación de un mercado de agua tratada. Este mercado es clave, ya que puede reducir la presión sobre los cuerpos de agua de primer uso, aumentando la disponibilidad total para satisfacer necesidades humanas esenciales. Debería intensificarse la utilización de agua tratada, en primer lugar en la industria (donde sea viable), aunque su utilización debería extenderse hacia cualquier actividad u objetivo en que exista posibilidad, incluyendo el ámbito doméstico. En el caso de la agricultura, la utilización de agua tratada podría ser selectiva, en vista que el uso de aguas negras en vegetales crea problemas de salud y contaminación en la población.

La magnitud de la utilización de agua tratada es significativa en las actividades agrícolas y en las públicas municipales, mientras la industria reutiliza sólo 31 hm³ al año (Figura 2.10). En esas condiciones, se ha prefigurado un importante mercado potencial para desarrollar la reutilización de agua en ciertas actividades económicas, y puede ser una vía adecuada y eficiente tanto para enfrentar los límites naturales impuestos por el abastecimiento de agua de primer uso en la CVM, como para abatir formas de utilización ineficientes, en un contexto de progresiva y evidente escasez de recursos hídricos.

Figura 2.10 Reutilización del agua en el Valle de México por sector



Fuente: Compendio Básico del Agua 2004, Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

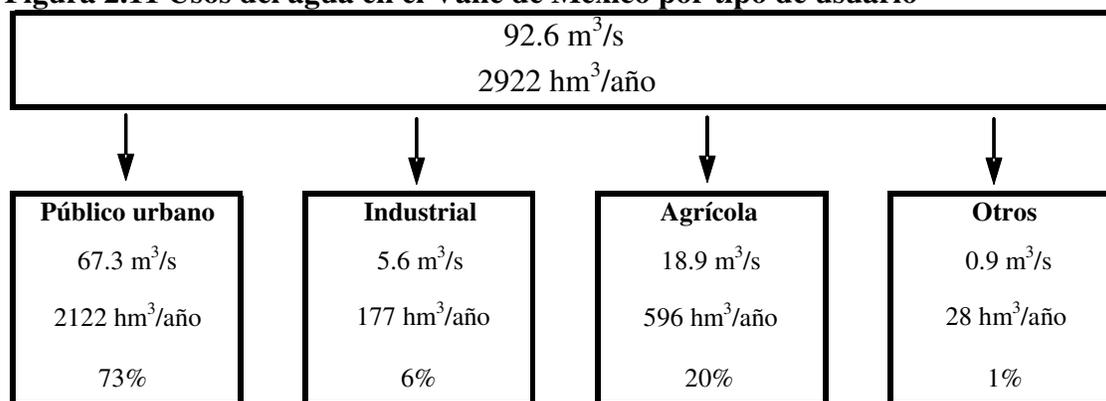
2.3.5 Demanda agregada y usos del agua

El uso público urbano demanda progresivamente una mayor cantidad de agua; esto es, casi tres cuartas partes de la extracción total (73%).¹³ Otro uso de especial importancia es el abasto de agua para la industria, la cual demanda el 6% de la extracción total, y en el que la amenaza de escasez se concentra en las actividades manufactureras que son grandes usuarias de agua, como las empresas de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, y las productoras de alimentos, entre otras¹⁴. El sector agrícola se ubica fuera del AMVM, participa con una quinta parte de la extracción de la CVM (20%) y no enfrenta las fuertes restricciones de escasez que experimenta el área urbana (ver Figura 2.11).

¹³ La Ley de Aguas Nacionales (LAN) define claramente como prioritario el uso doméstico del agua en caso de enfrentarse situaciones de escasez extrema y por tanto, de emergencia, cualquiera sea el origen (Capítulo IV, artículo 13). La LAN también contempla cambios en el orden de prelación cuando todas las partes involucradas lo aprueben, incluyendo a la CNA.

¹⁴ Es difícil encontrar una actividad industrial que no utilice agua; las mencionadas son sólo algunas de las que más utilizan.

Figura 2.11 Usos del agua en el Valle de México por tipo de usuario



Fuente: Compendio Básico del Agua 2004. Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

La Tabla 2.10 registra las fuentes de abastecimiento para los diferentes usos del agua en la CVM. Para el uso público urbano, el abastecimiento más importante se concentra en los cuerpos de agua subterráneos que abastecen tres quintas partes (62%) de la demanda; en segundo lugar, la importación de agua de otras Cuencas (29.3%), y por último, el agua residual tratada que significa el 6% del abastecimiento.

La posible vía para aumentar el suministro a través de la importación se enfrenta a los límites propios de los cuerpos de agua de las cuencas aledañas y al elevado costo de transportación. Sin embargo, la importación de agua de nuevas cuencas no sólo supone costos altos, también implica negociación no libre de tensiones con los usuarios originales de esas fuentes y aún con las propias autoridades municipales y estatales. Dicho sea de paso, las fuentes superficiales en la cuenca tienen una presencia marginal y representan sólo el 2.5% del suministro total de la demanda para el uso público urbano, condición que significa que el aprovisionamiento por esa vía es prácticamente nulo.

Tabla 2.10 Fuentes de abastecimiento por sector usuario

Fuente	Sector destino												Total hm ³ /año
	Abastecimiento público			Industria Autoabastecida			Agropecuario			Otros			
	m ³ /s	hm ³ /año	%	m ³ /s	hm ³ /año	%	m ³ /s	hm ³ /año	%	m ³ /s	hm ³ /año	%	
Agua Subterránea	41.8	1317	62	3.9	124	70	7.7	242	40	0.6	19	64	1,702
Agua Superficial	1.7	55	3	0.7	23	13	4.8	153	26	0.3	10	36	241
Reutilización	4.1	128	6	1	31	17	6.3	200	34	0	0	0	359
Importación otras cuencas	19.8	622	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	622
Total	67.3	2123	100	5.6	177	100	18.8	594	100	0.9	28	100	2,922

Nota: Las sumas pueden no coincidir debido al redondeo de las cifras.

Fuente: Compendio Básico del Agua 2004, Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

El suministro para el sector industrial depende en 70% de agua subterránea; 17.5% de agua tratada; 12.4% de agua superficial y, prácticamente, no utiliza agua importada (véase Tabla 2.10).

En la CVM existen diferentes actividades industriales que pueden (y deben) utilizar agua tratada en sus procesos de producción (limpieza de maquinaria, en los sistemas de enfriamiento de turbinas y otros usos), mientras que otros sectores, como el de alimentos y bebidas¹⁵, requieren grandes volúmenes de agua de primer uso como materia prima para la elaboración de sus productos, situación que ha condicionado que su abastecimiento dependa de fuentes internas de agua subterránea, concesionadas, de suministro en la cuenca.

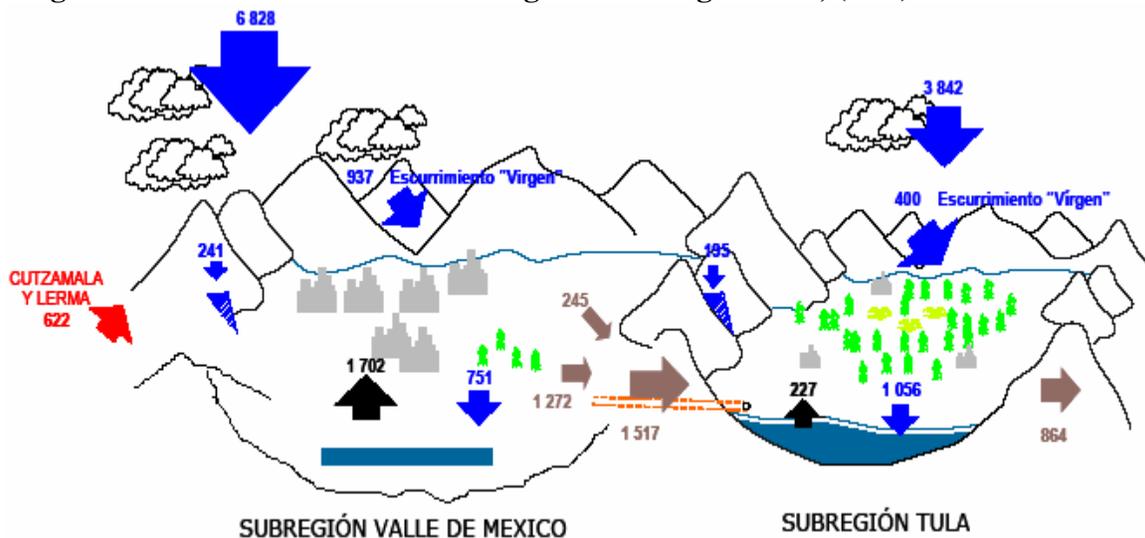
Los usuarios de agua en la CVM dependen fundamentalmente de los cuerpos de agua subterráneos, situación que explica en parte porque aquellos se encuentran sobreexplotados. Los hogares y la actividad comercial enfrentan un alto riesgo ante la eventual suspensión o caída en los volúmenes de agua suministrada. Para enfrentar esta situación, la importación de agua ha sido una alternativa limitada, pero a todas luces no es una solución permanente. En la CVM y, de forma particular, en el Estado de México, existen zonas con un crecimiento inmobiliario acelerado y desordenado cuya demanda de agua tiende a resolverse adquiriendo derechos de explotación de pozos a los agricultores que tienen el derecho primigenio de su uso para riego agrícola y que -al menos en teoría es intransferible y menos aún susceptible de enajenación-, con el cambio de uso de suelo, esos derechos son acaparados por empresas inmobiliarias que cambian posteriormente los derechos de uso agrícola a utilización doméstica. Esta referencia, es un síntoma de los límites del abastecimiento y traduce una dura competencia por los recursos hídricos que tienden a ser escasos y ponen en riesgo el aprovisionamiento en la ciudad de México.

En suma, como se ha referido arriba, el abastecimiento que ofrece el agua superficial para la CVM es de poca relevancia, en vista que el uso público de esta fuente constituye sólo un 2.5% y el de la industria un 12.5% del aprovisionamiento total. En la actualidad, el Valle de México cuenta con más de 100 almacenamientos entre lagos, lagunas y embalses, y entre los más importantes se cuentan la Laguna de Zumpango, los Lagos de Guadalupe, el Lago de Texcoco, La Presa Nabor Carrillo y la Laguna de Xochimilco.

¹⁵ En la literatura especializada en economía de los recursos hídricos (Young, 2004), esta forma de utilización del agua se ha denominado como de “uso consuntivo”, en el sentido que constituye en sí misma un insumo para la producción y no sólo una materia auxiliar.

2.3.6 Exportación del agua residual de la CVM a la cuenca de Tula

Figura 2.12 Balance Hídrico de la Región Hidrológica XIII, (hm³)



Fuente: Compendio Básico del Agua 2004, Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

De origen, la CVM (Figura 2.12) no tenía canales naturales superficiales y/o subterráneos de salida para el agua residual, debido a la forma cóncava que presenta,¹⁶ encerrada en una cadena montañosa con escasas salidas. Sin embargo, dicho estado natural ha sido modificado por medios artificiales hasta convertirla en una Cuenca que trasfiere parte de sus aguas residuales y pluviales a la cuencas limítrofe de Tula en el estado de Hidalgo, en su tránsito hacia su destino final en el Golfo de México, por el norte de Veracruz¹⁷. En la Figura 2.12, se señala que el flujo de 1 mil 517 hm³ de agua que se exportan desde la CVM hacia la cuenca del Valle de Tula, es agua residual de origen urbano e industrial, así como volúmenes excedentes de agua de lluvia que se desperdicia porque deja de captarse durante la temporada de lluvias. El agua residual se transfiere mediante la infraestructura de drenaje; primero, al río Tula y posteriormente al río Moctezuma, para luego atravesar la Cuenca del Golfo Centro y de allí terminar finalmente su recorrido en el mar.

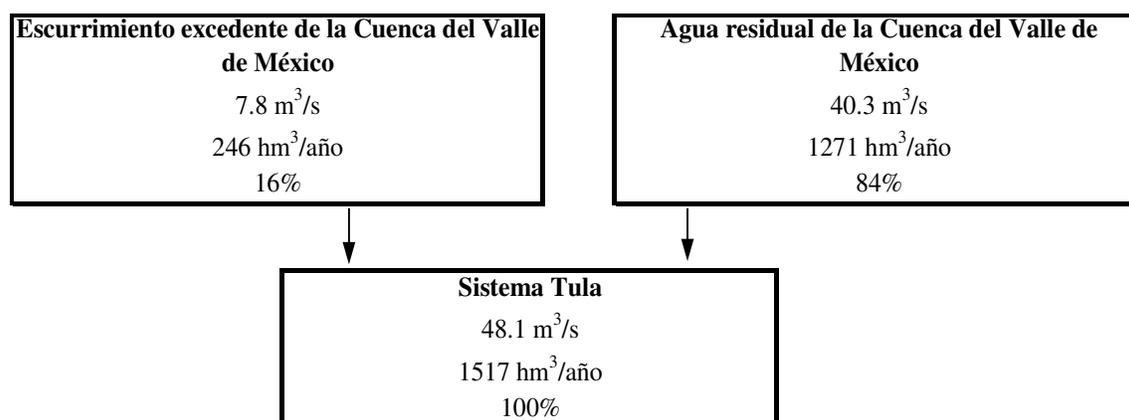
La mayor parte del agua que se exporta (Figura 2.13) a la cuenca de Tula¹⁸ es agua residual (84%) y registra un volumen de 1 mil 271 hm³ que prácticamente carecen de tratamiento, se utiliza para riego en el Valle de Tula y los contaminantes que arrastra afectan los cultivos y son causa de enfermedades entre la población local que entra en contacto con ella. Los 246 hm³ de agua de escurrimiento restante se exportan por la vía del drenaje junto con el agua residual.

¹⁶ Por lo que se clasifica como de tipo endorreico.

¹⁷ Ha sido un largo proceso de construcción que se inició con las grandes obras de drenaje en la época colonial y que a la fecha continúa ampliándose.

¹⁸ La Cuenca del río Tula se ubica geográficamente en el Estado de México (porción oriental) e Hidalgo (porción sureste) y sus aguas siguen una dirección Sur-Norte, las aguas residuales de la Cuenca del Valle de México siguen esta dirección a través del Emisor Central y de los Túneles de Tequisquiác, que confluyen directamente sobre los ríos El Salto y El Salado, respectivamente.

Figura 2.13 Exportación de la CVM a la Cuenca de Tula



Fuente: Compendio Básico del Agua 2004. Gerencia regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, México, 2004.

El problema que subyace este proceso es que el agua que se exporta contiene elevados índices de contaminación, por lo que los usos a que se destina han degradado la calidad y eficiencia de las actividades agrícolas. En la actualidad, esta forma inadecuada de disposición del agua residual se ha convertido en uno de los problemas más graves en términos de salud pública y deterioro de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como de ecosistemas completos. Las zonas de riego funcionan como un gran sistema de tratamiento de más de 100 mil hectáreas, con graves inconvenientes en vista del flujo de aguas negras contaminadas a cielo abierto, desde las áreas urbanas del Valle de México hasta las zonas de riego en el Valle del Mezquital. En este punto se requiere el cumplimiento de las normas ecológicas existentes (la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente), así como de la revisión de la política hídrica en general y de intercuenas en particular.

Epílogo

La MIP-CVM-2003 es un instrumento de cuantificación elaborado a partir de diversas fuentes estadísticas de los estados y a nivel nacional que permite realizar un diagnóstico de la estructura económica de la CVM. La MIP-CVM-2003 registra las múltiples transacciones entre las mismas actividades de la región, así como entre éstas, los hogares y el gobierno, mostrando la existencia de una organización económica compleja. La economía de la CVM sigue siendo la de mayor importancia en la economía nacional y destaca la importancia del Distrito Federal y la del Estado de México.

La estructura económica de la CVM se integra con siete grandes sectores (79 subsectores en una versión desagregada) que definen un valor bruto de la producción regional de 3 billones 31 mil 994 millones de pesos en el 2003. El sector servicios explica el 46.2%, siendo la actividad más relevante, seguido del sector manufacturero con un 26.8% y el comercio con un 14.2%. Estas tres actividades explican prácticamente el VBP de la CVM y son, en simultáneo con la población, los grandes consumidores de agua y de energéticos.

La generación del PIB, que para el año 2003 alcanzó un valor de 1 billón 838 mil millones de pesos, deriva de esos tres sectores, destacando el de servicios que se ubicó por arriba de los otros sectores con un 56.1%, seguido por el sector comercio con 17.5%, mientras la industria manufacturera explica el 14.8%. Las actividades de servicios, en particular, los destinados al productor, predominan en la región al ser el principal generador de PIB, seguido del comercio y en tercer sitio las manufacturas. En términos del VBP, siguen siendo más importantes las actividades de servicios pero ahora le siguen en importancia las manufacturas y posteriormente el comercio. Respecto a la composición técnica de las diversas actividades es clara su diferencia respecto a la utilización de insumos y de generación de valor agregado, lo que sugiere la necesidad de cambios en sus patrones de tecnología.

Una estructura económica y demográfica como la registrada por la CVM, requiere de grandes volúmenes de agua para su funcionamiento, y su crecimiento dependerá de suministros cada vez mayores del recurso si los patrones de consumo actual se mantienen; vale decir, si las formas de utilización de los recursos hídricos continúan siendo no sustentables por ineficientes y despojados de criterios que gestionen adecuadamente la demanda, a través de fijación de tarifas al consumo y regulen el monopolio natural de la oferta¹⁹.

Por otra parte, la cuenca como unidad de gestión de los recursos hídricos, se constituye en eslabón prominente del ciclo hidrológico, además de ser el marco más apropiado para la determinación de los equilibrios en la utilización agua y por tanto, de la planeación hídrica. Si se considera la demanda total de agua de la Cuenca del Valle de México, es claro que prácticamente todo su volumen es para abastecer la ZMVM; cuatro quintas partes de este volumen se extrae de cuerpos de agua ubicados en la misma cuenca y la otra quinta parte se importa del sistema Lerma-Cutzamala.

La extracción o demanda total de agua en la CVM superaba en 1.73 veces la disponibilidad natural media de la cuenca en el año 2003, condición que indica una presión extrema sobre los acuíferos del Valle de México y que la ubica en el contexto de las regiones más sobreexplotadas del mundo. La extracción de agua de primer uso en la CVM se obtiene básicamente de los cuerpos de agua subterráneos (88 %), mientras la extracción de cuerpos de agua superficiales desempeña un papel secundario. Específicamente, en 2003 se extrajeron 1,702 hm³ de la CVM, lo que rebasa por mucho la recarga natural anual de agua de estos cuerpos, que alcanzó un volumen de 751 hm³ y explica el nivel de sobreexplotación de 951 hm³ de los cuerpos de agua subterráneos.

La importación de agua ha representado una solución parcial a la escasez del recurso en la cuenca. En 2003 se importaban 622 hm³ anuales, de los cuales tres cuartas partes provenían del sistema Cutzamala y una cuarta parte del sistema Lerma. El Sistema Cutzamala transporta agua de origen superficial hacia la Ciudad de México. El agua importada de la cuenca del Balsas por medio del

¹⁹ El problema del agua en la CVM es complejo y abigarrado; por ejemplo, es difícil comparar con el mismo rasero a los usuarios domésticos con los consumidores del sector servicios (depende cuáles) o con la manufactura. El caso de la industria no radica en la fijación de un precio bajo sobre el consumo, puesto que este sector paga tarifas altas, condición que contribuye en la explicación de porqué hay un traspaso hacia o apertura de nuevas firmas industriales en el Estado de México. Sin embargo, eso no significa que el sector manufacturero no presente problemas; por el contrario, la CONAGUA y el REPDA han reconocido que el número de pozos existentes (fuente principal del abastecimiento de la industria) más que duplica la cantidad registrada (más de 4000 en existencia vs. Alrededor de 2000 registrados). Es fácil concluir que ese nivel descontrolado de extracción de agua subterránea influye, sin duda, sobre la disponibilidad natural y en consecuencia sobre la oferta de agua. Los obstáculos al crecimiento y el desarrollo derivados de esa forma de gestión de los recursos hídricos saltan a la vista.

Sistema Lerma, es agua extraída de acuíferos y también enfrenta problemas para mantener o aumentar su extracción. Es indudable el papel que ha tenido la sobreexplotación de los acuíferos del Lerma en las severas alteraciones ecológicas en la totalidad de la cuenca; la pérdida de la fertilidad de los suelos y la transformación de los cultivos de riego en temporales con las consecuentes bajas en la productividad; cambios en el uso del suelo, acompañados por la tala no regulada de bosques que no facilita el proceso de recarga del acuífero.

En perspectiva, la utilización de agua tratada es la tercera fuente de abastecimiento de la ZMVM y ha tenido una participación del 12% en la extracción total, constituyendo una alternativa futura a la crítica escasez de agua en el Valle de México, por la vía de aumentar la disponibilidad del recurso para uso humano. Hoy, el recurso a esa fuente de abastecimiento es poco importante pero es imprescindible diseñar políticas en esta dirección, no sólo a través de la construcción de plantas de tratamiento, sino también con políticas públicas que permitan la incorporación de innovaciones para el auto tratamiento en pequeña escala –la mayor planta de tratamiento de agua residual en América Latina se halla en construcción en el estado de Hidalgo que es el lugar donde hoy se disponen las descargas. Debe reconocerse que el umbral alcanzado por las otras fuentes de abastecimiento, impone el recurso a los grandes avances tecnológicos disponibles para transformar el agua residual en agua tratada de uso industrial, comercial y para abastecimiento público –sin descartar que incluso, aunque a costo muy alto y bajo ciertas condiciones de calidad, el agua residual puede transformarse en agua potable. Sin embargo, hasta hoy el porcentaje de agua residual tratada y reutilizada con fines productivos es magra; la mayoría de las descargas de agua residual se exportan a la cuenca de Tula sin previo tratamiento, lo que ocasiona graves problemas en los cuerpos de agua por donde transita antes de llegar al mar.

Debe acotarse que, la planeación de la gestión administrativa tiene como referencia en perspectiva hacia futuro el año 2025. Ese criterio es la referencia convencional de organismos como la Organización de Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial del Agua (WWO por sus siglas en inglés). Por su parte, la CONAGUA, la SEMARNAT y el Gobierno Federal, al reconocer la gravedad del problema como cuestión de seguridad nacional, han formulado una Agenda del Agua 2030, que no obstante ser un decálogo de buenas intenciones, apunta varios de los temas relevantes en la gestión de los recursos hídricos.

Ahora bien, la extracción de agua del subsuelo y su importación tienen límites naturales que impiden satisfacer los requerimientos futuros; el aumento en la utilización de agua tratada resulta ser una vía de abastecimiento que puede ser impulsada en forma importante para lograr cubrir los crecientes requerimientos de los próximos años, así como para formular políticas para una administración adecuada de la demanda de agua. Dicho sea de paso, una medida aun por explorar es la creación de mercados de agua residual y tratada.

Los límites al abastecimiento de agua afectan a todos los usuarios establecidos en la CVM. Sin embargo, el uso público urbano es el más vulnerable, puesto que requiere de aproximadamente tres cuartas partes de la extracción total (73%). Esas condiciones imponen límites al crecimiento urbano y al desarrollo de viviendas que no pueden abastecer la nueva demanda de agua, excepto en el esquema de la sobreexplotación de los acuíferos o la cuasi-escases permanente. Por su parte, el sector industrial que demanda el 6% de la extracción total, enfrenta límites y riesgos en su proceso de crecimiento, de modo notable en las actividades donde las empresas utilizan grandes volúmenes de agua pero de igual forma es un obstáculo para la manufactura en general.

El crecimiento de la industria en establecimientos que utilizan agua en forma intensiva, de primer uso, ya no tienen condiciones en la CVM; estas industrias ya han decidido relocarse en ámbitos en donde el agua no constituya un obstáculo a su desempeño, sea por escasez o bien, sea por razones de costo. Los usos del agua que dependen del abastecimiento subterráneo son los más vulnerables; el uso público urbano depende de esta fuente en un 62%, y la industria en un 70%, y es precisamente la población de la ZMVM y las actividades industriales, comerciales y de servicios las que enfrentan un alto riesgo en la continuidad adecuada de sus actividades básicas, debido a la dificultad para su futuro abastecimiento.

El uso público urbano depende del agua importada, el 30% de su abastecimiento deriva de esa fuente; la otra vía es la reutilización del agua que representa el 6% del abastecimiento. Como se ha comentado arriba, la importación enfrenta límites económicos y físicos en el mediano plazo; la opción de la reutilización parece viable aunque no ha sido adecuadamente considerada en el diseño de la política hidráulica sino hasta tiempos recientes, y sólo como aproximación al problema.

El sector industrial ha recurrido al agua tratada como fuente de abastecimiento. Para 2003 representaba el 17.5% de su abastecimiento total, la baja participación indica que queda mucho por hacer para que esta vía de suministro sea eficiente y eficaz. En la ZMVM existen diversas actividades industriales que pueden incorporar agua tratada en sus procesos y, por tanto, puede ser considerada como una fuente importante de suministro en el futuro, así como un ítem que contribuya al aumento de la disponibilidad en la CVM. Sin embargo, otras actividades como el sector de alimentos y bebidas requieren agua de primer uso, los volúmenes de extracción de agua subterránea son muy grandes por lo que existen en el presente límites inmediatos al abastecimiento, y con mayor razón en el futuro. Este sector no se abastece directamente de agua importada, aunque se abastece de manera indirecta a través de las tomas de agua potable que suministra la red secundaria del servicio público urbano municipal.

La tasa de crecimiento demográfica, la política hidráulica, el proceso de urbanización caótico son factores que influyen sobre las formas de extracción de agua. La configuración del desarrollo urbano del Valle de México es insostenible por insustentable; el sistema natural hídrico en el que descansa, la velocidad de extracción del agua subterránea que no permite su recarga de forma adecuada, los ecosistemas locales que han sido destruidos y dañados, han contribuido a la subsistencia irreversible en vastas zonas del Valle de México.

La política hidráulica en la CVM se ha basado en el aumento rutinario de la oferta que ha resultado en la sobreexplotación de los recursos hídricos con el fin de satisfacer una demanda creciente que en parte ha respondido al crecimiento poblacional y en parte al uso conspicuo dispendioso. A nivel declarativo, se ha reconocido que parte de la solución de la crisis del agua debe resolverse a través de una gestión adecuada de la demanda en lugar de enfatizar la oferta. Sin embargo, lo cierto es que poco se ha hecho para avanzar en esa dirección; la idea de contrarrestar la crisis actual del agua a través de la gestión de la demanda, implica un diseño adecuado (aunque complejo) de políticas tarifarias desprendidas del examen de funciones de utilidad que incorporen variables explicativas clave, con base en las formas de uso del agua y el establecimiento de criterios que permitan el establecimiento de un orden de prelación en función no sólo de las necesidades sociales y económicas sino también del destino que se asigna al recurso –i.e., no tiene la misma ponderación el agua que se utiliza en un edificio multifamiliar con fines de satisfacer necesidades

básicas que la destinada a fines recreativos en hogares de altos ingresos. En esas condiciones, debe aplicar el principio que reza: “quien más consume debe pagar más”, sin perder de vista el destino que se confiere al agua en términos de uso, ni los niveles de ingreso; es impostergable establecer el diseño de tarifas con criterios de bloques crecientes y diferenciados que si bien, no respondan estrictamente a las señales del mercado –ningún país lo ha logrado hasta hoy, ni siquiera Estados Unidos-, sí se aproxime a la recuperación de costos del monopolio natural que constituyen la mayoría de organismos operadores, ubicarse en alguna región descendente de la pendiente de la curva de costo medio de los organismos operadores. De otra forma, es difícil detener y menos aún revertir los problemas de escasez hoy a la vista en la cuenca y en particular en la ciudad de México.

Referencias

Al-Qunaibet, M., and R. Johnston (1985) Municipal Demand for Water in Kuwait: Metodological Issues and Empirical Estimates, *Water Resources Research* 21(4): 433-438.

Baumann, D.D., J.J. Boland (1998) The Case for Managing Urban Water, in Baumann, D.D., J.J. Boland y W. M. Hanemann (Eds.) *Urban Water Demand Management and Planning* (New York: McGraw-Hill).

Billings, B. and D. Aghte (1980a) Price Elasticities for Water: A Case of Increasing Block Rates, *Land Economics* 56(1): 73-84.

Baumol, William J. y Wallace E. Oates (1995, segunda edición), *The Theory of Environmental Policy* (Cambridge, Mass.: Cambridge University Press).

Bowers, John (1977), *Sustainability and Environmental Economics* (Essex: Addison Wensley Longman Limited)

Dasgupta, P.S., & G.M. Heal (1979) *Economic Theory and Exhaustible Resources* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press).

Espey, M., J. Espey, and W. D. Shaw (1997) Price Elasticity of Residential Demand for Water: A Meta-Analysis, *Water Resources Research*, 33: 1369-1374.

Foster, S. S. D., P. J. Chilton (2004), Downstream of Downtown: Urban Wastewater as Groundwater Recharge; *Hydrogeology Journal* (12), 115-120

Gibbons, Diana C. (1982), *The Economic Value of Water* (Washington, D.C.: Resources for the Future).

Foster, Stephen, Adrian Lawrence, Brian Morris (1988), *Las Aguas Subterráneas en el Desarrollo Urbano; Evaluación de las Necesidades de Gestión y Formulación de Estrategias* (Washington, D.C: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento /Banco Mundial), Documento Técnico del Banco Mundial No. 390

Frederick, Kenneth D., Tim Vandenberg, Jean Hanson (1996), *Economic Values of Freshwater in the United States; Discussion Paper 97-03* (Washington, D.C.: Resources for the Future)

Fujita, Masahisa, Paul Krugman, Anthony J. Venables (2001) *Cities, Regions and International Trade* (Cambridge, Mass.: The MIT Press)

Garza, Gustavo (2001), *La Megalópolis de la Ciudad de México en el Ocaso del Siglo XXI en Rabell Romero, Cecilia, José Gómez León Cruces, La Población en México: Tendencias y*

Perspectivas Sociodemográficas Hacia el Siglo XXI (México: Consejo Nacional de Población y Fondo de Cultura Económica)

Haggarty, Luke, Penelope Brook, Anna Maria Zuloaga (2001), Thirst for Reform? Private Participation in Providing Mexico City's Reform; Policy Research Working Paper, 2654 (Washington DC: The World Bank).

Hanemann, W. M. (2006) The Economic Conception of Water, en *Water Crisis, Myth and Reality*, Editado por P.P. Rogers, M.R. Llamas, L. Martinez-Cortina (London: Taylor & Francis plc.).

Hatton McDonald, Darla (2004), The Economics of Water: Taking Full Account of First Use, Reuse and Return to the Environment (Australia: Scientific and Industrial Research); CSIRO Land and Water Client Report, A Report for the Australian Water Conservation and Reuse Research Program (AWCRRP), Folio No: S/03/1474

Jacobo Villa, Marco Antonio, Elsa Saborío Fernández (2004), La Gestión del Agua en México: Los Retos Para el Desarrollo Sustentable (México: Miguel Ángel Porrúa, UAM).

Leser, C. E. V. (1941) Family Budget Data and Price-Elasticities of Demand; *The Review of Economic Studies*, 9(1): 40-57.

Ley de Aguas Nacionales (2010) Agenda Ecológica Federal (México: Ediciones Fiscales ISEF, S.A.); Actualización Anual: www.libreriaisef.com.mx.

Munasinghe, M. (1992) *Water Supply and Environmental Management: Developing World Applications*, Studies in Water Policy and Management (Boulder Colorado: Westview Press).

OECD (2003), Water: Performance and Challenges in OECD Countries; Environmental Performance Reviews (París: OECD).

Renzetti, S. (1999) Municipal Water Supply and Sewage Treatment: Costs, Prices and Distortions; *Canadian Journal of Economics* 32(2): 688-704.

Sainz Santamaría, Jaime, Mariana Becerra Pérez (s/f), Los Conflictos por Agua en México (México: Instituto Nacional de Ecología); www.ine.gob.mx

Sampat, Payal (2000), Deep Trouble: The Hidden Threat of Groundwater Pollution (Washington, D.C.: Worldwatch Institute)

The National Academies (1995) Mexico City's Water Supply (Washington D.C.: National Academy Press).

The World Bank (2004), Water Resources Sector Strategy; Strategy Directions for World Bank Engagement (Washington, D.C.: The World Bank)

Thompson, Stephen A. (1999), Water, Use, Management and Planning in the United States (New York: Academic Press)

Morales J. A. y Rodríguez L. (2006) *Perspectivas de Seguridad Nacional: el agua y la estructura industrial en México*, en: *Agua, Seguridad Nacional e Instituciones. Conflictos y riesgos para el diseño de políticas públicas* (R. Constantino, Ed.) Editorial IILSEN-UAM, México, pp. 205-311. 2005.

Fuentes Estadísticas

Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, 2005, (2005) (México: CONAPO).

Estadísticas del Agua 2005, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, Región XIII (2005); (México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua, IV Foro Mundial del Agua).

Situación del Subsector Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, 2004 (2005) (México: Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Agua, IV Foro Mundial del Agua).

Compendio Básico del Agua 2004 (2005) Gerencia Regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 (2006) (México: CONAGUA, 2001).

Programa Hidráulico Regional 2002-2006 (2003) (México: CONAGUA).

XI Censo General de Población y Vivienda, 1990 (1990)(México: INEGI).

_____ (2000) *XII Censo General de Población y Vivienda* (México: INEGI).

_____ (2005) *II Conteo de Población y Vivienda 2005* (México: INEGI)

ANEXO 2.1**Correspondencia entre definición administrativa y definición geográfica de la Cuenca del Valle de México**

No	Clave Entidad	Entidad	Clave Municipal	Municipios definición administrativa	Municipios definición geográfica	Diferencias
1	15	México	002	Acolman	Acolman	
2	15	México	009	Amecameca	Amecameca	
3	15	México	011	Atenco	Atenco	
4	15	México	013	Atizapán de Zaragoza	Atizapán de Zaragoza	
5	15	México	016	Axapusco	Axapusco	
6	15	México	017	Ayapango	Ayapango	
7	15	México	020	Coacalco de Berriozábal	Coacalco de Berriozábal	
8	15	México	022	Cocotitlán	Cocotitlán	
9	15	México	023	Coyotepec	Coyotepec	
10	15	México	024	Cuautitlán	Cuautitlán	
11	15	México	025	Chalco	Chalco	
12	15	México	028	Chiautla	Chiautla	
13	15	México	029	Chicoloapan	Chicoloapan	
14	15	México	030	Chiconcuac	Chiconcuac	
15	15	México	031	Chimalhuacán	Chimalhuacán	
16	15	México	033	Ecatepec de Morelos	Ecatepec de Morelos	
17	15	México	035	Huehuetoca	Huehuetoca	
18	15	México	037	Huixquilucan	Huixquilucan	
19	15	México	038	Isidro Favela	Isidro Favela	
20	15	México	039	Ixtapaluca	Ixtapaluca	
21	15	México	044	Jaltenco	Jaltenco	
22	15	México	046	Jilotzingo	Jilotzingo	
23	15	México	053	Melchor Ocampo	Melchor Ocampo	
24	15	México	057	Naucalpan de Juárez	Naucalpan de Juárez	
25	15	México	058	Nezahualcóyotl	Nezahualcóyotl	
26	15	México	059	Nextlalpan	Nextlalpan	
27	15	México	060	Nicolás Romero	Nicolás Romero	
28	15	México	061	Nopaltepec	Nopaltepec	
29	15	México	065	Otumba	Otumba	
30	15	México	069	Papalotla	Papalotla	
31	15	México	070	La Paz	La Paz	
32	15	México	075	San Martín de las Pirámides	San Martín de las Pirámides	
33	15	México	081	Tecámac	Tecámac	
34	15	México	083	Temamatla	Temamatla	
35	15	México	084	Temascalapa	Temascalapa	
36	15	México	089	Tenango del aire	Tenango del aire	

37	15	México	091	Teoloyucan	Teoloyucan	
38	15	México	092	Teotihuacán	Teotihuacán	
39	15	México	093	Tepetlaoxtoc	Tepetlaoxtoc	
40	15	México	095	Tepotzotlán	Tepotzotlán	
41	15	México	099	Texcoco	Texcoco	
42	15	México	100	Tezoyuca	Tezoyuca	
43	15	México	103	Tlalmanalco	Tlalmanalco	
44	15	México	104	Tlalnepantla de Baz	Tlalnepantla de Baz	
45	15	México	108	Tultepec	Tultepec	
46	15	México	109	Tultitlán	Tultitlán	
47	15	México	120	Zumpango	Zumpango	
48	15	México	121	Cuautitlán Izcalli	Cuautitlán Izcalli	
49	15	México	122	Calle de Chalco Solidaridad	Calle de Chalco Solidaridad	
50	15	México	125	Tonanitla	Tonanitla	
51	15	México	015	-----	Atlautla	15% en cuenca (ME)
52	15	México	036	-----	Huexpoxtla	15% en cuenca (ME)
53	15	México	050	-----	Juchitepec	40% en cuenca (ME)
54	15	México	096	-----	Tequisquiac	40% en cuenca (ME)
55	13	Hidalgo	007	Almoloya	Almoloya	
56	13	Hidalgo	008	Apan	Apan	
57	13	Hidalgo	021	Emiliano Zapata	Emiliano Zapata	
58	13	Hidalgo	022	Epazoyucan	Epazoyucan	
59	13	Hidalgo	039	Mineral del Monte	Mineral del Monte	
60	13	Hidalgo	048	Pachuca de Soto	Pachuca de Soto	
61	13	Hidalgo	051	Mineral de la Reforma	Mineral de la Reforma	
62	13	Hidalgo	057	Singuilucan	Singuilucan	
63	13	Hidalgo	061	Tepeapulco	Tepeapulco	
64	13	Hidalgo	066	Villa de Tezontepec	Villa de Tezontepec	
65	13	Hidalgo	069	Tizayuca	Tizayuca	
66	13	Hidalgo	072	Tlanalapa	Tlanalapa	
67	13	Hidalgo	075	Tolcayuca	Tolcayuca	
68	13	Hidalgo	082	Zapotlán de Juárez	Zapotlán de Juárez	
69	13	Hidalgo	083	Zempoala	Zempoala	
70	13	Hidalgo	016	-----	Cuautepec de Hinojosa	% mínimo en cuenca (ME)
71	13	Hidalgo	052	-----	San Agustín Tlaxiaca	% mínimo en cuenca (ME)
72	13	Hidalgo	063	-----	Tepeji del Río Ocampo	% mínimo en cuenca (ME)
73	29	Tlaxcala	006	Calpulalpan	Calpulalpan	
74	29	Tlaxcala	020	Sanctórum de Lázaro Cárdenas	Sanctórum de Lázaro Cárdenas	
75	29	Tlaxcala	021	Nanacamilpa de Mariano Arista	Nanacamilpa de Mariano Arista	
76	29	Tlaxcala	045	Benito Juárez	Benito Juárez	

77	29	Tlaxcala	014	-----	Hueyotlipan	40% en cuenca (ME)
78	29	Tlaxcala	011	-----	Muñoz de Domingo Arenas	1% en cuenca (ME)
79	29	Tlaxcala	034	-----	Tlaxco	40% en cuenca (ME)
80	09	Distrito Federal	002	Azcapotzalco	Azcapotzalco	
81	09	Distrito Federal	003	Coyoacán	Coyoacán	
82	09	Distrito Federal	004	Cuajimalpa de Morelos	Cuajimalpa de Morelos	
83	09	Distrito Federal	005	Gustavo A. Madero	Gustavo A. Madero	
84	09	Distrito Federal	006	Iztacalco	Iztacalco	
85	09	Distrito Federal	007	Iztapalapa	Iztapalapa	
86	09	Distrito Federal	008	Magdalena Contreras	Magdalena Contreras	
87	09	Distrito Federal	009	Milpa Alta	Milpa Alta	
88	09	Distrito Federal	010	Álvaro Obregón	Álvaro Obregón	
89	09	Distrito Federal	011	Tláhuac	Tláhuac	
90	09	Distrito Federal	012	Tlalpan	Tlalpan	
91	09	Distrito Federal	013	Xochimilco	Xochimilco	
92	09	Distrito Federal	014	Benito Juárez	Benito Juárez	
93	09	Distrito Federal	015	Cuauhtémoc	Cuauhtémoc	
94	09	Distrito Federal	016	Miguel Hidalgo	Miguel Hidalgo	
95	09	Distrito Federal	017	Venustiano Carranza	Venustiano Carranza	
96	21	Puebla	053	-----	Chignahuapan	15% en cuenca (ME)

Fuente: Elaboración propia con base en Comisión Nacional del Agua, 2009.

CAPÍTULO 3

MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES; SIMULACIONES APLICADAS A LA DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS

Introducción

El capítulo 2 ha referido que la estructura económica de la Cuenca del Valle de México (CVM) presenta una estrecha dependencia con el exterior. En esas condiciones, es razonable esperar que en la economía y la sociedad surjan efectos sustanciales ante los impactos exógenos simulados, cuyos principales resultados se discuten en este capítulo.

El objetivo en este capítulo consiste en diseñar y estimar escenarios en los que se incrementa la demanda final que registra la CVM. En ese horizonte, se simulan y analizan los impactos en la estructura económica con el fin de valorar las implicaciones sobre el sector que suministra agua (organismos operadores) a través de la red secundaria -por medio del sistema de tuberías y tomas de agua- que aprovisiona al consumidor intermedio y final. En el primer capítulo se expusieron las características del modelo de multiplicadores contables (MMC). Con base en la MIP de la CVM, elaborada y presentada en el anexo I y cuyo contenido se ha discutido en el capítulo previo, se ha construido el modelo que constituye la base para la estimación de los escenarios simulados. Todos los resultados reportados en las tablas y el texto del presente capítulo son cambios registrados con respecto al año base, es decir, con relación a los datos de la MIP-CVM-2003.

Además de centrar la discusión de los hallazgos, la MIP-CVM-2003 sirve para realimentar los resultados del MMC, considerando como supuestos el desempleo de los factores de producción, la existencia de precios fijos y de recursos ilimitados.

El presente capítulo contiene cinco secciones además de la introducción. En la primera se presentan los resultados de las simulaciones a partir del MMC, en la segunda se lleva a cabo la proyección de la demanda de agua en la CVM a partir del MMC para el 2025; en la tercera, con base en la información de las secciones previas, se discute los límites del crecimiento por escasez del recurso hídrico en la CVM hasta el 2025 –año que las instituciones internacionales y nacionales han adoptado como referente en la estimación del comportamiento de numerosas variables que se relacionan con el agua-, finalmente, en la cuarta se presentan conclusiones.

3.1 Modelo de multiplicadores contables; simulación de escenarios

Una vez estimada la matriz de multiplicadores (\mathbf{Ma}) se avanza en las simulaciones, introduciendo cambios en el vector de demanda final $\vec{\mathbf{x}}$ para obtener el vector de ingresos totales, de acuerdo con el modelo $\vec{\mathbf{Y}}_n = \mathbf{Ma} \vec{\mathbf{x}}$. El vector $\vec{\mathbf{Y}}_n$ que resulta en cada caso, registra los impactos sobre el valor bruto de la producción (VBP).

En este modelo se aplican dos simulaciones que dan cuenta de los escenarios que la economía de la CVM enfrentaría de continuar la tendencia de crecimiento de la demanda de agua registrada en el año 2003.

- La primera simulación, se ha llevado a cabo adoptando como punto inicial la tasa de crecimiento promedio anual de 1.15% de la población vinculada con la demanda domésti-

ca de agua; la hipótesis es que ésta crece al mismo ritmo que lo ha hecho la población en la CVM en los últimos cinco años. En este escenario, el modelo ha permitido estimar el impacto directo e indirecto que un incremento del gasto en la demanda doméstica de agua tiene en el conjunto de la economía y en el mismo sector que aprovisiona el agua.

- La segunda simulación consiste en suponer que el PIB de las diversas actividades económicas, existentes en el conjunto de la CVM, crecen al mismo ritmo medio que lo hacen las ramas asentadas en los estados que configuran la cuenca, más la ciudad de México, en el periodo 2003 al 2010 -sin incluir el sector agua. El cambio en la demanda final que causa ese crecimiento se simula en el MMC que calcula el impacto en el aprovisionamiento del sector agua, a través de los cambios indirectos generados en la economía, como condición *sine qua non* para lograr el crecimiento.

Las dos simulaciones se han aplicado considerando los valores de la MIP-CVM-2003, registrados para ese año que se ha adoptado como referencia y a partir del cual se han originado los cambios que derivan de las pruebas realizadas. Cada simulación pretende mostrar las implicaciones correspondientes a cada tipo de escenario pero sin reflejar la capacidad del gobierno y de los hogares para contar con los recursos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos, así como tampoco se asume por descontado que las actividades económicas alcancen los ritmos de crecimiento especificados. Todas las simulaciones se hacen bajo el supuesto que los cambios considerados no implican gastos extraordinarios, por ejemplo, para instalación de nueva infraestructura, ni presionan los recursos hídricos, hipótesis que es resultado del supuesto de existencia de dotación ilimitada de factores de la producción y ausencia de cambio tecnológico.

El modelo ofrece resultados que muestran los impactos en las variables, incluyendo los cambios directos, introducidos por la misma política, así como los efectos indirectos que generan los intercambios en el propio proceso económico. Para evaluar cada simulación es importante examinar por separado los dos tipos de impactos, de la forma como se presenta en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Simulaciones aplicadas con el MMC a la Cuenca del Valle de México

Simulación	Escenarios		Impacto en pesos		
			Directo (1)	Indirecto (2) Impacto en el sector agua	(2/1)x 1000
Precios básicos del 2003					
Primera	Aumento demanda doméstica de agua	Crecimiento de la demanda doméstica de agua al 1.15% promedio anual del 2003 al 2010	114,780,812.8	541,721.7	4.7
Segunda	Aumento de la actividad económica	Aumento del PIB-CVM al 2.35% promedio anual del 2003 al 2010	325,000,458,780	396,382.68	0.0012196

Fuente: estimaciones propias a partir de la MIP-CVM-2003.

En la Tabla 3.1 se presentan las dos simulaciones aplicadas al MMC con información general de los resultados generados en cada una de ellas. La introducción de ingresos exógenos para cada tipo de escenario se hallan en la columna denominada *impacto directo* y se expresa en pesos con año base 2003. En la columna *impacto indirecto*, se presentan en pesos los ingresos generados en el proceso de interrelaciones entre los agentes económicos de la CVM en respuesta al ingreso exógeno. En la última columna se indica la capacidad de cada escenario para generar ingresos indirectos por mil pesos aplicados.

Consistente con los resultados de la última columna (ingresos indirectos entre directos), la simulación que introduce ingresos externos vía las actividades económicas, reporta una menor capacidad de generar ingresos indirectos sobre el sector que suministra agua puesto que por cada 1 mil pesos gastados se genera 0.0012 pesos de impactos indirectos, mientras que la simulación que aumenta la demanda doméstica de agua, crea 4.7 pesos por mil pesos de gasto. La relación entre ingresos indirectos por peso aplicado ha sido considerada como una proxy de la capacidad de cada tipo de gasto para aumentar la producción del sector proveedor de agua.

Los resultados de la Tabla 3.1 ofrecen una idea general del impacto diferenciado de los dos tipos de demanda que impulsan la producción de agua en la CVM. En lo que sigue, se presenta cada una de las simulaciones y se describe el tipo de efecto indirecto que generan los cambios señalados.

En las simulaciones se ha supuesto que los precios relativos de los bienes y servicios producidos en la CVM son fijos. A continuación, se presentan los precios implícitos para el caso del agua, derivados a partir de la MIP-CVM-2003, y con base en la información de volúmenes de consumo de agua por los hogares y las actividades económicas reportadas por la CONAGUA.

Tabla 3.2. Precios implícitos del agua en la Cuenca del Valle de México 2003

Variables	Demanda Actividades Económicas	Consumo de Hogares (público urbano)			Demanda Total
		Total Doméstico	Importado	Acuíferos	
Hm³ de Agua	800	2,122.00	622.00	1,500	2,922.00
Valor del Agua Suministrada (millones de pesos)	3,816.95	1,375.36	-626.22	749.14	4,566.09
Precio del m³ pesos 2003	4.8	0.65	1.007	0.50	1.56

Fuente: Elaboración Propia a partir de la MIP-CVM-2003 y estadísticas de CONAGUA.

La Tabla 3.2 sintetiza la situación del sector agua en la CVM en el año 2003 tanto en términos físicos como en valores monetarios, considerando el precio del m³ de agua el factor que relaciona ambos sistemas. La extracción total de agua fue de 2 mil 922 hm³ que en términos monetarios alcanza el valor de 4 mil 566 millones de pesos, que refleja que el costo promedio por m³ es de 1.56 pesos (última columna). Para satisfacer la demanda de la cuenca se importaron 622 hm³ de agua, a un costo estimado de 1.007 pesos por m³ del sistema Lerma-Cutzamala; la diferencia restante del recurso se extrae de la misma cuenca.

Los usos a que se destinan aquellos volúmenes son los siguientes, en orden de importancia: 800 hm³ para las actividades económicas que alcanzan un valor de 3 mil 816 millones de pesos, al precio básico de 4.8 pesos por m³; para uso doméstico se destinan 2 mil 122 hm³ que alcanzan un valor de 1 mil 375 millones de pesos ya que el precio del m³ de agua es de 0.65 centavos. El volumen de agua importada se pagó a un precio de 1.007 pesos por m³, mientras la extracción de los acuíferos para uso doméstico alcanzó los 1 mil 500 hm³ a un precio básico de 50 centavos el m³. Esta es la situación básica del modelo en lo que corresponde al sector agua que por añadidura considera que los precios se mantienen fijos en toda la aplicación de los escenarios. En consecuencia, las dos simulaciones arriba referidas mantienen como supuesto esa condición y pretenden generar dos escenarios económicos factibles de enfrentar, de acuerdo al desempeño de la actividad económica y al incremento de la demanda de agua de la población.

3.1.1 Simulación # 1: incremento de la demanda doméstica de agua 2003-2010

La CVM ha experimentado una tasa de crecimiento poblacional promedio anual de 0.94% en el periodo comprendido entre el año 2000-2005 y otra de 1.15% entre el 2005 y el año 2010. El crecimiento de la población se explica, en lo fundamental, por el estado de Hidalgo que aceleró su crecimiento en 1.14% en el periodo de referencia; las demás regiones aunque también aceleraron su crecimiento poblacional, aquel ha sido menor a un cuarto de punto porcentual (Tabla 3.3). A su vez, el comportamiento de la ciudad de México revela una ligera tendencia a estabilizarse, puesto que presenta una ligera aceleración de 0.08% (la diferencia entre las tasas de los periodos 2000-2005 y 2005-2010).

Tabla 3.3. Tasas de crecimiento de la población en la CVM

CVM	Tasa de crecimiento (2000-2005*)	Tasa de crecimiento (2005-2010**)	Cambio en la tasa crecimiento
Distrito Federal	0.27%	0.35%	0.08
Estado de México	1.44%	1.66%	0.22
Hidalgo	2.49%	3.63%	1.14
Tlaxcala	1.74%	1.79%	0.05
Total	0.94%	1.15%	0.21

* Incluye 16 delegaciones del Distrito Federal, 49 municipios del Estado de México, 15 municipios de Hidalgo y 4 municipios del Estado de Tlaxcala. El municipio de Tonanitla no existía en el año 2000.

** Incluye 16 delegaciones del Distrito Federal, 50 municipios del Estado de México (incluye Tonanitla de nueva creación), 15 municipios de Hidalgo y 4 municipios del Estado de Tlaxcala.

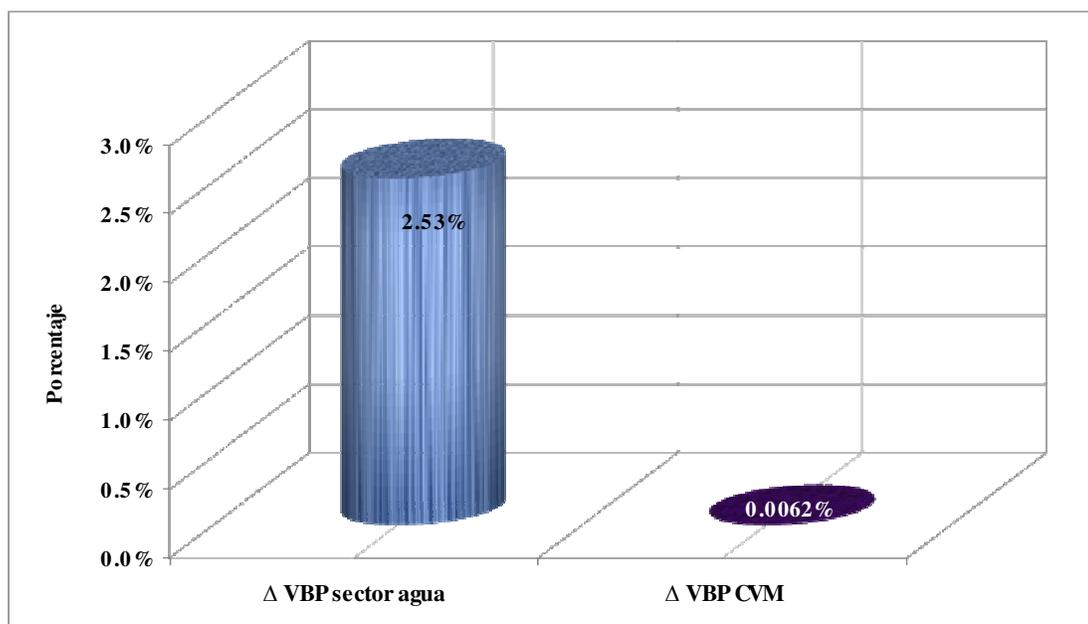
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000; INEGI, II Conteo de Población y Vivienda, 2005; INEGI, y XIII Censo de Población y Vivienda 2010; INEGI.

Esta simulación, estima un aumento de la demanda doméstica de agua en el periodo 2003-2010, con un ritmo de crecimiento de 1.15% promedio anual. Ese incremento considera que la demanda doméstica de agua aumenta al mismo ritmo que crece la población; en términos monetarios, el aumento traduce un gasto de 114 millones de pesos que permite suministrar agua a la nueva población en el año 2010, con los mismos volúmenes per cápita suministrados en el 2003.

El MMC captura el impacto que el gasto produce en dos agregados: por un lado, un incremento directo en la oferta de agua con un valor equivalente al monto invertido en su extracción, mientras por el otro, ocurre un impacto indirecto que se traduce en aumentos en la producción de los demás sectores que absorben el mayor estímulo de la demanda agregada, de los nuevos insumos que requiere el sector agua para satisfacer el volumen inicial considerado.

El aumento directo en la producción del sector agua, impacta a su vez el VBP de la CVM. En la Figura 3.1, muestra la forma en que el sector agua incrementa su VBP en 2.53%, mientras el VBP de toda la CVM aumenta seis milésimas de un punto porcentual que, no obstante su magra apariencia, implica un aumento significativo debido a la magnitud de la escala de la producción de la CVM -para el 2003 dicho VBP alcanzó la cifra de 3 billones 38 mil millones de pesos. En el sector agua, ese cambio significa un incremento de 4.5 millones de pesos y el aumento monetario de toda la cuenca resulta en 188.2 millones de pesos.

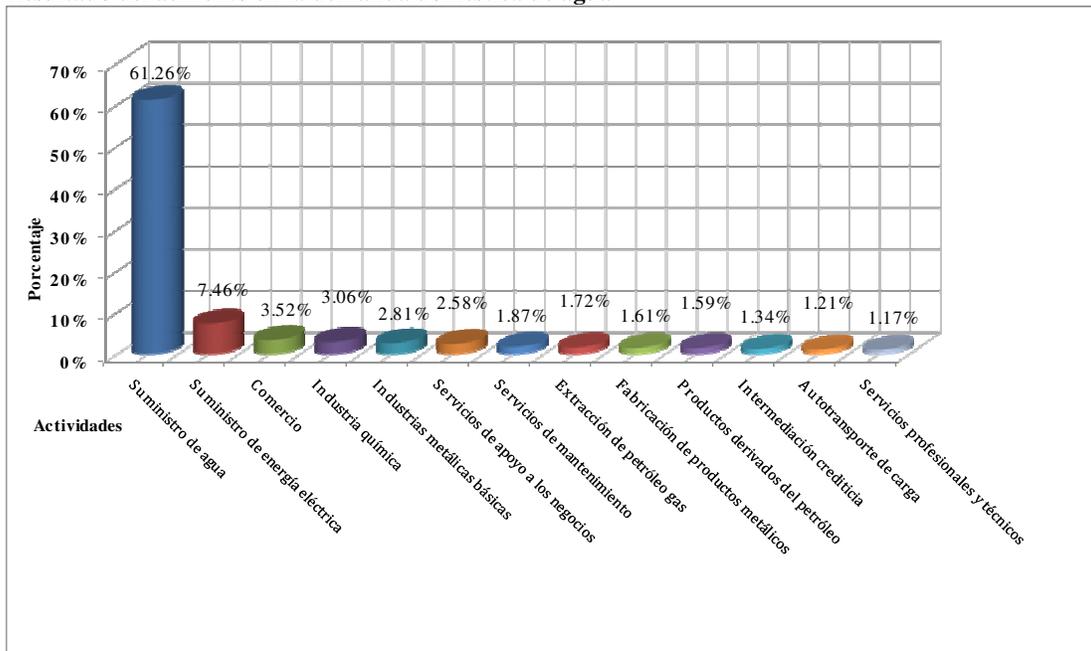
Figura 3.1. Impacto del aumento de la demanda de agua en el VBP del sector agua y en las actividades de la CVM, 2003-2010



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM-2003

El incremento en la producción del sector agua tiene efectos notables de arrastre sobre las actividades económicas referidas en la Figura 3.2. Es de interés subrayar que el sector agua es un detonador importante del crecimiento, puesto que participa en el incremento del VBP de toda la cuenca con un 61.26% (explicado por el impacto tanto directo como indirecto del aumento en la demanda agregada), y arrastra otros sectores que experimentan los impactos indirectos. En orden de prelación, los aumentos en la oferta de agua impacta los siguientes sectores clave en la cuenca: electricidad, comercio, industria química, metálicas básicas, servicios de apoyo a los negocios, sectores que registran una participación mayor al 1% en el aumento del VBP de toda la CVM.

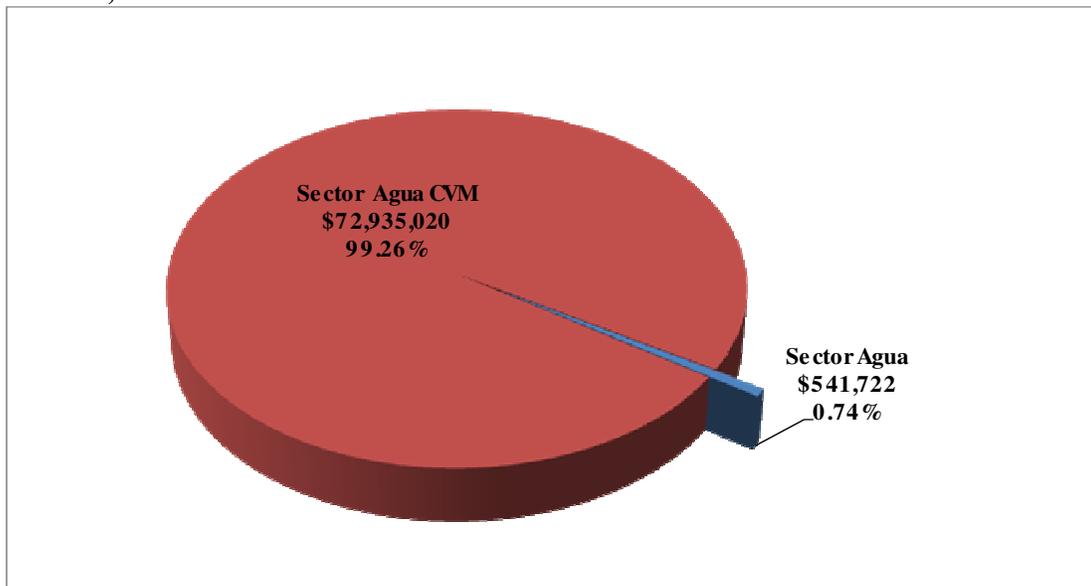
Figura 3.2. Actividades con mayor participación en el incremento del VBP de la CVM
Resultado del aumento en la demanda doméstica de agua



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003

De acuerdo con la Figura 3.3, en la que se considera únicamente el aumento de la producción, son relevantes los efectos indirectos en la CVM, en vista que es claro el impacto producido en el sector agua puesto que representa una participación menor al 1% que, en términos absolutos, implica un incremento 500 mil pesos, mientras que los demás sectores de la economía explican el 99% del impacto indirecto total que alcanza el valor de 72 millones 935 mil pesos.

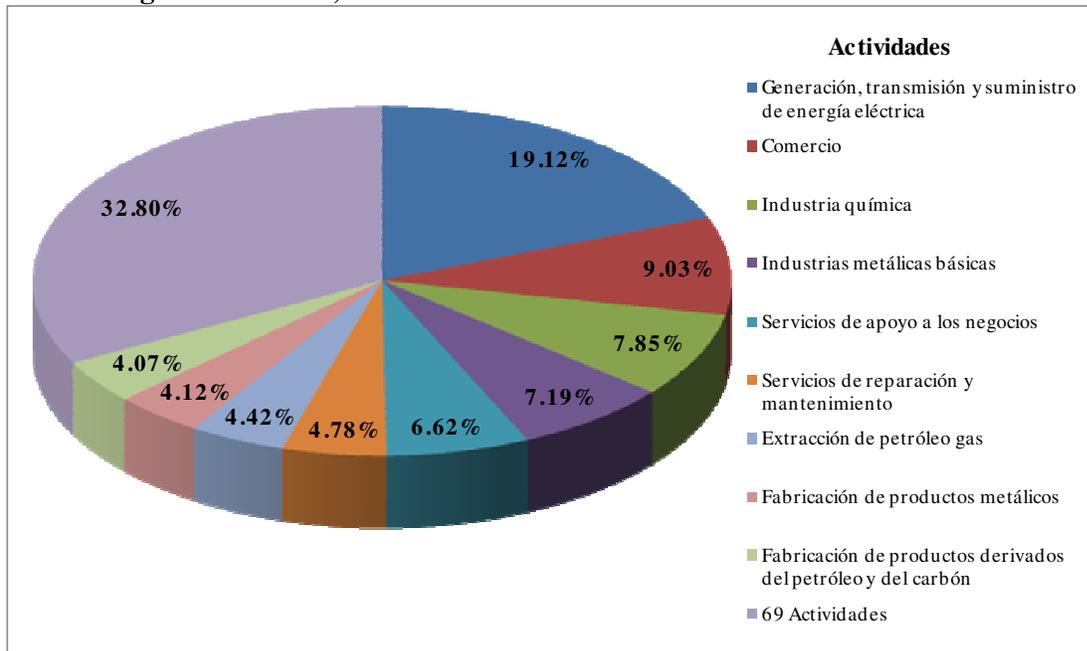
Figura 3.3. Impacto indirecto debido al aumento de la demanda doméstica de agua en la CVM, 2003-2010



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003

En esa perspectiva, la estructura económica de la CVM se caracteriza por relaciones intersectoriales que muestran una estrecha relación del sector productor de agua con las actividades que experimentan impactos indirectos e incrementan su VBP. En orden de importancia son las siguientes: generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, comercio, industria química, industrias metálicas básicas, servicios de apoyo a los negocios, servicios de reparación y mantenimiento, extracción de petróleo y gas, fabricación de productos metálicos, fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (ver Figura 3.4).

Figura 3.4. Actividades con mayor impacto indirecto ante el incremento de la demanda de agua en la CVM, 2003-2010



Fuente:

Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003

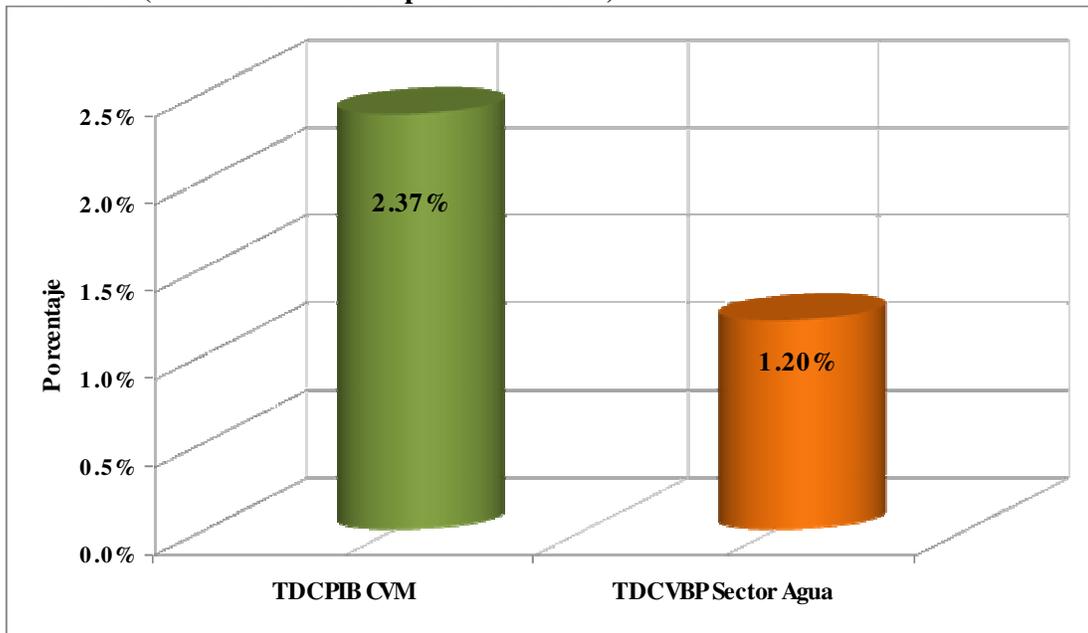
En síntesis, la simulación de este escenario muestra la capacidad de arrastre que el sector agua tiene sobre la actividad económica en la CVM y debe considerarse que el arrastre en la estructura es diferenciado, de acuerdo con los sectores económicos y que, en general, el impacto puede calificarse como moderado. En adición, cabe destacar que la relación más intensa del sector agua ocurre en las actividades que producen energía eléctrica y en el comercio.

3.1.2 Simulación # 2: crecimiento de la actividad económica y aumento de la extracción de agua

La simulación presentada en este apartado considera que en el periodo 2003-2010, el PIB de la economía de la CVM experimenta una tasa de crecimiento promedio anual de 2.37%, en el entendido que aquella sigue la misma tendencia registrada hasta el año 2009. Con base en las tasas de crecimiento del PIB registradas en cada una de las 78 actividades económicas presentes en la región (sin considerar el sector agua), se estimó el incremento respectivo de la demanda final generada por cada actividad en el periodo de referencia, con el objeto de evaluar el impacto que dicho aumento de demanda produce sobre el sector agua. En conjunto, la demanda final de la economía de la CVM experimenta un aumento de 325 mil millones de pesos en el periodo, sin considerar aumentos en el sector agua.

El vector de demanda final, aplicado al MMC, genera impactos indirectos que, en particular, y en lo que se refiere al sector agua, explican un crecimiento de su VBP de 1.20% promedio anual, para el mismo periodo de referencia (Figura 3.5). Es decir, el MMC relaciona el ritmo de crecimiento de la economía de 2.37%, con un crecimiento promedio anual en el sector agua del orden de 1.2%. Este incremento del VBP en el sector agua, se explica por la demanda que indirectamente genera el crecimiento de las actividades económicas que requieren de agua en sus procesos de producción; ese efecto se captura en el modelo, en el registro de impactos indirectos de la simulación.

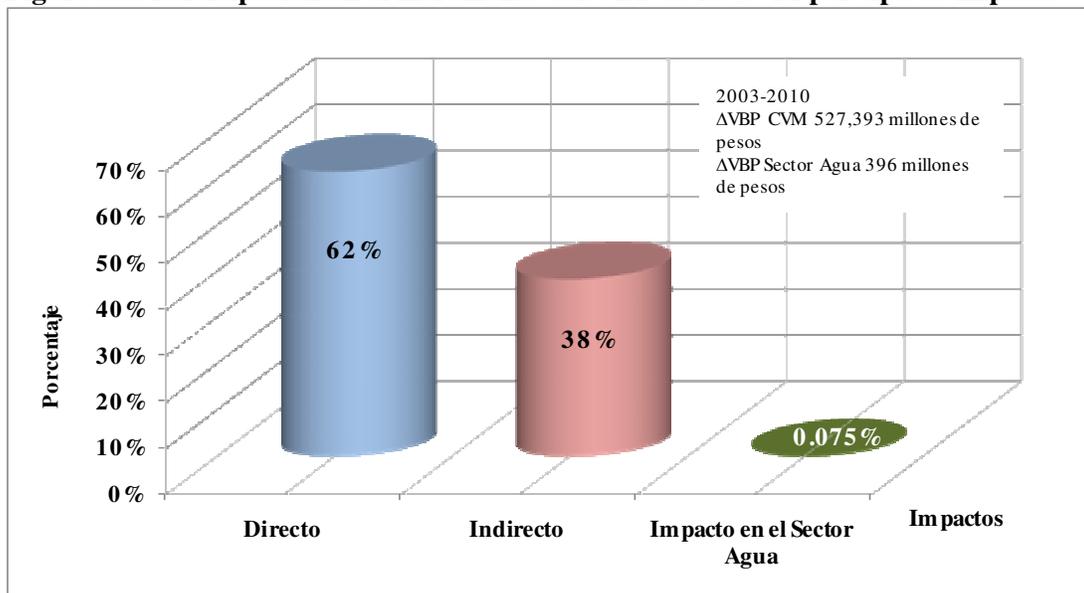
Figura 3.5. Crecimiento de la economía de la CVM y su impacto en el sector agua, 2003-2010 (tasa de crecimiento promedio anual)



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003

La producción total en la CVM se incrementa en 527 mil 393 millones de pesos en todo el periodo considerado; como es notable en la Figura 3.6, el 62% del aumento se explica por el crecimiento de la demanda final, y el 38% restante expresa los impactos indirectos derivados de las interrelaciones entre las mismas actividades económicas; este último agregado (impacto indirecto) incluye el incremento del VBP del sector agua, explicado por el impacto indirecto que implica un aumento de 396 millones de pesos (0.075%).

Figura 3.6. Participación en el incremento del VBP de la CVM por tipo de impacto



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003

En suma, esta simulación sugiere el arrastre importante que asume el crecimiento de la economía sobre el sector que suministra agua en la CVM, que anuda bien con la hipótesis que predica que las tasas de crecimiento promedio, histórico sectorial, reflejan un dinamismo importante del impacto de la demanda en el sector. Las actividades económicas que más demandan agua en su proceso de expansión, han sido tanto la industria manufacturera como la producción de bebidas y otras similares, conducta que se explica por los elevados valores de su multiplicador y el importante dinamismo que expresa.

3.2 Proyección de la demanda de agua en la CVM, 2003-2010-2025

En este apartado se proyecta la demanda de agua doméstica y de las actividades económicas, manteniendo la hipótesis que ambas experimentan el mismo comportamiento signado por la tasa de crecimiento poblacional y la del crecimiento económico del apartado previo y aplicando los resultados que han arrojado las simulaciones en el MMC. Cada proyección se ha realizado en dos fases, la primera corresponde al periodo 2003-2010 y se sustenta en los resultados de la sección anterior, mientras la segunda, comprende el periodo 2010-2025 y se añade a los resultados anteriores para dibujar una tendencia de más largo plazo.

Algunos supuestos simplificadores han sido necesarios para el desarrollo del siguiente ejercicio; p.e., el patrón de consumo de agua de la población existente en el 2003 se ha mantenido constante y el espectro tecnológico de 2003 no se ha modificado. Como se ha supuesto antes, los precios del agua no varían y existen recursos ilimitados para satisfacer los incrementos en la demanda doméstica y en la producción.

Las proyecciones del MMC se expresan en valores monetarios y, en vista que se cuenta con los precios implícitos de los recursos hídricos, puede estimarse el volumen físico de agua. De inicio, esos valores y magnitudes se utilizan en esta sección.

3.2.1 Proyección de agua de uso doméstico

En la Tabla 3.4 se observa que la población de la CVM en el 2003 registraba 19.2 millones de personas, el suministro de agua para esa población fue de 2 mil 122 hm³ que, en términos per cápita, representa un suministro de 303 litros per cápita diarios, cantidad que representa una dotación elevada respecto a otros lugares de México y del mundo. Para estimar el escenario de crecimiento de la demanda de agua doméstica en la cuenca, se adopta esa información como referencia y se proyecta, asumiendo que el ritmo de crecimiento de la población en el periodo 2005-2010 es de 1.15% promedio anual, que en resumen son los resultados de la primera simulación en el periodo 2003-2010 del apartado anterior.

Los resultados de la simulación de la demanda doméstica para el 2010 se anotan en la siguiente tabla en que se muestra que la demanda de agua alcanza el valor de 2 mil 236 hm³ para una población correspondiente de 20.8 millones de personas, cifra reportada por el último censo de población.

Tabla 3.4. Demanda Doméstica de Agua de la Cuenca del Valle de México

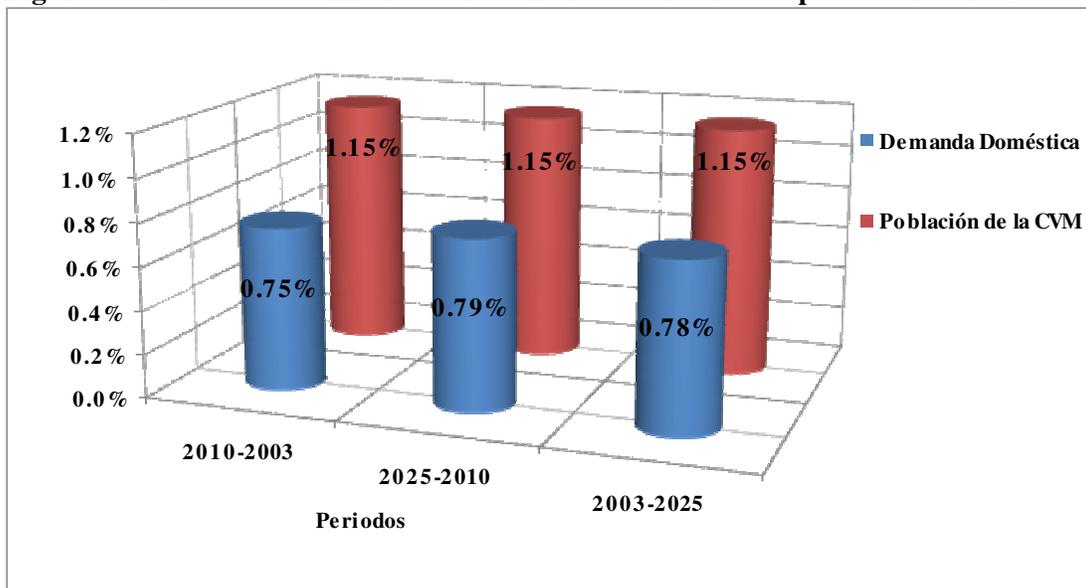
Varia-	Año	2003	2010	2025
Demanda Doméstica de Agua (hm³)		2,122	2,236.54	2,669.41
Población de la CVM (habitantes)		19,204,822	20,807,565	24,706,783
Dotación diaria (litros)		303	294	279

Fuente: Estimación propia a partir de la MIP-CVM 2003 y del XIII Censo de Población y Vivienda, INEGI.

Con base en los resultados de la primera simulación desarrollada para el año 2010, se efectúa una nueva aplicación del MMC –bajo los mismos supuestos-, con el fin de proyectar la demanda doméstica de agua para el 2025, que como se observa en la Tabla 3.4, registra una cifra de 2 mil 669 hm³. En este último año, la población estimada en la cuenca arribará a 24.7 millones de habitantes que demandarían una dotación de 279 litros per cápita diarios.

Más allá de examinar la viabilidad del suministro de esos volúmenes de agua en el año 2025, puede observarse en la Figura 3.7 que, mientras la población crece a un ritmo constante de 1.15% promedio anual en el periodo 2003-2025, la demanda doméstica de agua aumenta a un ritmo inferior a 0.75% hasta el 2010 para, a continuación, aumentar hasta 0.79% en el periodo comprendido desde la fase inicial hasta el 2025, trayectoria que configura una reducción de la dotación per cápita diaria de agua. A pesar que la demanda agregada de agua de uso doméstico acelera su ritmo de crecimiento en 0.03% entre ambos periodos, la dotación per cápita se reduce como factor de ajuste en el suministro de agua a la población. Sin precipitación ni abuso en la conjetura pero admitido que no se han introducido grandes obstáculos al abastecimiento en los procesos de simulación, una lectura objetiva del comportamiento de la dotación hídrica para uso doméstico en la CVM, no admite con facilidad conclusiones optimistas para el futuro de la sociedad y la economía.

Figura 3.7. Tasas de crecimiento de la demanda doméstica vs. población de la CVM



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003

En efecto, en la Figura 3.7 se observa que, en todo el periodo, la diferencia entre las tasas de crecimiento de la demanda doméstica y la de la población es de -0.37% , situación que refleja el ritmo al que se reduce la dotación per cápita de agua en la CVM, registrando un valor de 302 litros en el año 2003, para descender a continuación en el 2010, hasta un volumen de 278 litros per cápita diarios, reducción que es resultado de la evolución independiente de ambas tasas.

3.2.2 Demanda de agua y las actividades económicas

La proyección de este vínculo, opera de forma análoga a la anterior, pero ahora con los supuestos de la segunda simulación para el periodo 2003-2010 de la sección previa, recuperando los datos de aquella para establecer el escenario correspondiente al año 2025.

Los resultados de la segunda simulación para el 2010 se aplican en el MMC para examinar el impacto del crecimiento de la actividad económica sobre la tasa histórica de crecimiento del PIB regional¹ y su efecto en la producción del sector agua para el año 2025, obteniendo los resultados que se registran en la tercera columna de la Tabla 3.5.

En la Tabla 3.5 en la primera y segunda columna se registran datos de la demanda de agua para actividades económicas obtenidas en la simulación previa. De los 800 hm^3 requeridos en el 2003 se incrementa a 883 hm^3 en el año 2010 y hasta $1 \text{ mil } 266 \text{ hm}^3$ en el año 2025. Con base en el procesamiento de la información, en el año 2003, para producir mil pesos de PIB en la CVM se requerían 434 litros de agua, mientras que para el 2010 se necesitan 407 y serán necesarios 362 litros en el año 2025.

¹ El PIB de la CVM representa el 25.4% del PIB nacional en 2003.

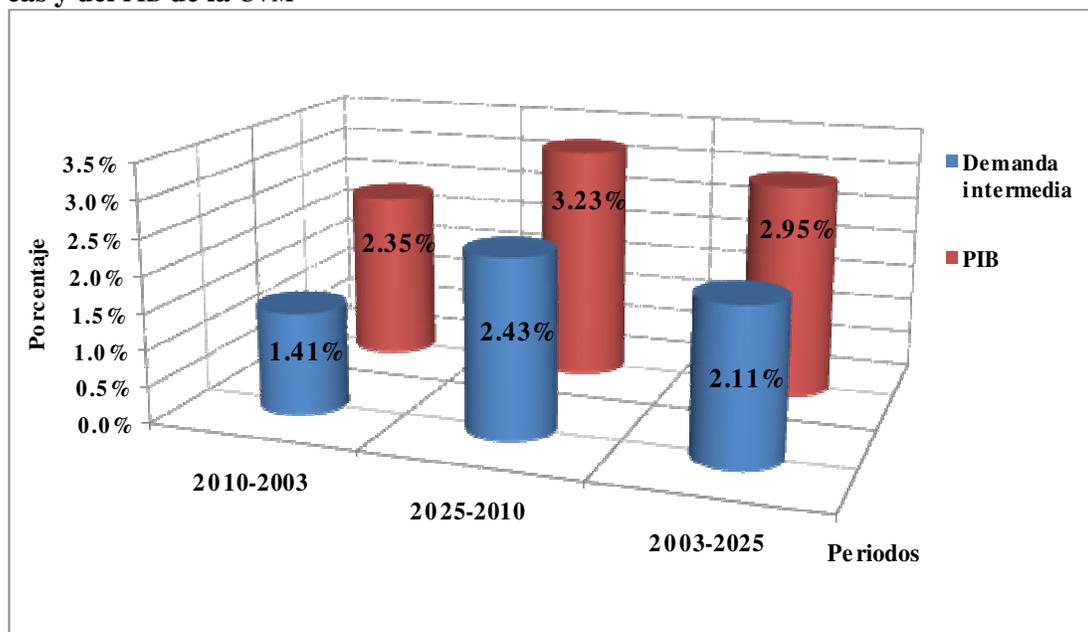
Tabla 3.5. Demanda de Agua por las Actividades Económicas de la Cuenca del Valle de México

Varia-	Año	2003	2010	2025
Demanda intermedia de Agua hm³		800	883	1,266
PIB de la CVM (precios básicos 2003 millones de pesos)		1,841,102.60	2,166,717.48	3,490,693.13
Litros / Miles de Pesos del PIB		434.52	407.33	362.67

Fuente: Estimación propia a partir de la MIP CVM 2003

La demanda de agua para actividades económicas en el 2025 alcanza el valor de 1 mil 266 hm³ y un PIB de 3.49 billones de pesos (Tabla 3.5). Estos datos implican que para dicho año, si la tecnología permanece constante, se necesitarán 362 litros para producir mil pesos de PIB.

Figura 3.8. Tasas de crecimiento de la demanda de agua de las actividades económicas y del PIB de la CVM



Fuente: Estimación propia a partir de la MIP CVM 2003

En la Figura 3.8 se muestra que el crecimiento del PIB de la CVM tiene un efecto de arrastre en el suministro de agua como consecuencia natural del desempeño de las actividades económicas en la cuenca. En el periodo 2003-2025, mientras el PIB crece al 2.95%, el sector extractor de agua lo hace al 2.11%, estimulado, en general, por la demanda de las actividades económicas.

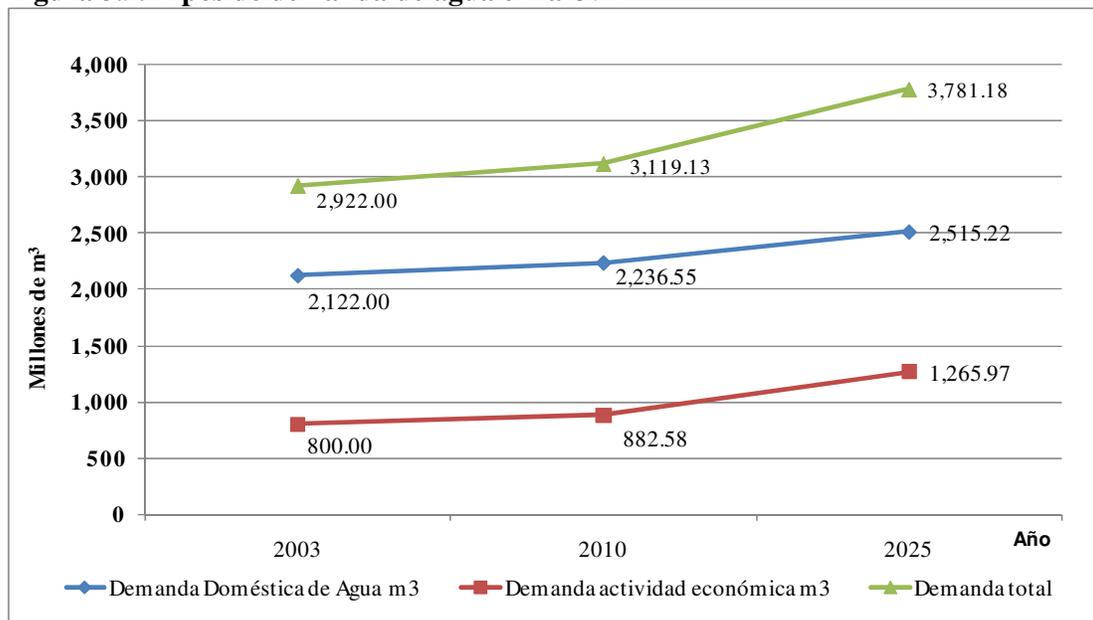
La diferencia entre las tasas de crecimiento de la demanda intermedia de agua, igual a 2.11% y la tasa de crecimiento del PIB de 2.95%, explica una tasa negativa de crecimiento de -0.84% en los requerimientos de agua para producir mil pesos del PIB. En el año 2003 fueron necesarios 434 litros por cada mil pesos de PIB, mientras que para el 2025 sólo serían necesarios 362 litros para generar el mismo valor. Sin embargo, sin abuso de la conjetura, si se supone de forma razonable

que los volúmenes de producción aumentarán, sin duda, los elevados valores absolutos explicados por la demanda de agua de la industria tampoco parecieran admitir conclusiones optimistas.

3.2.3 Proyección de la demanda agregada al 2025

Con base en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA)² del año 2003, la CVM extrajo 2 mil 922 hm³ de agua de todas las fuentes de abastecimiento a su alcance para satisfacer la demanda total de agua. Los derechos de explotación del agua se otorgan para usos específicos; en el año 2003, para abastecer la demanda doméstica total, se suministraron 2 mil 122 hm³ (incluye los usos doméstico y público urbano), volumen vinculado con el crecimiento de la población. De igual forma, en ese mismo año, el suministro para el desempeño de las actividades económicas alcanzó un volumen de 800 hm³ (177 hm³ destinados a uso industrial, 596 hm³ utilizados en la agricultura y 28 hm³ a otros usos) ver Figura 3.9.

Figura 3.9. Tipos de demanda de agua en la CVM



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM, 2003.

La demanda total de agua en la CVM se ha estimado agregando la demanda doméstica y la de las actividades económicas proyectadas en la sección previa. De acuerdo con la Figura 3.9, para el año 2010 la demanda agregada ha alcanzado una magnitud equivalente a los 3 mil 119 hm³, que para el año 2025 explicaría 3 mil 781 hm³. Como se ha argumentado arriba (ver supra), la proyección de la demanda en el MMC, tanto para el 2010 como para el 2025, se efectúa aplicando la tasa de crecimiento de la población de 1.15% y un crecimiento del PIB del 2.37% en la CVM. Ese escenario supone que las condiciones económicas y naturales no se modificarán en el tiempo. Por su parte, en su trayectoria en paralelo con aquellas condiciones, la tecnología se mantendría en el nivel actual. En adición, de igual forma se supone (en el modelo) que la política hidráulica, las

² En el Registro Público de derechos del Agua (REPDA) que registra los volúmenes del recurso concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales, registran los derechos especificando el volumen de agua a que se tiene derecho y el uso para el que se otorga. En la CVM el principal organismo encargado del suministro es la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (Gravamexsc).

tarifas en términos reales y todos los demás aspectos que se relacionan con la gestión del agua, permanecerán sin modificaciones importantes.

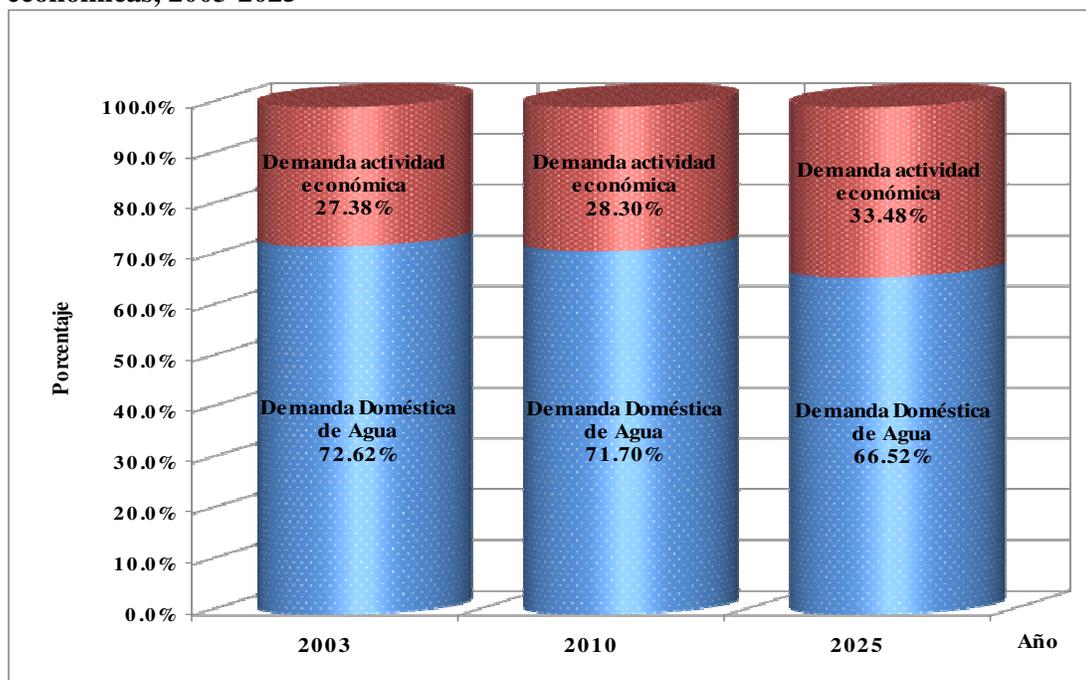
Conviene subrayar la participación de la demanda de uso doméstico en el total de la demanda agregada de agua, puesto que en el año 2003 representaba el 72.62% y para el 2025 explicaría 66.52%; es notable que el volumen de la demanda doméstica en el año 2025 reducirá su participación en la demanda agregada de agua en hasta 6.1%, como se observa en la Figura 3.10. Es claro aquí que el agua de uso doméstico es la arista más vulnerable de la demanda agregada, puesto que requiere de un mayor volumen del recurso.³

Entre las fuentes de abastecimiento para cubrir la demanda doméstica de agua en la cuenca, se cuenta, en primer lugar, los cuerpos subterráneos, pues de esta fuente dependen tres quintas partes (62%); sigue, en orden de importancia, la importación de agua del sistema Lerma-Cutzamala (29.3%); y por último, con magra participación, el agua tratada que representa el 6.0% del total del aprovisionamiento. Esta última fuente es, de facto, una opción de abastecimiento importante (e impostergradable) en el futuro inmediato, aunque por descuido institucional es un recurso poco utilizado en la CVM –el caso de la ciudad de Monterrey, Cancún, Baja California y otras ciudades de México, en donde la escasez de agua es dramática, hoy prefiguran un nuevo paradigma en cuanto a aprovechamiento del agua residual tratada, las formas de abastecimiento y la gestión adecuada de los recursos hídricos. La importación de agua de nuevas cuencas, supone costos muy elevados (mayores que los actuales), además que implica un horizonte de incertidumbre coyuntural y riesgo estructural desde una perspectiva del bienestar social y el desarrollo económico, en vista que significa, sin duda, introducir no sólo elementos de tensión social y política en las cuencas de las que se pretenda sustraer el recurso –sin mencionar factores de orden jurídico de naturaleza compleja. Por descontado, decisiones como aquella, tienden a generar conflictos sociopolíticos, puesto que atentan contra los derechos de explotación de las comunidades locales⁴. Las fuentes de agua superficial si bien, tienen una muy baja participación en el caso de la ciudad de México, puesto que representan sólo 2.5% del suministro total del uso público urbano, lo cierto es que para regiones hidrológicas que incluyen a los estados de Michoacán y Veracruz –sitios para los que existen planes de extracción y transportación de recursos hídricos hacia la ciudad de México en el futuro mediato-, no son nada triviales, puesto que el agua incluso constituye un medio de comunicación importante entre localidades y comunidades apartadas. Es probable que una toma de decisiones de esa naturaleza alimente una vez más los choques entre voluntades federales y estatales, frecuentes en los últimos años, en particular en el seno de la CVM.

³ La Ley de Aguas Nacionales (LAN) define con claridad meridiana el orden de prelación en el caso de enfrentarse situaciones de emergencia, escasez extrema, sobreexplotación o racionamiento; para cualquiera de esos casos tendría prioridad el uso doméstico (Capítulo IV, artículo 13). La LAN también contempla cambios en el orden de prelación cuando todas las partes involucradas lo aprueben incluyendo a la CONAGUA.

⁴ A finales del año 2006, la ciudad de México experimentó uno de esos conflictos, cuando grupos indígenas Mazahuas y Otomíes del Estado de México cerraron las válvulas de abastecimiento de agua potable en la planta de Berros en el Estado de México, en protesta por el abastecimiento de agua desde el sistema Lerma-Cutzamala y la negativa del gobierno federal ante la demanda de construcción de infraestructura para el abastecimiento doméstico.

Figura 3.10. Evolución de la participación de la demanda doméstica y de actividades económicas, 2003-2025



Fuente: Estimación propia a partir de la MIP CVM 2003

Ahora bien, el dinamismo de la demanda de agua destinada a las actividades económicas pasaría de 800 hm³ en el 2003, a un volumen de 1 mil 265 hm³ en el año 2025, hecho que muestra la fuerte capacidad de arrastre de la economía sobre el sector de la oferta de agua; el aumento de su participación en la demanda total cambiaría desde 27.38% en el 2003 hasta 33.48% para el año 2025. En particular, la demanda de la industria se concentra en las actividades manufactureras que son grandes usuarias de agua, como las empresas de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, y las productoras de alimentos, entre otras⁵. El sector agrícola es la actividad que más agua demanda aunque registre una baja participación en el PIB⁶ en la CVM y no parece enfrentar las fuertes restricciones de agua que padece el área urbana, que participa con una quinta parte de la extracción de la cuenca (20%).

El suministro de agua para el sector industrial depende en 70% del agua subterránea; 17.5% de agua tratada; 12.4% de aguas superficiales y prácticamente no utiliza agua importada. Esta actividad es la que tiene más flexibilidad para adaptarse a nuevas fuentes de suministro, puesto que existen actividades industriales que pueden incorporar sin problema agua tratada en sus procesos aunque existen otros sectores como el de alimentos y bebidas y quienes la utilizan en el enfriamiento de turbinas⁷, que requieren agua de primer uso como materia prima para la elabora-

⁵ Es difícil encontrar una sola clase, rama o sector industrial que no utilice agua en mayor o menor medida.

⁶ Dicho sea de paso, el sector agrícola participa con el 4.0% en el PIB, demanda alrededor de 75% del agua utilizada en México y es ejemplo negativo de subsidios en tarifas eléctricas, sobreextracción de recursos hídricos, uso antieconómico (por irracional) de suelos y agua. Con este espectro, la agricultura de riego, no tiene fácticamente ningún incentivo para incorporar nuevas tecnologías, eficientes en el uso del agua, mucho menos existe acicate alguno para desarrollar innovaciones a través de prácticas de investigación y desarrollo, que existen, pero la estructura de subsidios a la energía y al agua se erigen en factores que inhiben la incorporación de nuevas tecnologías.

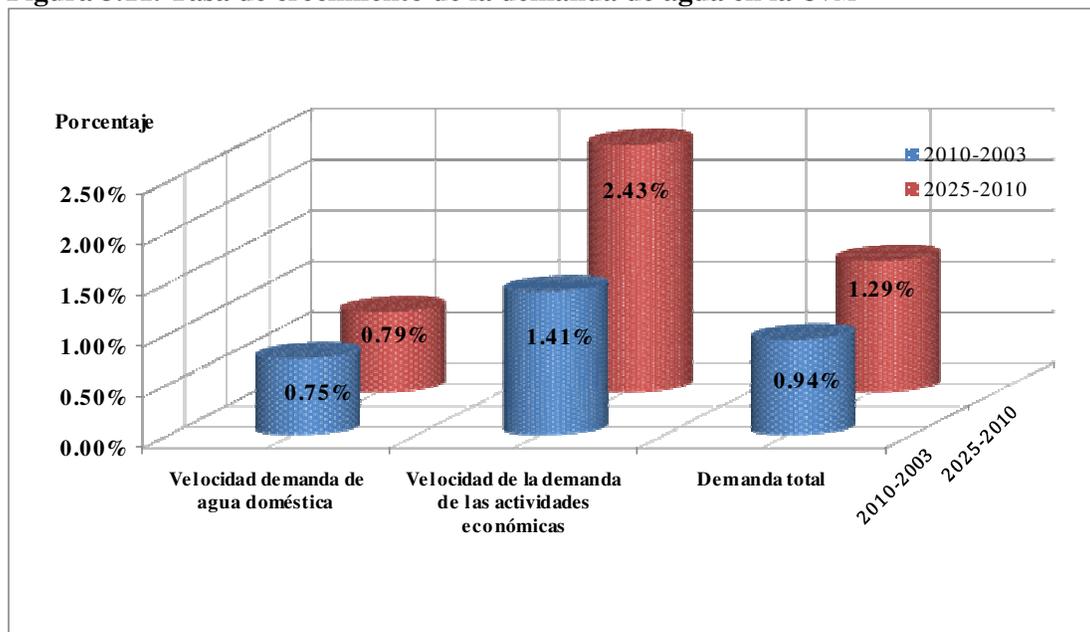
⁷ La demanda de agua depende del tipo de industria y en ingeniería se clasifica en cuatro tipos: para enfriamiento, para calderas, para el proceso productivo y para servicios generales. La utilización en las dos primeras demanda grandes volúmenes de agua para enfriamiento en diversos procesos, como en los condensadores de plantas generadoras de energía, refinamiento de petróleo, plantas químicas, enfriamiento de máquinas de combustión interna y enfriamiento en plantas de fundición. Los problemas que pueden presentarse en los sistemas de enfriamiento y en los procesos de generación de vapor o energía es que la mala calidad del agua

ción de productos o como complemento de procesos, por lo que los límites a su abastecimiento dependen de las fuentes de la CVM para su suministro.

3.3 Límites del crecimiento por escasez de recursos hídricos en la CVM, 2025

La demanda total de agua se ha incrementado en el periodo 2003-2010, a una tasa promedio anual de 0.94%; en el periodo 2010-2025 su crecimiento será de 1.29%, esto significa que acelerará su crecimiento en un 0.35%. Este horizonte dibuja claramente una presión creciente sobre los recursos hídricos que, a contrapunto, permanecerán constantes, en el mejor de los casos –la condición necesaria es que la política hídrica se modifique. ¿Pero qué segmento de la demanda agregada es la que presiona más los recursos hídricos? A pesar que las dos demandas aquí examinadas aumentan, de acuerdo con la Figura 3.11, la doméstica acelera su crecimiento en 0.05% entre los dos periodos de referencia, mientras la velocidad de crecimiento de la demanda de las actividades económicas es mayor, al transitar desde una tasa de 1.41% en el primer periodo, hasta otra de 2.43% en el segundo periodo; esto es, se acelera en 0.72%. En tales condiciones, la aceleración de la demanda de agua de las actividades económicas más que duplicarán la de la demanda doméstica durante todo el periodo de referencia.

Figura 3.11. Tasa de crecimiento de la demanda de agua en la CVM

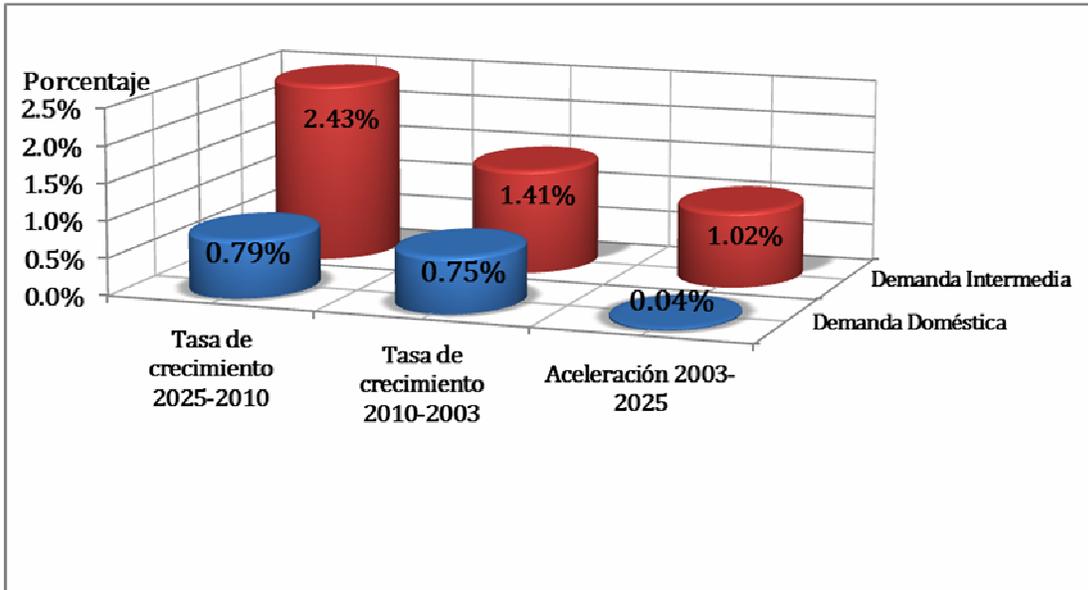


Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003.

Otra forma de comparar ambos segmentos de la demanda agregada, consiste en observar que las necesidades del insumo agua de las actividades económicas acelera su crecimiento en 1.02%, mientras que el de la demanda doméstica lo hace en 0.04%, comportamiento que explica el aumento de la participación de la primera en la demanda total en el año 2025 (Figura 3.12), incorporando un elemento adicional en la disponibilidad total del recurso y en particular, sobre la parte alícuota de los hogares.

puede afectar los sistemas de máquinas con formación de depósitos e incrustaciones, corrosión, obstrucción de los sistemas de distribución y otros más.

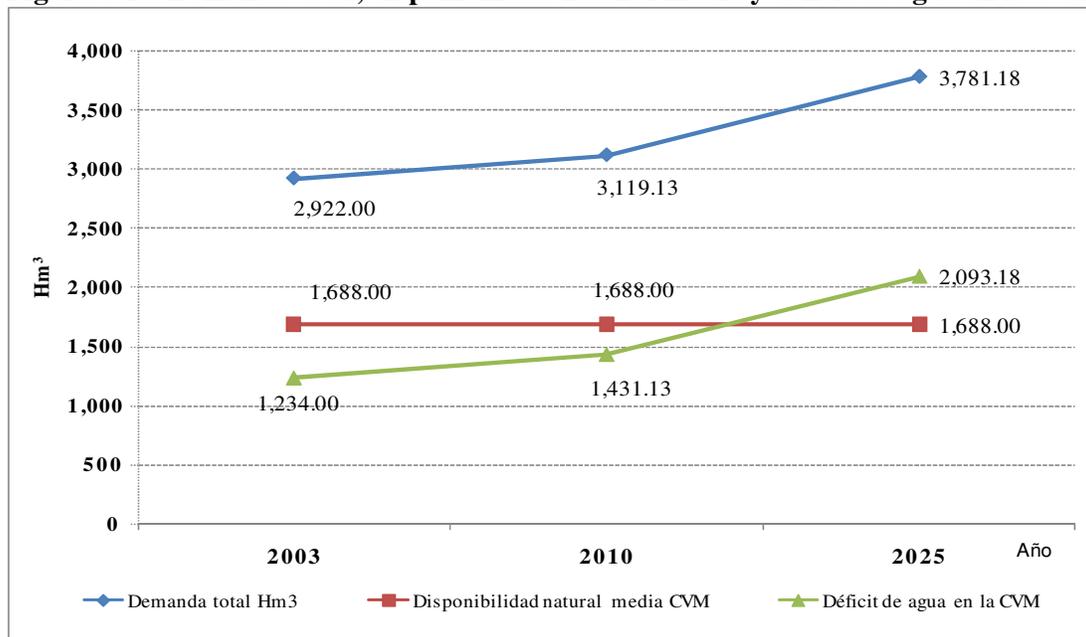
Figura 3.12. Aceleración de la demanda de agua en las actividades económicas y en la demanda doméstica (Tasas de crecimiento)



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003.

En esas condiciones, la disponibilidad natural del agua es una variable que depende de la naturaleza y es difícil aumentar su volumen artificialmente, excepto por virtud de la creación de mega obras de infraestructura que en la CVM son ya poco viables de desarrollar, además de implicar cuantiosos costos. La disponibilidad natural funciona como marco de referencia de la oferta total de agua para la CVM; para el 2003 la CONAGUA reportaba una magnitud de 1 mil 688 hm³ anuales y resulta razonable suponer esa cantidad constante en el largo plazo. En esta sección se ha contrastado la evolución de la oferta o disponibilidad natural de agua en la CVM con los resultados de la proyección, respecto a los volúmenes de la demanda total de agua para 2003 y los volúmenes estimados para el periodo 2010 y 2025. Además, se ha situado la diferencia entre la demanda y la oferta de agua –disponibilidad natural y proyección de la demanda-; los resultados se presentan en la Figura 3.13.

Figura 3.13. Demanda total, disponibilidad natural media y déficit de agua en la CVM



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM 2003.

En la Figura 3.13 se contrasta la tendencia ascendente de la demanda total de agua en la región del Valle de México con la disponibilidad natural media hídrica que permanece constante. La demanda de agua en el año 2003, ha sido de 2 mil 922 hm³, mientras la disponibilidad natural ha permanecido en 1 mil 688 hm³, hecho que ejemplifica que desde ese año existe un déficit del recurso del orden de magnitud de 1 mil 234 hm³. Se observa en la figura, cómo el déficit de agua aumenta en forma alarmante, de tal modo que para el año 2025 alcanzará un valor de 2 mil 093 hm³. La cuestión es ¿con qué recursos hídricos y económicos se cubrirá ese déficit y cuál será los costos marginales y totales –incluidos los costos sociales, políticos, ecológicos y ambientales– en el caso remoto que pueda continuarse con la sobreexplotación de los acuíferos y con la transferencia de agua desde otras cuencas? La respuesta deberá buscarse en el timón de mando de la política pública, ya sea ambiental y/o económica, que ya no puede por más tiempo olvidar el papel del mercado en la asignación de los recursos; al menos, no podrá continuar haciéndolo sin riesgo de contribuir al fracaso del crecimiento y el desarrollo de la CVM –por decir lo menos, sin referir componentes como el cambio climático que ya acentúa el estrés hídrico y aumenta los riesgos de inundaciones.

3.3.1 Grado de presión de los recursos hídricos y gestión no sustentable en la CVM

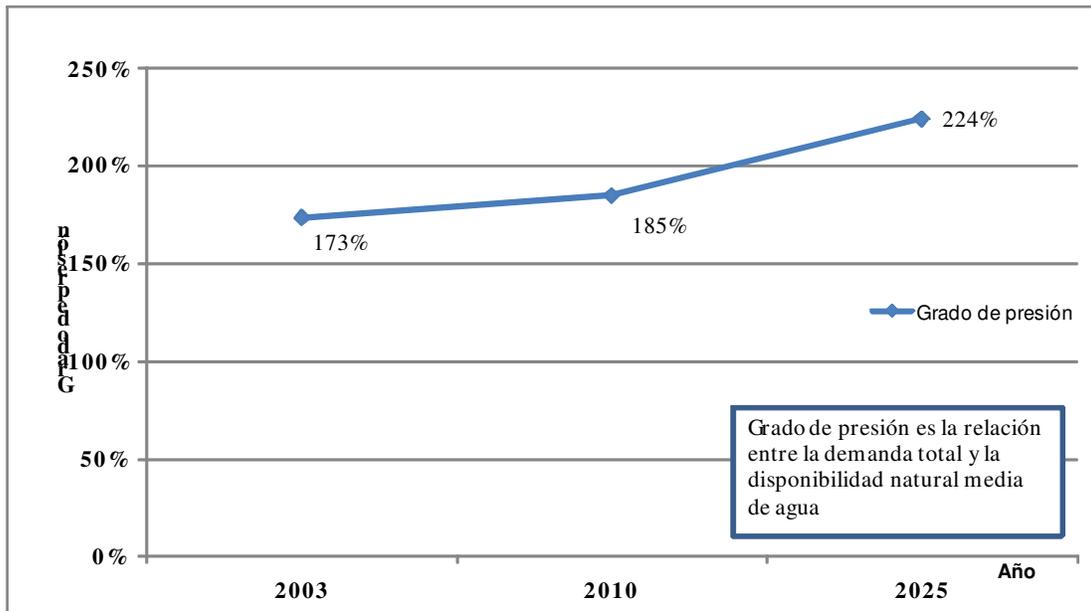
La demanda agregada de agua (y la otra cara de Jano, la extracción total) en la CVM ya representaba 1.73 veces la disponibilidad natural media de la cuenca en el año 2003. Esta relación, multiplicada por 100, da un valor de 173% que en la jerga especializada se traduce como *grado de presión* (ONU) o bien, *grado de estrés hídrico* (OECD, 2003)⁸. Con base en la clasificación internacional de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), un índice de presión mayor al 40

⁸ Para la OECD, cuando la razón dada por el agua extraída y disponible es igual a 20% tanto la oferta como la demanda necesitarán gestionarse y deberán resolverse los conflictos que surjan entre usos que compiten entre sí: demanda doméstica vs. demanda industrial; demanda agrícola vs. demanda industrial, etcétera. Con esta prefiguración del problema, es fácil ver que la aplicación de instrumentos económicos para la gestión de los recursos hídricos perderían casi toda efectividad, tendiéndose hacia el predominio de criterios arbitrarios, cuando no de fuerza. La ley en México confiere prelación al consumo humano por encima de cualquier otro uso en situaciones extremas, pero en una situación límite no puede descartarse su transgresión.

por ciento indica una presión fuerte sobre los acuíferos; en este caso, el índice de 173 por ciento muestra una presión extrema sobre ellos en la CVM (véase Figura 3.14).

En la Figura 3.14 se presentan los grados de presión total sobre los recursos hídricos en los años de referencia de este examen; el aumento acelerado muestra la gravedad del problema del agua en la región de la CVM. Puede observarse que con un grado de presión de 1.73 en 2003, asciende a otro de 2.24 para 2025 que, para efectos prácticos, significa pasar de una situación que va más allá de una presión fuerte a otra que implica acercarse al agotamiento de los recursos hídricos de la región. Este indicador, ubica a la CVM como una de las regiones del mundo con mayor estrés hídrico por la creciente escasez de agua.

Figura 3.14. Grado de presión del agua en la CVM

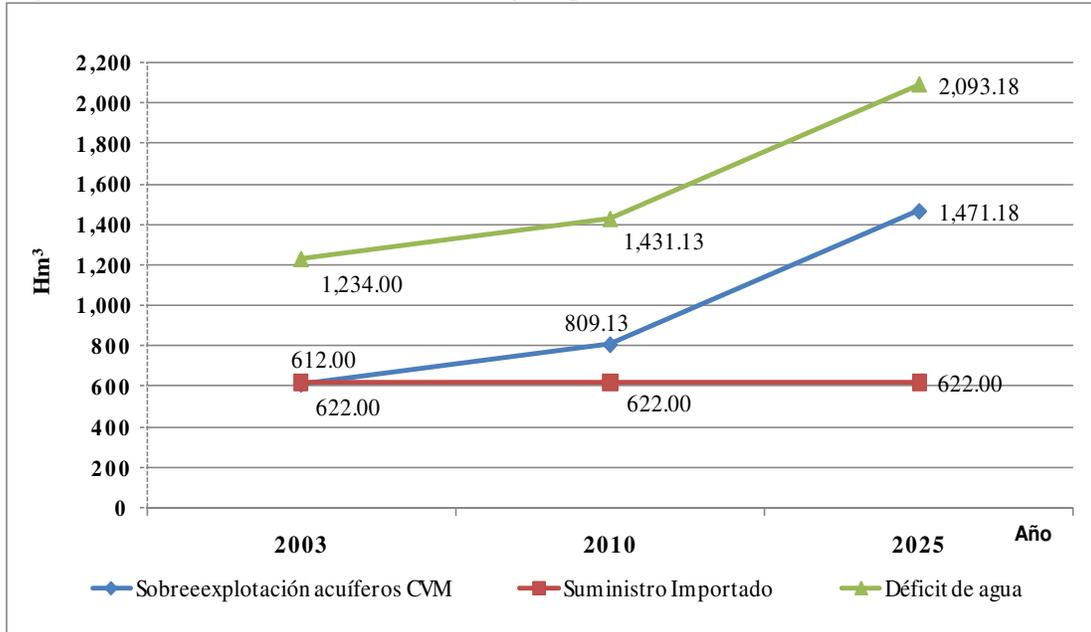


Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM, 2003.

3.3.2 Suministro de agua y déficit en la CVM

En la figura 3.15 se observa que el déficit de agua en la CVM se cubre con base en la sobreexplotación de los acuíferos y con la importación de agua de otras cuencas. El uso de agua tratada es marginal hasta hoy, situación de facto que explica porqué no se incluye en este estudio.

Figura 3.15. Fuentes de suministro de agua que cubren el déficit en la CVM



Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP-CVM, 2003.

En lo que se refiere al agua subterránea, en 2003 existía una sobreexplotación de los acuíferos del orden de 612 hm³ anuales; de continuar con esa dinámica, para el año 2025 la sobreexplotación anual será de 1 mil 471 hm³, volumen prácticamente imposible de extraer, por razones obvias. Este escenario muestra que es imposible continuar operando con una política basada en la sobreextracción de los recursos hídricos de los acuíferos subterráneos y en la ignorancia total del mercado y los costos ecológicos.

La sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México año con año se lleva a cabo extrayendo más agua de la que restituye la recarga natural; de ahí que, la única vía de mantener esa forma no sustentable de utilizar el agua, sea a costa de disminuir el *stock* ancestral que almacenan los acuíferos. Las consecuencias son numerosas, cuantiosas y algunas ya han sido señaladas líneas arriba. Sin embargo, descontada la subsidencia, extraer agua cada vez a mayor profundidad implica alteraciones importantes en la *calidad* del agua subterránea extraída (también denominada agua fósil); a medida que la extracción se efectúa a mayor profundidad, los costos se elevan y la calidad disminuye, constituyendo un riesgo para la salud pública, en vista de los componentes minerales tóxicos de su contenido. De nuevo, los costos aumentan de forma importante, no sólo porque el agua se extrae a mayor profundidad, sino también porque se requiere un mayor grado de tratamiento para su potabilización.

La segunda fuente de aprovisionamiento, puesta ya de relieve y que compensa el déficit de la CVM, es el agua importada. Este trabajo ha considerado esa fuente como constante en el periodo de referencia, dada la dificultad para incrementarla en el plazo proyectado –conviene recordar que la importación total de agua para satisfacer los requerimientos de toda la CVM representa un volumen de 622 hm³ al año. En perspectiva, las instituciones encargadas de la gestión del agua contemplan aumentar la importación, “aprovechando” que la CVM se encuentra rodeada de otras cinco cuencas; las más cercanas son las ya mencionadas de Lerma⁹ y la de Cutzamala,¹⁰ y las tres

⁹ Desde 1929 se vislumbró la posibilidad de conducir el agua desde el río Lerma y sus manantiales y a fines de 1940 se iniciaron los estudios correspondientes. En 1951 entraron por primera vez a la ciudad de México las aguas de la región del Lerma cuyas lagunas se encontraban 300 metros arriba respecto al nivel de la ciudad. En esta etapa se efectuaron las primeras captaciones de

restantes son las de Amacuzac, la de Libres Oriental y la del Río Tecolutla, que hoy son consideradas por diferentes niveles de gobierno (CONAGUA y SACM) como fuentes potenciales para el aumento del abastecimiento de la ciudad de México¹¹.

La relativa proximidad de las dos primeras cuencas ha contribuido en su elección para abastecer de agua a la ciudad de México; para importarla, se ha requerido la construcción de dos grandes obras de infraestructura hidráulica: una es el sistema Cutzamala que importa el recurso de cuerpos de agua superficial y, la otra, es el sistema Lerma de la RHA VIII del Balsas (Lerma-Santiago-Pacífico), que importa agua subterránea. La cuestión a responder es si esta forma de suministrar la oferta de agua desde fuentes externas es económicamente factible y ambientalmente sustentable en el futuro mediano e inmediato, supuesta la magnitud de la inversión necesaria para su desarrollo. Es evidente que el primer impacto será sobre la estructura de costos por m³ de agua importada —por concepto de transportación, almacenamiento, distribución y control de fugas, sin contabilizar el costo de ampliación de la cobertura del servicio de agua potable (red secundaria) y saneamiento, entre otras cosas—, dificultad a la que debe añadirse el límite físico de los acuíferos de las cuencas de las que se pretende extraer el recurso. Sin embargo, no es difícil prever que con esta medida las autoridades pretenden resolver la crisis del agua en la ZMVM, mostrando con este plan que el énfasis en la gestión del agua continúa puesto en una política de oferta y no sobre el manejo adecuado e integral de la demanda, ni mucho menos sobre la gestión integral de los recursos hídricos.

3.4 Conclusiones

El MMC, reproduce la economía de la CVM, relativa a la situación registrada en el año 2003; de forma específica, describe el sector que suministra agua y que se integra con los diversos organismos operadores ubicados en la CVM, cuyo valor alcanza los 4 mil 566 millones de pesos, importa del sistema Lerma-Cutzamala un valor de 622 millones de pesos. Las actividades económicas demandaron agua para ese año, por un valor equivalente a los 3 mil 816.9 millones de pesos, al precio básico de 4.8 pesos por m³ y, de 1 mil 375 millones de pesos, con un precio base de 0.65 centavos el m³ para uso doméstico.

El MMC supone que los precios de los bienes y servicios que se producen o utilizan en la CVM se mantienen constantes en todo el proceso de simulación, por lo que los resultados obtenidos se han medido en magnitudes físicas. La primera simulación ha mostrado el impacto que el incremento de la demanda de agua por parte de la población causa sobre la actividad económica de la CVM, en el caso en que la población crece a una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de 1.15%, tal y

aguas subterráneas al perforarse 5 pozos de entre 50 y 308 metros de profundidad. En la segunda etapa del sistema Lerma, entre 1965 y 1975, se extrajo agua por medio de la construcción de 230 pozos. La Cuenca de Lerma es alimentada por su río con caudales provenientes de la sierra del Pacífico, luego son introducidos a la ciudad para, finalmente, ser desalojados a las Cuencas que alimentan los ríos Tula, Moctezuma y Pánuco y desembocar finalmente en el Golfo de México.

¹⁰ En 1976 inició la obra de abastecimiento hidráulico más importante del país, el Sistema Cutzamala. El objetivo era traer agua a la Ciudad de México del río Cutzamala que antes solo se usaba para crear energía eléctrica. El problema de traer agua de este río no era la distancia, 130 km, como que las presas se localizaban en cotas muy por debajo de la Ciudad y por lo tanto se trataba de elevar el líquido por bombeo. La primera etapa de la obra consistió en tomar agua de la presa Victoria y conducirla por un acueducto, la segunda y tercera etapa inicia con la construcción de la planta potabilizadora y el acueducto central, lo que dio pie al abastecimiento a partir de las presas restantes, obra que concluye en 1992. Está latente una cuarta fase que consiste en ampliar la capacidad de abastecimiento mediante la derivación de una parte del agua del río Temazcaltepec para conducirla hasta la presa Valle de Bravo.

¹¹ Este trabajo considera que faltan elementos de análisis que complementen el diagnóstico fundamentado de lo que significa la continuación de una política que enfatiza la oferta. Sin embargo, no puede darse por descontada su viabilidad y en esas condiciones deberá echarse mano, sin duda, de los instrumentos económicos adecuados (fijación de tarifas crecientes por bloque, ajustes de los costos medios y marginales del monopolio natural, etc.) y no pasar por alto la centralidad del mercado y la función reguladora del estado en este caso particular.

como ha ocurrido en los últimos cinco años. En esas condiciones, se ha encontrado que un incremento de 2.53% en el VBP del sector agua impacta el VBP de toda la CVM en seis milésimas de un punto porcentual. En términos monetarios, para el sector agua el cambio de 2.53% significa un incremento de 4.5 millones de pesos y para toda la cuenca el incremento de seis milésimas significa 188.2 millones de pesos.

El impacto moderado de arrastre del sector agua se presenta principalmente en los sectores generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, comercio, industria química, industrias metálicas básicas, servicios de apoyo a los negocios, servicios de reparación y mantenimiento, extracción de petróleo y gas, fabricación de productos metálicos, fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón entre otros.

La segunda simulación muestra la importante dependencia que el crecimiento de la economía tiene sobre el sector que suministra agua en la CVM; el MMC relaciona un crecimiento del PIB en la economía de 2.37%, con un crecimiento en el VBP del sector agua del orden de 1.2%. Este incremento del VBP en el sector agua se explica por la demanda que indirectamente genera el crecimiento de las actividades económicas que requieren agua en su proceso de producción; el efecto se captura en el modelo en el rubro de “impactos indirectos” de la simulación de escenarios.

En el simulacro, en que el PIB de la cuenca aumenta el valor de la producción de la CVM, se incrementa en 527 mil 393 millones de pesos, en el periodo 2003-2010, el 62% se explica por el aumento directo en la demanda final, mientras el 38% se explica por los impactos indirectos derivados de las interrelaciones entre las mismas actividades económicas. Este último valor incluye el crecimiento del sector agua que explica el 0.075% del VBP del impacto indirecto que en pesos significa 396 millones de pesos.

Los impactos sobre el sector agua en los escenarios simulados para el 2010 y el 2025, una vez traducidos a volúmenes de agua, reportaron los siguientes valores. La demanda de agua para las actividades económicas pasa de 800 hm³ en el 2003 a una cifra de 1 mil 265 hm³ para el 2025, que muestra la capacidad de arrastre de la economía sobre el sector productor de agua. Ese comportamiento se refleja en el aumento de su participación en la demanda total del agua que pasa de 27.38% en el 2003 a 33.48% para el 2025. En particular, la demanda de la industria se concentra en las actividades manufactureras que son grandes usuarias de agua, como las empresas de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, y las productoras de alimentos, entre otras. El sector agrícola es la actividad que más agua demanda, aunque registre una baja participación en el PIB en la CVM y las restricciones de agua que experimenta son relativamente distintas a las del área urbana, que participa con una quinta parte de la extracción de la CVM (20%).

El suministro de agua para el sector industrial, depende en 70% del agua subterránea; 17.5% del agua tratada; 12.4 por ciento del agua superficial y sólo utiliza agua importada de forma marginal. En esas condiciones, la industria es la actividad que tiene mayor resiliencia a nuevas fuentes de suministro. Por otro lado, existen actividades industriales que pueden incorporar sin problema agua tratada en sus procesos, a diferencia de otros sectores, como el de alimentos y bebidas, que requieren agua de primer uso como materia prima para la elaboración de sus productos, por lo que los límites a su abastecimiento dependen de las fuentes referidas de la CVM.

En el año 2003, para abastecer la demanda doméstica total se suministraron 2 mil 122 hm³ para una población de 19.2 millones de habitantes. En términos per cápita, representó un suministro de 302 litros de agua por día, que es una dotación alta respecto a otros lugares de México y del

mundo. Para estimar el escenario de crecimiento de la demanda de agua doméstica en la CVM se asume esa información como punto de partida y se proyecta, considerando que la TCPA de la población que es de 1.15%. Para el año 2010, la demanda de agua alcanzó una magnitud de 2 mil 236 hm³ y para el año 2025 explica una cantidad de 2 mil 669 hm³. Es un dato relevante que para ese año, la población estimada en la cuenca configurará un número equivalente a los 24.7 millones de habitantes que demandarán una dotación diaria de agua de alrededor de 279 litros.

La demanda total de agua en la CVM (doméstica y de actividades económicas) proyectada al año 2010 es de un orden de magnitud de 3 mil 119 hm³ y de 3 mil 781 hm³ para el año 2025. Este escenario supone que no cambiarán las condiciones económicas ni naturales en el tiempo, que la tecnología y la política hídrica se mantendrán en el nivel actual, y de forma similar lo harán las tarifas en términos reales, así como todos los demás aspectos que se relacionan con el manejo del agua. El crecimiento se explica porque la demanda de las actividades económicas se acelera a una tasa de 1.02% y la de la demanda doméstica en 0.03%, situación que expresa un aumento de la participación de la primera en la demanda total para el año 2025.

El aumento referido, intensifica el gradiente de presión sobre los recursos hídricos, el aumento acelerado muestra la gravedad del problema del agua en la región de la CVM. En efecto, transita desde un índice de 1.73 para 2003 a otro de 2.24 para el año 2025, situación que en términos prácticos, significa pasar de un estado natural que va más allá de una presión fuerte a otra que implica aproximación al agotamiento de los recursos hídricos de la región. La brecha ocasionada por el déficit de agua en la CVM se intenta cerrar con la sobreexplotación de los acuíferos y con la importación de agua de otras cuencas –que en el futuro mediano planea añadir más fuentes externas para saciar el voraz apetito del ogro metropolitano. El uso de agua reciclada es marginal hasta el presente, por lo que no se incluye en el estudio, aunque es de preverse que su desarrollo es ineludible pero en general será lento.

Son varias las implicaciones del ejercicio realizado en este apartado en torno a las restricciones al crecimiento económico de la región ante la escasez de agua en el largo plazo. El crecimiento de la población no puede continuar sin enfrentar fuertes tensiones en la provisión del servicio de agua potable y alcantarillado por el lado de los hogares, y de agua subterránea, por la parte de las empresas. En esas condiciones, el aumento de la extracción desmesurada de los recursos hídricos, debido a la pobreza en la aplicación de instrumentos económicos en su gestión; la subsunción del problema del agua a criterios políticos con objetivos ajenos al bienestar, y la sobreideologización de un tema muy poco comprendido por los políticos y tomadores de decisiones en México, está desembocando en un peligroso *cul-de-sac*. Una práctica administrativa, que trata los recursos naturales como si fuesen ilimitados, a través de la persecución incesante de una oferta que nunca satisface adecuadamente la demanda; que no reconoce ni envía señales de la existencia de un umbral de alerta socio-ecológica, de seguridad local y nacional, así como la ausencia de un principio precautorio bien definido, son ingredientes que se han conjugado para dar como resultado un espectro de medidas (que no políticas públicas) que se revelan hoy prácticamente insostenibles por insustentables. Las consecuencias económico-ecológicas aún previsibles en estos días, pueden convertir la alerta de la reducción drástica de los recursos hídricos, de un tema precautorio de seguridad nacional hoy, en una interminable pesadilla mañana. Este escenario sugiere una política de desarrollo regional diferente, fundada cada vez más en la gestión de la demanda y en una política ambiental y de administración de los recursos naturales que sitúe en perspectiva un debate especializado (despojada de ideología) sobre el desacoplamiento entre crecimiento económico por un lado, y uso irracional de los recursos naturales y ambientales por el otro. Son escasos pero urgentes los estudios serios que formulen propuestas basadas en la centralidad del mercado, la regulación por el estado del monopolio natural conformado por los organismos operadores y la

promoción de una política eficaz de ciencia, tecnología y desarrollo, acompañados de señales claras y una serie de incentivos para la innovación, absorción (“catch-up”) de transferencia e incorporación de nuevas tecnologías, incluso más allá del marco regional de la CVM, que contribuyan a un uso sostenible y sustentable de los recursos naturales.

REFERENCIAS

Barceinas, P. F. y H. Cervini I. (1993). “Análisis de los Multiplicadores contables asociados a una matriz de Contabilidad Social para México”. *Análisis Económico*, vol. 11, núm. 22, pp. 3-46.

Baumol, William J. y Wallace E. Oates (1995, segunda edición) *The Theory of Environmental Policy* (Cambridge, Mass.: Cambridge University Press).

Becerril, G. J., G. Dyer L., J. E. Taylor y A. Yúnez-Naude (1996). *Elaboración de Matrices de Contabilidad Social para Poblaciones Agropecuarias: El Caso del Chante, Jalisco* (México: Centro de Estudios Económicos, El Colegio de México; Documentos de Trabajo, núm. VI).

Cohen, S. I. (1989) *Multiplier Analyses in Social Accounting and Input-Output Frameworks: Evidence for Several Countries*, en R.E. Miller, K.R. Polenske y A.Z. Rose (eds.), *Frontiers of Input-Output Analysis* (Oxford: Oxford University Press).

Crama, Y., J. Defourny y J. Gazon (1984) *Structural Decomposition of Multipliers in Input-Output or Social Accounting Matrix Analysis*, *Economie Appliquée*, vol. 37, pp. 215-222.

Defourny, J., y E. Thorbecke (1984) *Structural Path Analysis and Multiplier Decomposition Within a Social Accounting Matrix Framework*, *The Economic Journal*, vol. 94, pp. 111-136.

Foster, S. S. D.; P. J. Chilton (2004) *Downstream of Downtown: Urban Wastewater as Groundwater Recharge*, *Hidrogeology Journal* (12) 115-120

Foster, Stephen, Adrian Lawrence, Brian Morris (1988), *Las Aguas Subterráneas en el Desarrollo Urbano; Evaluación de las Necesidades de Gestión y Formulación de Estrategias* (Washington, D.C: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial), Documento Técnico del Banco Mundial No. 390

Frederick, Kenneth D., Tim Vandenberg, Jean Hanson (1996), *Economic Values of Freshwater in the United States*; (Washington, D.C.: Resources for the Future) Discussion Paper 97-03.

Fujita, Masahisa, Paul Krugman, Anthony J. Venables (2001) *Cities, Regions and International Trade* (Cambridge, Mass: The MIT Press)

Hatton McDonald, Darla (2004) *The Economics of Water: Taking Full Account of First Use, Reuse and Return to the Environment* (Australia: Scientific and Industrial Research); CSIRO Land and Water Client Report, A Report for the Australian Water Conservation and Reuse Research Program (AWCRRP), Folio No: S/03/1474

Ley de Aguas Nacionales (2010) *Agenda Ecológica Federal* (México: Ediciones Fiscales ISEF, S.A.); Actualización Anual: www.libreriaisef.com.mx

Morales J. A. y Rodríguez L. (2006) Perspectivas de Seguridad Nacional: el agua y la estructura industrial en México, en: *Agua, Seguridad Nacional e Instituciones. Conflictos y Riesgos para el Diseño de Políticas Públicas* (R. Constantino, Ed.) (México: Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República Mexicana-Universidad Autónoma Metropolitana).

OECD (2003) *Water: Performance and Challenges in OECD Countries; Environmental Performance Reviews* (París: OECD).

Pezzey, John C. V. (2002) *Emission Taxes and Tradable Permits A Comparison of Views on Long Run Efficiency* (Camberra: Centre for Resource and Environmental Studies).

Pigou, Arthur Cecil (2002) *The Economics of Welfare* (New Brunswick (USA) and London (UK): Transaction Publishers).

Polo, C., D.W. Roland-Holst y F. Sancho (1991b) Análisis de la Influencia Económica en un Modelo Multisectorial, *Investigaciones Económicas, Suplemento*, pp. 125-129.

Pyatt, G. y J. I. Round (1979) Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Matrix Framework, *The Economic Journal*, vol. 89, pp. 850-873.

_____ and J. Round (1985) *Social Accounting Matrices, A Basis for Planning* (Washington D.C.: The World Bank).

Renzetti, Steven (2002) *The Economics of Water Demand* (The Netherlands: Kluwer Academic Press).

Schuschny, Andrés Ricardo (2005) *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: Teoría y Aplicaciones* (Santiago de Chile: CEPAL/ONU)

Stone, R. (1985) The Disaggregation of the Household Sector in the National Accounts, en G. Pyatt, and R. Round (eds.), *Social Accounting Matrices* (Washington D.C.: The World Bank).

Taylor, J.E., and I. Adelman (1996) *Village Economics: The Design, Estimation and Use of Villagewide Economic Models*, (Cambridge, Mass.: Cambridge University press).

United Nations (1992) *Social Accounting Matrices, Revised System of National Accounts*, (New York: Versión Mimeo).

Toman, Michael A., *et al.* (2002) Progress and Problems in the Economics of Sustainability en Tom Tietenberg and Henk Folmer (Eds.), *International Yearbook of Environmental and Resource Economics* (Cheltenham, U.K.: Edward Elgar).

The World Bank (2004) *Water Resources Sector Strategy; Strategy Directions for World Bank Engagement* (Washington, D.C.: The World Bank).

Thompson, Stephen A. (1999) *Water, Use, Management and Planning in the United States* (New York: Academic Press).

FUENTES ESTADÍSTICAS

Compendio del Agua, 2004 (México: SEMARNAT; Gerencia Regional XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala).

Estadísticas del Agua 2005 (2005) *Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala. Región XIII*, (México: SEMARNAT; CONAGUA; IV Foro Mundial del Agua).

Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 (2001) (México: SEMARNAT; CONAGUA).

Programa Hidráulico Regional 2002-2006 (2003) Región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (México: CONAGUA; INEGI)

Situación del Subsector Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (2004) Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, SEMARNAT; CONAGUA; IV Foro Mundial del Agua.

XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. (México: INEGI).

II Conteo de Población y Vivienda 2005 (México: INEGI).

CAPÍTULO 4

Conclusiones

El examen realizado para el presente trabajo muestra la importancia del enfoque multisectorial para estimar cuantitativamente los posibles efectos del crecimiento económico y de la población sobre los recursos hídricos de la región Cuenca del Valle de México (CVM). El modelo de multiplicadores contables (MMC) permite evaluar los impactos de la evolución de variables económicas en la presión de los recursos hídricos puesto que los ajustes del modelo se realizan a través de cantidades en los distintos sectores de una economía (producción, consumo) al mismo tiempo que supone precios fijos. En el análisis se ha considerado la base de datos de la CVM para el año 2003 (MIP-CVM-2003), utilizada para la construcción del MMC en el estudio.

4.1 Síntesis de las características económicas e hídricas de la CVM

La construcción de la MIP de la CVM para el año 2003 (MIP-CVM-2003) permite identificar los rasgos fundamentales de la región estudiada. La MIP-CVM-2003 registra el flujo de las múltiples transacciones entre las mismas actividades de la región, así como entre éstas, el gobierno, los hogares y el exterior, mostrando la existencia de una organización económica compleja. La economía de la CVM sigue siendo la de mayor importancia en la economía nacional al representar la cuarta parte la producción del país y el 24% de su PIB, siendo relevante el aporte del Distrito Federal y el Estado de México.

La estructura económica de la CVM se integra con 79 subsectores que definen un valor bruto de la producción (VBP) global de 3 billones 31 mil 994 millones de pesos en el 2003, agregados en siete grandes sectores para facilitar su presentación. El sector servicios explica el 46.2% del valor siendo la actividad más relevante, seguido del sector manufacturero con un 26.8% y el comercio con un 14.2%. Esas tres actividades explican prácticamente el VBP de la CVM y son, en simultáneo con la población, los grandes consumidores de agua y energéticos.

El PIB de la CVM para el 2003 alcanzó un valor de 1 billón 838 mil millones de pesos generados por los tres sectores mencionados, destacando la participación del sector servicios que registró una participación superior a los otros sectores, con el 56.1%, seguido por el sector comercio con 17.5%, mientras la industria manufacturera explicó el 14.8%.

Una estructura económica y demográfica como la que registra la CVM, requiere de grandes volúmenes de agua para su funcionamiento, y su crecimiento depende de suministros cada vez mayores del recurso si los patrones de consumo actual se mantienen; vale decir, si las formas de utilización de los recursos hídricos continúan siendo no sustentables por ineficientes y despojados de criterios que gestionen adecuadamente la demanda, a través de fijación de tarifas al consumo y regulen el monopolio natural de la oferta.

La cuenca como unidad de gestión de los recursos hídricos, se constituye en eslabón prominente del ciclo hidrológico, además de ser el marco más apropiado para la determinación de los equilibrios del agua y por tanto, de la planeación hídrica. La demanda total de agua en la CVM alcanza los 2922 hm³,

cuatro quintas partes de ese volumen se extrae de cuerpos de agua ubicados en la misma cuenca y la otra quinta parte se importa del sistema Lerma-Cutzamala.

La importación de agua ha representado una solución estructural a la escasez del recurso en la cuenca, por lo menos desde los años cincuenta del siglo pasado. En 2003 se importaban 622 hm³ anuales, de los cuales tres cuartas partes provenían del sistema Cutzamala y una cuarta parte del sistema Lerma.

El agua que provee la misma cuenca proviene básicamente de su extracción de los acuíferos 1,943 hm³ y el agua que se importa tienen límites naturales y económicos que impiden cubrir requerimientos futuros; por lo que el suministro del agua tratada resulta ser una vía de abastecimiento que puede impulsarse de forma importante para lograr cubrir los crecientes requerimientos en los próximos años, por la vía de sustituir la utilización del agua de primer uso. En perspectiva, la utilización de agua tratada es la tercera fuente de abastecimiento de la ZMVM y alcanza una participación del 12 por ciento de la extracción total, constituyendo una alternativa futura a la crítica escasez de agua en el Valle de México, por la vía de aumentar la disponibilidad del recurso.

El uso público urbano que se refiere al abastecimiento por ductos al consumidor final, básicamente a hogares, depende del agua importada al representar el 30% de su abastecimiento; de agua subterránea en 62%, la reutilización del agua representa el 6% de su abastecimiento. Este uso es el más vulnerable a la importación al enfrentarse a límites económicos y físicos en el mediano plazo; la opción de la reutilización parece viable aunque no había sido adecuadamente considerada en el diseño de la política hídrica, sino hasta tiempos recientes.

Los usos del agua que dependen del abastecimiento subterráneo enfrentan los riesgos de escasez o enfrentar una restricción a su suministro; el uso público urbano (explicada por el consumo doméstico) depende de esta fuente en un 62%, y la industria en un 70%; es precisamente la población de la ZMVM y las actividades industriales, comerciales y de servicios las que enfrentan un alto riesgo en la continuidad adecuada de sus actividades básicas y productivas, debido a la dificultad para su futuro abastecimiento.

El crecimiento de la industria que utiliza agua en forma intensiva de primer uso – producción de bebidas embotelladas, las farmacéuticas y la electrónica utilizan agua ultrapura-, tiene cada vez menos condiciones para un desempeño eficiente desde el punto de vista de la estructura de costos de facturación de agua en la CVM. Estas industrias ya han decidido relocalizarse en sitios donde el agua no constituya un obstáculo mayor a su desempeño, sea por escasez o bien, fuese por las razones referidas de costos.

En el 2003 el sector industrial reportó usar agua tratada en un 17.5% de su abastecimiento total, y es factible que este pueda aumentar, queda mucho por hacer para que esta vía de suministro sea eficiente y eficaz. En la ZMVM existen diversas actividades industriales que pueden incorporar agua tratada en sus procesos y, por tanto, puede ser considerada como una fuente importante de suministro en el futuro, así como un ítem que contribuya al aumento de la disponibilidad en la CVM. Sin embargo, actividades como el sector de alimentos y bebidas, las farmacéuticas, la electrónica y otras requieren agua de primer uso, los volúmenes de extracción de agua subterránea son muy grandes y en vista de eso en el presente existen límites inmediatos y directos al abastecimiento, y con mayor razón en el futuro, si se considera el inminente crecimiento poblacional. Este sector no depende del agua impor-

tada, aunque existen las que se conectan a través de las tomas de agua potable que suministra la red de secundaria de abastecimiento finalmente recurren a ésta.

El uso agropecuario utiliza principalmente agua subterránea en un 40%, en segundo lugar agua tratada 34% y finalmente el 26% de agua superficial, su uso no compete en forma importante con la ZMVM y el valor del producto que genera no es importante en la producción de la CVM, lo que lo califica como un usuario ineficiente del recurso hídrico.

Al problema del suministro se agrega la expulsión del agua residual ya que la CVM no tiene salida natural para las descargas de agua residual, en vista de la forma cóncava de su configuración (endorreica). Su condición natural ha sido modificada por medios artificiales para transferir el agua residual y pluvial (esta es agua que se desperdicia por numerosas razones, entre otras se cuenta la falta de infraestructura adecuada y la pésima utilización de la existente) a la cuenca de Tula y con destino final en el Golfo de México. El problema con esa forma de disposición del agua residual es doble: por una parte, el agua que se exporta contiene elevados niveles de contaminación, por lo que los usos a que se somete han degradado la calidad y eficiencia de las actividades agrícolas; mientras por otro lado, se dispone del agua residual como si fuese un recurso ilimitado, en lugar de tratarla, utilizarla de nuevo y con eso disminuir el índice de tensión hídrica.

4.2 Síntesis del enfoque usado

A partir de la estructura económica de la CVM expresada, en su MIP-CVM-2003 se elaboró el Modelo de Multiplicadores Contables (MMC) que se basa en la concepción del funcionamiento de la economía de inspiración keynesiana, en el que se suponen precios fijos y desempleo.

La utilización de la estructura de insumo-producto para análisis de impactos directos e indirectos explicados por cambios en la demanda final, aplicando multiplicadores, constituye uno de los usos más frecuentes del modelo. En el horizonte de la estructura desarrollada aquí, se halla la exploración de extensiones para tratar específicamente con problemas ambientales y de recursos hídricos, así como aplicaciones alternativas del modelo cuando los datos se transforman en medidas alternativas resumidas de la actividad económica, similares a la descomposición de cambios a través del tiempo y cambios vinculados, en los que se evalúa la importancia relativa ponderada de los sectores.

4.3 Evolución de la demanda agregada de agua en la economía de la CVM al 2025

Al igual que en muchas regiones de México, la CVM no funciona de forma aislada. El comercio, los mercados de trabajo y la emigración están vinculados con el resto de la economía, con los Estados Unidos y en general con la economía mundial. En consecuencia, la economía de la CVM está relativamente determinada por lo que sucede en el resto de México y en el exterior a partir de los cambios en la oferta, la demanda, en particular en la importación de agua y los precios de bienes, servicios y trabajo. Además, la CVM está sujeta a otros cambios que provienen de las políticas públicas.

El enfoque multisectorial empleado en esta investigación constituye una forma de estimar con rigor los posibles efectos de tales cambios –exógenos y de política– en una región como la estudiada. La base de datos adecuada para alimentar el modelo es la MIP que es, en sí misma, una base de datos que reporta de forma consistente todos los flujos de bienes, servicios e ingresos entre todos los agentes de una economía en un período determinado.

El MMC elaborado reproduce la economía de la CVM para la situación registrada en el año 2003. En lo que se refiere al sector agua se registra la siguiente producción, con los siguientes componentes. La extracción total de agua en la cuenca (igual al valor de la producción) alcanzó un valor de 4 mil 566 millones de pesos, de los cuales suministró un valor de 3 mil 816.9 millones de pesos a las empresas que realizan actividades en la cuenca (a un precio básico de 4.8 pesos por m^3) y para cubrir las necesidades de los hogares suministró agua para uso doméstico por un valor de 1 mil 375 millones de pesos (a un precio básico de 65 centavos el m^3). El agua suministrada en términos del valor como lo reporta el modelo muestra que el 83.6% es para las actividades económicas y el 16.4% se destina al uso doméstico.

De acuerdo a información de CONAGUA el suministro de agua en la cuenca medida en volumen reporta que en el 2003 se suministraron 2922 hm^3 al conjunto de usuarios, el suministro a la demanda doméstica representó el 72.6% en tanto que la demanda intermedia el 27.4%. Dichas demandas de agua expresadas en m^3 , invierten la importancia de las participaciones de los usuarios reportadas en la matriz; y la relación entre las magnitudes respectivas permiten derivar los precios implícitos por m^3 aplicados o la demanda respectiva.

Lo que resalta a la vista de la política hídrica analizando los precios implícitos del recurso es que si el costo promedio de suministrar un m^3 de agua es de 1.56 pesos, el consumo doméstico paga debajo de dicho costo al pagar en promedio a 65 centavos el m^3 lo que muestra la magnitud del subsidio (91 centavos por m^3) y los usuarios de agua para las actividades económicas enfrentan la situación inversa al pagar 4.8 pesos por m^3 , es decir subsidian al sector doméstico. Sin embargo esta primera interpretación hay que matizarla al considerar que el mismo costo promedio está subvaluado, ya que en la contabilidad del valor del agua suministrada no se incluyen todos los costos de amortización de la infraestructura, los costos financieros, los costos de pérdida de sistemas naturales, de biodiversidad, de hundimientos diferenciales del suelo por sobreexplotación y que por lo tanto dicho costo promedio resulta subvaluado.

De cualquier forma los precios relativos de los usuarios indican claramente la política hídrica para el trato de cada tipo de usuario.

Otra cuestión interesante es el valor de la extracción del agua que indica que es de 50 centavos el m^3 , que resulta cuatro veces más barato que el costo de importar un m^3 que cuesta 1 peso, lo que explica la tendencia del gobierno a continuar con la práctica de continuar extendiendo permisos de extracción.

El MMC supone que los precios de los bienes y servicios que se producen o utilizan en la CVM se mantienen fijos en el trayecto de su aplicación, lo que permite transformar los resultados monetarios del modelo en magnitudes físicas.

La primera simulación muestra el impacto que el incremento de la demanda doméstica de agua tiene sobre la actividad económica de la CVM bajo el supuesto de que la población crece al 1.15% anual en

el periodo 2003-2010; el resultado es un incremento de 2.53% anual en el VBP del sector agua impacta el VBP de toda la CVM en seis milésimas de un punto porcentual. En términos monetarios el cambio significa un incremento de 4.5 millones de pesos para el sector agua y el incremento de seis milésimas significa 188.2 millones de pesos en la producción de la cuenca.

El arrastre que el sector agua tiene sobre la actividad económica se presenta principalmente en los sectores generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, comercio, industria química, industrias metálicas básicas, servicios de apoyo a los negocios, servicios de reparación y mantenimiento, extracción de petróleo gas, fabricación de productos metálicos, fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón entre otros.

La segunda simulación mide la dependencia que el crecimiento de la economía de la CVM tiene sobre el sector agua; el MMC reporta que un crecimiento del PIB de 2.37% en la cuenca produce un incremento del VBP del sector agua de 1.2% promedio anual. El incremento en el sector agua se explica por las demandas que indirectamente genera el crecimiento de las actividades económicas que requieren agua en su proceso de producción, efecto que se captura en el modelo bajo el rubro de impactos indirectos de la simulación.

En términos absolutos – en la segunda simulación- se considera que la producción de los sectores económicos de la CVM se incrementa en 527 mil 393 millones de pesos en el periodo 2003-2010, el 62% se explica por el aumento directo en la demanda final y el 38% se logra por los impactos indirectos derivados de las interrelaciones entre las mismas actividades económicas. Ese valor incluye el crecimiento del sector agua que traduce el 0.075% del valor absoluto del incremento del VBP por el impacto indirecto que significa 396 millones de pesos.

A partir de los resultados obtenidos para el 2010, en los dos escenarios anteriores, se estima nuevamente simulaciones para el año 2025 y se obtienen proyecciones de la demanda doméstica de agua y de las actividades económicas en el periodo 2003 al 2025. Los impactos de los escenarios aplicados para el 2010 y 2025, una vez transformados en volúmenes de agua, reportan los siguientes valores. La demanda de agua para las actividades económicas transita desde 800 hm³ en el 2003, hasta una magnitud de 1 mil 265 hm³ para el año 2025, situación que muestra la dependencia de la economía sobre el sector productor de agua. Ese comportamiento se refleja en el aumento de su participación en la demanda total del agua que pasa de 27.38% en el 2003 a 33.48% en el año 2025. En particular, la demanda de la industria se concentra en las actividades manufactureras que son grandes usuarias de agua, como las empresas de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, y las productoras de alimentos, entre otras.

El suministro de agua para las actividades económicas depende en 70% del agua subterránea; 17.5 por ciento de agua tratada; 12.4 por ciento de aguas superficiales y prácticamente no utiliza agua importada. Esta actividad es la que tiene mayor flexibilidad para adaptarse a nuevas fuentes de suministro, existen actividades industriales que pueden utilizar sin problema, en sus procesos técnicos, agua tratada, mientras otros sectores como el de alimentos y bebidas, farmacéutico y electrónica requieren agua de primer uso como materia prima para la elaboración de sus productos, por lo que los límites a su abastecimiento dependen de fuentes de la CVM para su suministro.

La proyección de la demanda doméstica para el mismo periodo muestra que si bien en el 2003 el suministro fue de 2 mil 122 hm³ para una población de 19.2 millones de habitantes, en términos per

cápita, representa un aprovisionamiento de 302 litros al día que es una dotación elevada respecto a otros lugares de México y del mundo. Para estimar el escenario de crecimiento de la demanda de agua doméstica se ha partido de esa información como base y se proyecta considerando el ritmo de crecimiento de la población que es de 1.15% promedio anual. Para el 2010 la demanda de agua alcanza el valor de 2 mil 236 hm³ y para el 2025 arribará a los 2 mil 669 hm³; en ese año la población estimada en la cuenca explicará un número equivalente a los 24.7 millones de habitantes que demandará una dotación diaria de agua de 279 litros per cápita.

La demanda total de agua en la CVM (doméstica y de actividades económicas) proyectada al año 2010 arroja la magnitud de 3 mil 119 hm³ y de 3 mil 781 hm³ para el año 2025. Este escenario supone, si *ceteris paribus* las condiciones económicas y naturales a través del tiempo, que la tecnología tendrá el mismo nivel que hoy; la política hidráulica, las tarifas en términos reales y todos los demás aspectos que se relacionan con el manejo del agua permanecerían sin cambios relevantes. Los importantes volúmenes alcanzados se explican por la aceleración en 1.02% en la velocidad de crecimiento de la demanda de agua en las actividades económicas, mientras que la demanda doméstica se acelera solo en 0.03%, situación que explica el aumento de la participación de la primera en la demanda total del año 2025.

El importante aumento en la demanda total de agua incrementará el grado de presión sobre los recursos hídricos en la CVM, de un grado de presión de 173% para 2003 asciende a uno de 224% para 2025 que, para efectos prácticos, significa pasar de una situación que va más allá de una presión fuerte a otra que implica acercarse al agotamiento de los recursos hídricos de la región. El déficit creciente de agua en la CVM se cubre vía la sobreexplotación de los acuíferos que resulta la vía más barata y con la importación de agua de otras cuencas que resulta el doble de la antes mencionada. El uso de agua tratada aparece marginal hasta el 2003 y puede ser clave para cubrir el déficit.

4.4 Reflexión final

Las implicaciones del ejercicio realizado en este trabajo muestran que el crecimiento económico de la región enfrenta restricciones ante la escasez del recurso agua en el mediano y largo plazo, el crecimiento urbano no puede seguir sin enfrentar contracciones fuertes del servicio de suministro del agua, al mismo tiempo que aumentar la extracción del recurso hídrico por presiones económicas más allá de las que se realizan en la actualidad se vislumbra imposible; el espectro es prácticamente insostenible y las consecuencias ambientales previsibles son graves. Ante este escenario se sugiere una política de desarrollo regional diferente y una política ambiental y de manejo de los recursos naturales que pongan sobre la mesa la contradicción del crecimiento y sugiera soluciones como el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías. Sin embargo, ese trabajo está aún por hacerse.

Otra importante implicación es que los precios del agua no reflejan los verdaderos costos en que se incurre en su suministro, además de los elevados subsidios directos del gobierno no se contabilizan los costos de depreciación de la infraestructura, además de los costos ambientales que se están ocasionando. Los organismos operadores no captan, ni de lejos, los ingresos que deberían y la consecuencia es la falta de inversión en infraestructura hidráulica.

Hasta hoy, el suministro de agua de la CVM descansa en la sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México y de la importación desde el sistema Lerma-Cutzamala, la aportación de las aguas superfi-

ciales en mínima. Los usuarios de agua dependen fundamentalmente de los cuerpos de agua subterráneos que se encuentran sobreexplotados. Los hogares y la actividad comercial enfrentan un alto riesgo ante la eventual suspensión o caída en los volúmenes de agua suministrada; de hecho estos problemas se enfrentan ya en regiones específicas (52 colonias en la Delegación Iztapalapa en el DF, por sólo mencionar un solo punto conflictivo). La importación de agua, para constituir una solución alternativa, debe proveer volúmenes importantes del recurso y aquello representa una opción costosa en términos económicos, políticos y ambientales.

La conclusión general en este trabajo es que el actual sistema hidráulico que abastece a la CVM es insuficiente en el mediano y largo plazo para los requerimientos de la economía que alimenta, con una economía que crece al 2.37% promedio anual y la población al 1.15% los volúmenes demandados no pueden ser abastecidos. Los resultados de dicho escenario implica requerimientos de agua que de acuerdo a la evolución la demanda total de agua en términos físicos debe crecer al ritmo de 1.18% promedio anual; ritmo que llevaría al sistema hídrico hasta un umbral que amenaza con desestabilizar el conjunto de la vida en la región, al paso que pone en riesgo la continuidad del sistema económico y urbano más importante de México. El espacio urbano es demasiado grande para el sistema natural hídrico en el que se apoya, frenas su recarga, daña y destruye ecosistemas locales y los suelos se han degradado debido a la presión de la urbanización desordenada. Regular este proceso de destrucción de los recursos naturales y físicos que implica el uso predatorio del agua, implica cambios radicales en las políticas hídricas. La oportunidad de modificar de raíz los esquemas obsoletos que subyacen a las medidas (que no políticas hídricas) de manejo hídrico pronto se agotarán y quizá nadie desee testimoniar las implicaciones de ir más allá del umbral en que se halla la cuenca.

Desde el punto de vista de la economía normativa, una nueva política hídrica debería realizar cambios en los factores que determinan el nivel de la demanda de agua, de tal forma que tanto los hogares hagan un uso eficiente del recurso y no se considere sólo como maná caído del cielo y un derecho humano irrestricto que, sin duda alguna lo es, pero como todo derecho tiene como contraparte un deber. Una buena política al respecto se reflejara en una importante caída de la cantidad de agua que se usa por persona. En simultáneo, las empresas deberán adoptar nuevas tecnologías para producir con mayor eficiencia (menos agua) lo que se reflejara en la disminución de la cantidad de agua requerida para producir 1000 pesos de VBP. En términos prácticos para los hogares existen nuevos equipamientos ahorradores de agua y para las empresas la adopción de nuevas tecnologías ahorradoras del mismo. De vital importancia resulta la aplicación de instrumentos económicos tales como el manejo de tarifas a partir de mediciones exactas, así como brindar información adecuada, clara, fidedigna y educación a la población en general.

Una gestión sostenible y sustentable del agua requiere de inversiones suficientes para la recolección de agua de lluvia, el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura y la rehabilitación del ecosistema; existe un vacío en la política hídrica que ajuste la demanda de agua al abastecimiento que puede proporcionar la Cuenca del Valle de México bajo condiciones diferentes a las actuales.

La gestión integral del recurso requiere integrar al servicio de abastecimiento del agua, el drenaje y tratamiento del agua residual que requieren de una extraordinaria mejora en la gestión y de inversiones cuantiosas que no se pueden alcanzar bajo las actuales condiciones. La gestión del agua debe ser económicamente eficiente, socialmente equitativa y ambientalmente sustentable.

Por último, cabe señalar que no obstante la riqueza del enfoque aplicado, los modelos multisectoriales suponen que el exterior tiene la capacidad para absorber el aumento de los excedentes comercializables. Sin embargo, ese no es necesariamente el caso, menos aún en el momento actual en que México experimenta un lento dinamismo en su crecimiento, debido a la falta de reformas estructurales postergadas desde años atrás, la casi nula diversificación de mercados en el exterior, el despreciable papel de los bancos en la inversión, el bajo nivel de competencia y de competitividad y otros más que desbordan el objetivo de este documento. Asimismo, en el enfoque se supone que los agentes económicos tienen capacidad de cambiar el uso de sus factores de producción de una actividad a otra y de comercializar sus excedentes. Sin embargo, de nueva cuenta, lo anterior no es necesariamente cierto; las acciones públicas para el desarrollo de las actividades económicas requieren políticas adicionales a las eminentemente productivas.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	...
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

