

NÚMERO.176

HÉCTOR MANUEL BRAVO PÉREZ, JUAN CARLOS CASTRO RAMÍREZ

Construcción de una matriz de contabilidad  
social con agua para el estado de Guanajuato

FEBRERO 2006



[www.cide.edu](http://www.cide.edu)

• Las colecciones de **Documentos de Trabajo** del CIDE representan un medio para difundir los avances de la labor de investigación, y para permitir que los autores reciban comentarios antes de su publicación definitiva. Se agradecerá que los comentarios se hagan llegar directamente al (los) autor(es).

• D.R. © 2006. Centro de Investigación y Docencia Económicas, carretera México-Toluca 3655 (km. 16.5), Lomas de Santa Fe, 01210, México, D.F.  
Tel. 5727•9800 exts. 2202, 2203, 2417  
Fax: 5727•9885 y 5292•1304.  
Correo electrónico: [publicaciones@cide.edu](mailto:publicaciones@cide.edu)  
[www.cide.edu](http://www.cide.edu)

• Producción a cargo del (los) autor(es), por lo que tanto el contenido así como el estilo y la redacción son su responsabilidad.

## *Resumen*

---

*La pregunta que se responde en este trabajo es la siguiente: ¿es posible construir una matriz de contabilidad social con el agua como factor de la producción para un estado de la República Mexicana?*

*La pregunta es relevante debido a que este tipo de matrices sirve como insumo a los modelos de equilibrio general computable, instrumento idóneo para la evaluación de políticas públicas.*

*En el presente trabajo se sigue la metodología propuesta por Rebeca Harris y Sherman Robinson para la construcción y actualización de la matriz. La información necesaria para el desarrollo del trabajo fue obtenida de la Matriz de Insumo-Producto elaborada para Guanajuato y de datos hidrológicos proporcionados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.*

## *Abstract*

---

*The question answered in this work is the following: it is possible to build a social accounting matrix with the water like factor of the production for a state of the Mexican Republic?*

*The question is relevant because of this type of matrices are inputs to the Applied General Equilibrium Models, suitable instrument for the evaluation of public policies.*

*In the present work is followed the methodology proposed by Rebeca Harris and Sherman Robinson for the construction and update of the social accounting matrix. The necessary data for the development of the work was taken out from the Input-Output matrix of 1985 and of hydrologic data provided by the Mexican Institute of Water Technology.*



## Introducción\*

---

Al inicio de la presente administración las autoridades encargadas de la protección del medio ambiente se plantearon como objetivo restaurar el nivel del embalse del lago de Chapala a su máximo histórico, en vista de que en los últimos años se había reducido constantemente hasta niveles considerados críticos.

Esto había sido ocasionado principalmente porque el agua que debería escurrir hacia el lago era aprovechada, en su mayoría, aguas arriba, por agricultores del estado de Guanajuato y de Michoacán así como por la extracción de agua para la ciudad de Guadalajara. Para revertir las consecuencias negativas de este comportamiento, se han emprendido diversas medidas de control y manejo del agua en la cuenca Lerma-Chapala.

En el año 2001, la Semarnat le solicitó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua el diseño de medidas económicas de corto y largo plazo, auxiliares para el control del nivel medio del embalse del lago. Se propuso entonces la aplicación de un Banco del Agua, en la misma línea que el propuesto en California en la década de los noventa.<sup>1</sup>

Durante las negociaciones sostenidas con el fin de diseñar el Banco del Agua, manifestaron algunas deficiencias en las políticas públicas para el manejo de los conflictos en el uso del agua: escaso control sobre los usuarios del agua en la cuenca; ausencia de representatividad de los agentes interesados en los servicios medioambientales del lago en la toma de decisiones, y la ausencia de un sistema adecuado de precios, principalmente para el agua dedicada a la agricultura.

Tanto el marco regulatorio como la administración del recurso son deficientes, esto hace muy complicada la asignación eficiente y equitativa de los recursos hidráulicos y, por tanto, deja indeterminado el volumen de agua que debería dedicarse a la preservación del lago de Chapala. La aplicación de políticas públicas erróneas ha contribuido a disminuir considerablemente el nivel del lago de Chapala.

La política más nociva desde el punto de vista conservacionista es fijar una tarifa nula para el uso del agua en la agricultura. Con una tarifa así, los agricultores tienen incentivos a utilizar agua hasta el punto en que el valor de la productividad marginal del recurso es nulo o hasta que se acabe el agua concesionada, lo que ocurra primero, inhibiendo además incentivos para el cambio técnico ahorrador de agua.

---

\* Este trabajo forma parte del proyecto: *El tamaño del lago de Chapala y su efecto en el bienestar social* y fue realizado con el apoyo financiero del Fondo Sectorial Semarnat-Conacyt.

<sup>1</sup> Véase Bravo, H.; Castro, J. y Gutiérrez, M. (2005).

Por otro lado, el Consejo de Cuenca, foro en el cual se asigna el agua entre los distintos usuarios, está dominado por los agricultores, quienes perciben el agua destinada al lago de Chapala como un desperdicio.

Para evaluar las políticas del manejo del agua superficial y sus efectos en el bienestar social en la cuenca Lerma-Chapala es necesario contar con una metodología que contemple la interrelación simultánea de todos los elementos significativos. La metodología más conveniente es la del Equilibrio General Aplicado<sup>2</sup> (MEGA).

La razón por la cual se decidió utilizar esta metodología es obvia: se necesitaba medir en términos de bienestar, los efectos de aplicar el convenio de distribución de aguas superficiales a distintos niveles de restricción de agua en la agricultura. Los mercados involucrados en el análisis son: el mercado de trabajo, bienes agrícolas, agua superficial y bienes de productos finales. Era necesario además calcular una medida de bienestar que contemplara los efectos sobre estos mercados, considerando los efectos sustitución e ingreso. La única herramienta metodológica que nos permite esto es la que finalmente se eligió.

A su vez, la metodología del Equilibrio General Aplicado requiere la construcción de una Matriz de Contabilidad Social específica para la cuenca. El objetivo de este trabajo es construir una Matriz de Contabilidad Social que permita simular las políticas referidas anteriormente. Se presenta la forma en que se construyó la Matriz para 1993 y una actualización de la misma para el año 2003, utilizando el método de la entropía cruzada.<sup>3</sup>

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la primera parte se revisan los antecedentes de la matriz de contabilidad social<sup>4</sup> así como los antecedentes teóricos de los modelos de equilibrio general aplicados; en la segunda parte se construye una SAM para Guanajuato que incluye al agua como factor de la producción y permitirá la calibración de un modelo de equilibrio general aplicado; la construcción de la SAM se hizo tomando en cuenta la información existente, sin recurrir a encuestas. Previamente se construyó un prototipo agregado de la SAM a partir de una Matriz de Insumo-Producto elaborada para el estado de Guanajuato<sup>5</sup> y finalmente se presenta una actualización para el año 2003.

Cabe recordar que en la cuenca Lerma-Chapala, se pueden distinguir dos tipos de grandes usuarios: el agrícola y el medio ambiental. El primero representado en su gran mayoría por los agricultores de Guanajuato y el segundo por el lago de Chapala.

Debe reconocerse que hubiera sido muy útil contar con la SAM de toda la cuenca. Es sabido que para poder construir una SAM de este nivel de

---

<sup>2</sup> Véase Shoven y Whaley (1985)

<sup>3</sup> Véase Harris, R y Robinson, S.(2003).

<sup>4</sup> SAM por sus siglas en inglés: *Social Accounting Matrix*.

<sup>5</sup> Véase Noriega (1999).

agregación, hubiera sido necesario realizar encuestas muy detalladas, lo que implica necesariamente un gran costo.

La SAM que se pudo construir fue hecha con información existente, básicamente la matriz de Insumo-Producto del estado de Guanajuato.

### ***1.-Antecedentes de la matriz de contabilidad social y los modelos de equilibrio general computable***

El origen de la matriz de insumo producto se remonta hacia 1750, año en que F. Quesnay perteneciente a la escuela Fisiócrata, realizó mediciones de los flujos e interrelaciones de la actividad económica en Francia, sobre todo con la finalidad de determinar cuál era el valor que aportaba la tierra y la agricultura en general a través de su famosa "Tableau Economique".

Sin embargo durante mucho tiempo se abandonó la investigación en este campo y no fue sino hasta el periodo de 1940-50, cuando W. Leontief y R. Stone, diseñaron y perfeccionaron un sistema de cuentas globales para medir la actividad económica de una nación.

La aceptación y recomendación de estos modelos por parte de la Organización de las Naciones Unidas, sirvió para unificar criterios de presentación en los diferentes países miembros así como para implantar y desarrollar los sistemas de medición de sus economías, uno de los cuales es precisamente la matriz de insumo-producto.

El modelo de insumo producto se debe a Leontief (1941) e inicialmente se diseñó con el fin de analizar las modificaciones estructurales de la economía norteamericana. Se utiliza como un instrumento en aplicaciones de la teoría del equilibrio general y como enlace entre el análisis microeconómico, de corte neoclásico, y la teoría macroeconómica keynesiana. Debido a sus múltiples posibilidades para el análisis empírico, se usa con frecuencia para la formulación de políticas y la realización de pronósticos económicos.

Este modelo tiene entre sus principales usos el análisis de la estructura económica a través de las interacciones que se dan entre los agentes económicos, lo cual posibilita estudiar la sustitución de factores, el impacto de las variaciones sobre la estructura de costos, así como de los avances tecnológicos.

En México se dispone de las matrices de insumo-producto correspondientes a los años: 1950, 1960, 1970, 1975, 1978 y 1980. Para este último año se cuenta también con una matriz para el Sector Agropecuario y Forestal. Las dos primeras matrices fueron elaboradas por el Banco de México. Las tres últimas matrices son solamente una actualización de la de 1970.

A pesar de que el agua es un factor de la producción de gran importancia, a la fecha no ha sido contabilizado económicamente, lo que no le resta importancia tecnológica.

Ha habido intentos por incorporar al agua en la contabilidad nacional. Un ejercicio interesante en este sentido, ha sido el enfoque mostrado por Guajardo y García (2002) en la construcción del modelo de insumo-producto de Nuevo León con énfasis en el sector del agua, el cual se desarrolla en tres etapas.

La primera corresponde a la actualización de la matriz de insumo-producto para México. En la segunda etapa se efectúa la regionalización de la matriz mencionada para obtener la de insumo-producto para el estado de Nuevo León. Finalmente, en la etapa tercera, se construyen tres escenarios con tres niveles de agregación del agua. En el escenario 1, forma parte del sector Electricidad, Gas y Agua. En el escenario 2, se deslinda del sector Electricidad y Gas. En el escenario 3, el sector Agua se desagrega en cuatro tipos diferentes.

La construcción de este modelo de insumo-producto que pone énfasis en este sector es una herramienta analítica útil para la planificación del sistema de agua en el estado de Nuevo León. Contribuye, entre otras cosas, a estimar las interrelaciones económicas del elemento. Además, la estimación de los multiplicadores económicos del agua puede ser una ayuda importante para mejorar la evaluación social de proyectos en el sector. En general, este modelo es un apoyo importante para los encargados de tomar decisiones en la administración y manejo de este recurso.

Este estudio demuestra que cuando el sector agua es agregado con el sector de electricidad y gas, como es el caso de México, los impactos económicos del elemento son subestimados debido al sesgo causado por la agregación. Este sesgo se estima en 38% para el producto, 92% para el ingreso y 87% para el empleo. Además, cuando el agua es desagregada en cuatro categorías: Agua Potable, Agua Residual, Agua Subterránea y Agua Negra, el abasto de la primera, particularmente, tiene un impacto económico relevante sobre el resto de la economía, el cual es actualmente subestimado debido a la falta de desagregación.

La matriz de contabilidad social registra las transacciones relevantes dentro de una economía utilizando el concepto contable de la partida doble y muestra las relaciones que se establecen entre las variables macroeconómicas más importantes; permite ver de una forma comprensiva y consistente las relaciones de la economía a nivel de sectores productivos, factores de la producción, gobierno e instituciones nacionales y extranjeras y las relaciones que se establecen entre las variables macroeconómicas más importantes. La fuente de datos principal de la matriz de contabilidad social la constituye la matriz de insumo-producto. La matriz de contabilidad social constituye una importante herramienta para el análisis de políticas públicas ya que describe extensivamente la economía nacional y sus relaciones con el mundo.

Una matriz de contabilidad social completa y consistente satisface la ley de Walras: si todas las cuentas menos una están balanceadas, esta última también debe estarlo. El uso de la SAM puede ayudar a obtener un conjunto de información empírica consistente al aplicar un marco contable uniforme a



diferentes grupos de datos estadísticos que pueden presentar estimaciones distintas de las diferentes transacciones. La SAM permite ver de una forma comprensiva y consistente las relaciones de la economía en el ámbito de los sectores productivos, factores de producción, gobierno e instituciones nacionales y extranjeras y puede ser usada para desagregar las cuentas macroeconómicas reconciliándolas con la matriz de insumo-producto.

Las SAM proporcionan una visión desagregada del flujo circular de la renta: la participación de los distintos actores económicos genera el flujo productivo cuya contrapartida son las rentas. La distribución y redistribución de estas rentas determina la renta disponible que cada agente utiliza para financiar sus compras de bienes y servicios y absorber la producción disponible. El Sistema de Cuentas Nacionales de la ONU (SCN-93), seguido en mayor o menor medida por todos los institutos encargados de elaborar las cuentas nacionales, considera altamente recomendable la elaboración de matrices de contabilidad, si bien son pocos los países que siguen esta recomendación.<sup>6</sup>

La metodología empleada para elaborar la SAM de una villa (pueblo), puede usarse para las comunidades que forman una micro-región. Con esta base puede elaborarse una SAM regional en la que sus comunidades estén vinculadas a partir de los flujos comerciales, de trabajo o de otro tipo. Un ejemplo de esto son las SAM, y el análisis de multiplicadores que se hizo para una micro-región en el estado de Michoacán, ésta se encuentra conformada por un municipio que cuenta con tres poblaciones y la cabecera municipal.<sup>7</sup>

Las matrices de contabilidad social han sido de importancia decisiva al momento de aplicar las políticas de desarrollo económico en nuestro país.

Por otra parte autores como Taylor (1986) utilizan como instrumental matrices de contabilidad social aplicándolas a problemas de economías en desarrollo como Portugal y Egipto; él realiza dos ejercicios de planeación a corto plazo, basados en esquemas explícitos para las cuentas del ingreso nacional, y el sistema monetario de estos países.

El objetivo en ambos ejercicios es la elaboración de pronósticos consistentes del futuro a corto plazo, o el conocimiento sobre el pasado reciente, utilizando datos incompletos, pero recurriendo a restricciones de identidad de cuentas para cerrar las brechas empíricas. Ambos ejercicios demuestran que deben aplicarse a las cifras diversas pruebas de "racionalidad", además de las identidades de contabilidad nacional.

Asimismo Taylor menciona que el punto de partida de todo sistema de cuentas nacionales es una descomposición dual del valor de la producción, en sus usos por una parte y la producción por la otra.

De la misma manera, considera que una de las identidades más importantes para el análisis es la función ahorro-inversión con todos sus componentes, ya

---

<sup>6</sup> La estructura de esta matriz es similar a la elaborada por Fernández y Polo (2001).

<sup>7</sup> Véase Yunez-Naude, A. y Taylor, J. E. (1999).

que esto implica necesariamente el manejo que se da a estas variables en las economías pobres o en desarrollo.

Además señala el problema estructural, visto como uno de los principales problemas relacionados con la inversión así como con la carencia de habilidades gerenciales; las demoras en la construcción y producción de bienes de capital, aunado a los conocimientos técnicos para operar las plantas modernas; situación que origina los déficit de la balanza de pagos así como los desequilibrios en las cuentas con el exterior. Concluye en este sentido, con las políticas aplicadas por nuestros países; como la devaluación, los subsidios concedidos a las exportaciones, los aranceles que gravan las importaciones, situaciones que ayudaran poco a reducir estos déficit.

Taylor toma para la construcción de las SAM, principalmente, la base analítica de las cuentas nacionales, al momento de explicar contablemente cómo se va conformando el modelo con sus principales cuentas, mismas que le servirán de base para explicar los datos, y la aplicación de las variables sobre el comportamiento y el manejo de los principales problemas que se presentan en la economía, véase el Cuadro 1.

**C U A D R O 1**  
**SAM PARCIAL PARA LOS FLUJOS INTERINDUSTRIALES**

	OFERTA TOTAL	DEMANDAS DE LA PRODUCCIÓN	CONSUMO PRIVADO	CONSUMO DE GOBIERNO	EXPORTA- CIONES	FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL	CAMBIO DE INVENTARIOS
PRODUCTOS NACIONALES							
VALOR AGREGADO							
IMPUESTOS INDIRECTOS							
EXPORTACIONES NO COMPETITIVAS							
COSTOS TOTALES							

Fuente: Taylor (1986).

En el caso del trabajo de Reyes Heróles (1983), se retoman en su estudio algunos aspectos considerados por Taylor (como el marco de la contabilidad social para el análisis del bienestar en México). La metodología utilizada para la elaboración de la SAM, tiene como base desarrollos anteriores.

Existe una estrecha relación entre el propósito y la estructura del modelo y las principales características de la SAM, por ejemplo: tres sectores (agricultura, comercio y servicios) se han separado en segmentos modernos y

tradicionales, como lo requiere el modelo, y se consideran 12 niveles de ingreso para lograr un análisis más detallado del bienestar.

En el caso de la agricultura de subsistencia, Reyes Heróles determinó la estimación en base a la contribución a la producción agrícola total; a la cual le correspondió un 21.3% de la producción bruta. Supuso que ésta era una combinación de predios privados menores de cinco hectáreas y ejidos que reflejan aproximadamente la estructura de insumos de la "agricultura tradicional", en contraposición con los predios privados que son de más de cinco hectáreas, además contempla la adquisición de insumos por parte del sector tradicional con un 46.43% excepto en los casos de electricidad.

Reyes Heróles plantea además, en el marco del equilibrio general, que todo modelo que pretenda servir para analizar los efectos sobre el bienestar de diversas políticas económicas, debe tener capacidad de manejar un gran número de variables, además de poder sintetizar la realidad.

La determinación endógena de los precios de factores y productos por sector, así como del consumo por nivel de ingreso, debe ser parte integral de cualquier modelo utilizado para este fin. Construcciones de este tipo deben incluir un tratamiento exhaustivo de las actividades fiscales y sus efectos concomitantes sobre precios e ingresos relativos.

Además, denota que la principal fuente de datos que provee información a la SAM, lo constituye la matriz de insumo-producto (MIP), explica principalmente que el uso que le da a la matriz de contabilidad social, lo funda en el desarrollo y la aplicación después de haber sido probado este método en los países desarrollados. Reyes Heróles traslada la adaptación del modelo de la SAM, para su aplicación en nuestro país, haciendo la aclaración sobre la estructura y diseño aplicado a determinado tipo de problema, fuera del cual se desconoce cuáles serán los resultados.

Por otra parte, admite que la construcción y utilización de cualquier modelo es fundamental para simplificar la realidad en este caso la económica. Con el propósito de que este proceso no elimine las características fundamentales de la economía, conviene señalarlas explícitamente al momento de ajustar los requerimientos y alcances; así como las limitaciones de que este es un modelo empírico.

La idea detrás de un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA) es simple: se construye un modelo matemático analíticamente consistente de una economía y se recolectan datos de aquellas variables para las cuales la información está disponible, luego se usan las características de una economía en un periodo determinado y se resuelve el modelo numéricamente.

Un diseño cuidadoso de un MEGA tendrá una estructura teóricamente consistente y transparente y será un vehículo para evaluar políticas públicas.

La gran fortaleza del análisis de equilibrio general es que se modela la economía como un todo explícitamente, lo que significa que se puede considerar tanto los problemas de eficiencia en la asignación de recursos como

la consecuencia en equidad de la redistribución del ingreso, no existe ninguna otra metodología que ofrezca estas posibilidades.

Trasladar la teoría del Equilibrio General hacia un contexto empírico había sido complicado hasta hace poco. La razón era simple: aun bajo grandes simplificaciones, hasta los modelos de equilibrio general más sencillos resultaban imposibles de resolver dado el escaso desarrollo tecnológico. La modelación a través del equilibrio general computable, ofrece la posibilidad de resolver problemas de grandes dimensiones.

Los MEGA son necesariamente una aproximación analítica a los modelos de Equilibrio General (EG), solo que operan a través de soluciones numéricas que requieren formas funcionales específicas. El marco teórico en el cual se basan los modelos de EG es muy conocido bien entendido.

Como soporte del análisis de equilibrio general está la estructura del equilibrio general Walrasiano, que fue formalizado en la década de los cincuenta por Arrow, Debreu y otros; mismo que dio como resultado el modelo Arrow-Debreu, elaborado en Arrow y Hahn (1971).

Este último modelo proporciona el marco teórico analítico básico en el cual todos los modelos de equilibrio general están inmersos. Identifica un número de consumidores, con preferencias bien definidas por todos los bienes de la economía, además cada uno de ellos se supone que posee una dotación inicial de mercancías y factores. La maximización de la utilidad nos lleva a las funciones de demanda para cada mercancía y las demandas de mercado se definen como la suma de las demandas individuales de cada consumidor. Las demandas de mercado de cada mercancía dependen de todos los precios y son continuas, no negativas, homogéneas de grado cero y satisfacen la ley de Walras, esto es, a cualquier precio el valor total del gasto del consumidor iguala al ingreso del consumidor.

La tecnología se describe a través de una función de producción con rendimientos constantes o decrecientes a escala, según sea el caso y productores que maximizan los beneficios. La homogeneidad cero de la función de demanda junto con la homogeneidad lineal de los beneficios con respecto a los precios, implica que solamente los precios relativos son relevantes para este modelo y el nivel de precios absoluto no tiene impacto sobre ningún equilibrio resultante.

Un equilibrio está caracterizado por un conjunto de precios y niveles de producción en cada industria tal que la demanda de mercado iguala la oferta para todas las mercancías. El modelo se extiende para permitir la existencia del sector gobierno y del sector externo, en ambos casos, también se vacían los mercados.

Todo el análisis del equilibrio general está basado en el crucial supuesto de que el equilibrio realmente existe. La prueba de la existencia de un equilibrio general para la clase de modelo utilizado en este trabajo fue realizada

originalmente por Arrow y Debreu (1954). Extensiones de este trabajo fueron proporcionadas por Debreu (1959) y Arrow y Hahn (1971).

## ***2.- Una matriz de contabilidad social para el estado de Guanajuato***

Inicialmente se pretendió construir una matriz regional que abarcara todos los municipios de los estados que integran la cuenca, sin embargo la información disponible es insuficiente para este fin, por lo que se decidió trabajar con la matriz de insumo-producto proporcionada por el gobierno del estado de Guanajuato.

La razón para ello es que este territorio ocupa casi la mitad de la cuenca Lerma-Chapala mientras que su actividad agrícola utiliza la mayor parte del agua superficial en el estado; así la agricultura<sup>8</sup> y Guanajuato se convierten en los principales competidores del lago de Chapala.

A continuación se describe la metodología general para la construcción de la SAM.

La SAM que se propone en este trabajo se construyó para calibrar un modelo de equilibrio general computable, que permitiera evaluar el efecto en bienestar social de reducir la oferta de agua en agricultura y por ende aumentar el nivel del lago de Chapala.

Las cuentas de una SAM contienen información sobre todos los sectores e instituciones en una economía.<sup>9</sup> Se trata de una matriz cuadrada, en la cual los renglones representan los ingresos y las columnas los costos, la suma de los ingresos debe ser igual a la suma de los gastos para cada agente, por tanto la suma de un renglón debe ser igual a la suma de su correspondiente columna.

Construir una SAM consiste en general de los siguientes pasos:<sup>10</sup>

- 1) Se construye una "SAM macro", la cual viene generalmente de cuentas nacionales y define los flujos macroeconómicos entre los principales agentes en la economía.
- 2) Se construye una "SAM micro", la cual puede ser concebida como una desagregación más fina de la SAM macro. Como las entradas de la SAM microeconómica provienen de distintas fuentes, es muy probable que esté desbalanceada o aun que sea inconsistente con la SAM macro. La intuición económica o la experiencia pueden ser utilizadas para eliminar estas inconsistencias.

---

<sup>8</sup> El otro estado con actividad agrícola relevante en la cuenca es Michoacán.

<sup>9</sup> Véanse Pyatt y Round (1979) y Round (1985).

<sup>10</sup> Véase Harris (2002).

- 3) El primer paso en el ensamblaje de una SAM micro produce una proto SAM, la cual es probable que continúe desbalanceada pero que ya sea consistente con la información disponible.

Para construir la matriz de contabilidad social se partió de la matriz de insumo-producto de Guanajuato estimada para 1993, que distingue 72 ramas de actividad económica de las Cuentas Nacionales pero con la rama 1 agricultura dividida en 16 subramas y la de ganadería en 6 subramas.<sup>11</sup>

Esta matriz se colapsó a una matriz de cinco sectores productivos y el gobierno estatal. En esta matriz se conserva la distinción entre importaciones nacionales e internacionales así como exportaciones nacionales e internacionales y no se desagregan los ingresos de los factores, al igual que en la matriz original, véase el Cuadro 2.

---

<sup>11</sup> Véase Noriega (1999).

**C U A D R O 2**

**MATRIZ DE INSUMO-PRODUCTO COLAPSADA PARA EL ESTADO DE GUANAJUATO  
(MILES DE PESOS DE 1993)**

	AGRICULTURA	GANADERÍA	SILVICULTURA	CAZA Y PESCA	INDUSTRIA	SECTOR GOBIERNO	DEMANDA INTERMEDIA	CONSUMO PRIVADO	CONSUMO GOBIERNO	INVERSIÓN	SUBTOTAL DEMANDA FINAL	EXPORTACIONES RESTO DE MEXICO	EXPORTACIONES RESTO DEL MUNDO	DEMANDA FINAL	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN
AGRICULTURA	91,455	325,137	0	0	387,730	5,631	809,953	778,262	0	23,493	801,755	1,854,393	0	2,656,148	3,466,101
GANADERÍA	275	4,554	0	0	1,121,445	1,540	1,127,814	462,585	0	17,180	479,765	422,709	0	902,474	2,030,288
SILVICULTURA	0	0	0	0	13,524	61	13,585	18,993	0	318	18,711	43,730	0	62,441	76,026
CAZA Y PESCA	0	0	0	0	14,496	22	14,518	9,837	0	15	9,852	3,522	0	13,374	27,892
INDUSTRIA	257,253	322,912	4,570	6,551	9,192,799	2,890,990	12,675,075	17,245,422	0	5,635,744	22,881,166	16,170,946	2,045,067	41,097,179	53,772,254
SECTOR GOBIERNO	0	0	0	0	0	0	0	0	4,172,419	0	4,172,419	0	0	4,172,419	4,172,419
TOTAL DE INSUMOS ESTATALES	348,983	652,603	4,570	6,551	10,729,994	2,898,244	14,640,945	18,514,499	4,172,419	5,676,750	28,363,668	18,495,300	2,045,067	48,904,035	63,544,980
IMPORTACIONES RESTO DE MEXICO	245,494	374,596	3,410	5,968	5,952,388	157,469	6,739,325	8,502,288	0	1,925,197	10,427,485	0	0	10,427,485	17,166,810
TOTAL DE INSUMOS NACIONALES	594,477	1,027,199	7,980	12,519	16,682,382	3,055,713	21,380,270	27,016,787	4,172,419	7,601,947	38,791,153	18,495,300	2,045,067	59,331,520	80,711,790
IMPORTACIONES RESTO DEL MUNDO	89,072	16,018	0	252	2,681,801	86,571	2,873,714	1,056,250	0	1,597,549	2,653,799	0	0	2,653,799	5,527,513
TOTAL DE INSUMOS NACIONALES E IMPORTADOS	683,549	1,043,217	7,980	12,771	19,364,183	3,142,284	24,253,984	28,073,037	4,172,419	9,199,496	41,444,952	18,495,300	2,045,067	61,985,319	86,239,303
VALOR AGREGADO BRUTO	2,782,552	987,071	68,046	15,121	34,408,071	1,030,135	39,290,996	0	0	0	0	0	0	0	39,290,996
VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN	3,466,101	2,030,288	76,026	27,892	53,772,254	4,172,419	63,544,980	28,073,037	4,172,419	9,199,496	41,444,952	18,495,300	2,045,067	61,985,319	125,530,299

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por el gobierno del estado de Guanajuato.

Con la matriz anterior se construyó una proto SAM que incluyó al agua como factor de la producción. Se consideró únicamente el volumen del agua superficial porque el lago de Chapala compete de manera fundamental por el uso del agua superficial con la agricultura de Guanajuato. En este estado el 94% del agua superficial se usa en la agricultura. Véase el Cuadro 3.

**C U A D R O 3**  
**USO DEL AGUA EN GUANAJUATO (%)**

	AGRÍCOLA	INDUSTRIAL	PÚBLICO URBANO Y RURAL
AGUA SUPERFICIAL	<b>93.73</b>	<b>0</b>	<b>0.27</b>
AGUA SUBTERRÁNEA	<b>83.2</b>	<b>15</b>	<b>1.8</b>
GLOBAL (SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA)	<b>87.81</b>	<b>1.3</b>	<b>10.89</b>

Fuente: Informe: "Situación Hidráulica de Guanajuato", cap. 6 "El Uso del Agua.", Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, Gobierno del Estado, noviembre de 2004.

Para introducir el agua a la SAM, hay que cuantificar su valor en términos monetarios. Surge una dificultad porque los derechos por uso o aprovechamiento son cero para la actividad agrícola. Se decidió estimar este valor en términos del beneficio medio que produce el agua en la agricultura.

El beneficio medio de los productores agrícolas se estimó en \$1.00 por metro cúbico.<sup>12</sup> El volumen se obtuvo a partir de los Acuerdos de Distribución de la cuenca Lerma-Chapala y es de 1,602 Mm<sup>3</sup>. Véase el Cuadro 4.

**C U A D R O 4**  
**VOLÚMENES HISTÓRICOS DE AGUA ASIGNADOS PARA GUANAJUATO POR EL ACUERDO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA (MILLONES DE METROS CÚBICOS)**

	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01
DR 011	<b>955</b>	<b>955</b>	<b>955</b>	<b>853</b>	<b>857</b>	<b>786</b>	<b>504</b>	<b>955</b>	<b>648.42</b>	<b>538.94</b>
DR 085	<b>124</b>	<b>124</b>	<b>124</b>	<b>124</b>	<b>124</b>	<b>91</b>	<b>36</b>	<b>124</b>	<b>57.06</b>	<b>70.42</b>
PEQUEÑA IRRIGACIÓN	<b>523</b>	<b>523</b>	<b>523</b>	<b>523</b>	<b>523</b>	<b>523</b>	<b>306.05</b>	<b>523</b>	<b>350.01</b>	<b>275.76</b>

Fuente: Informe: "Situación Hidráulica de Guanajuato", cap. 6 "El Uso del Agua.", Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, Gobierno del Estado, noviembre de 2004.

<sup>12</sup> Véanse Bravo, Castro y Gutiérrez (2004).



Una vez conocidos el precio y el volumen de agua utilizado en la producción del bien agrícola, se descontó esta cantidad del valor agregado bruto reportado en la matriz de insumo-producto de Guanajuato; el valor imputado al agua como insumo productivo es de \$1,602 millones.

Se consideró que el consumidor de Guanajuato (agente representativo) es el propietario del agua superficial. Existe un solo agente quien es el propietario de todos los factores de la producción. Finalmente la matriz de contabilidad social con la cual se calibrará un modelo de equilibrio general computable puede apreciarse en el Cuadro 5.

**C U A D R O 5**  
**MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL PARA EL ESTADO DE GUANAJUATO**  
**(MILES DE MILLONES DE PESOS DE 1993)**

	AGRICULTURA	GANADERÍA	SILVICULTURA	CAZA Y PESCA	INDUSTRIA	SECTOR GOBIERNO	AGUA	TRABAJO	CAPITAL	CONSUMIDOR	SECTOR EXTERNO	TOTAL
AGRICULTURA	91,455	325,137	0	0	387,730	5,631				778,262	1,877,886	3,466,101
GANADERÍA	275	4,554	0	0	1,121,445	1,540				462,585	439,889	2,030,288
SILVICULTURA	0	0	0	0	13,524	61				18,393	44,048	76,026
CAZA Y PESCA	0	0	0	0	14,496	22				9,837	3,537	27,892
INDUSTRIA	257,253	322,912	4,570	6,551	9,192,799	2,890,990				172,454,222	23,643,339	53,563,836
SECTOR GOBIERNO										417,2419		4,172,419
AGUA	1,602	0	0	0	0	0						1,602
TRABAJO	1,001,142	355,346	24,497	5,444	12,386,906	370,849						14,144,182
CAPITAL	1,779,808	631,725	43,549	9,677	22,021,165	659,286						25,145,212
CONSUMIDOR							1,602	14,144,182	25,145,212			39,290,996
SECTOR EXTERNO	334,566	390,614	3,410	6,220	8,425,771	244,040				16,604,078		26,008,699
<b>TOTAL</b>	<b>3,466,101</b>	<b>2,030,288</b>	<b>76,026</b>	<b>27,892</b>	<b>53,563,836</b>	<b>4,172,419</b>	<b>1,602</b>	<b>14,144,182</b>	<b>25,145,212</b>	<b>39,290,996</b>	<b>26,008,699</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por el gobierno de Guanajuato.

### 3.- Actualización de la información para 2003

El método de entropía cruzada usa toda la información disponible, incluyendo parámetros previos a estimar, y se basa en una estimación de "datos esparcidos" en el entorno.

Hay similitudes entre el criterio de la mínima entropía cruzada y los estimadores de máxima verosimilitud, sin embargo el criterio de entropía cruzada requiere supuestos estadísticos menos estrictos para su aplicación y no se requiere la especificación de una función de probabilidad explícita.<sup>13</sup>

En nuestro caso, esta dispersión en supuestos es deseable dado que no se tiene ningún conocimiento sobre la forma de alguna distribución de probabilidad a priori.<sup>14</sup>

La aproximación de la entropía cruzada se basa en la teoría de la información desarrollada por Shannon (1948). Quien primero lo aplicó a un problema de estimación e inferencia estadística fue Jaynes (1957). El procedimiento de estimación de la entropía cruzada consiste en minimizar la distancia entre una nueva medida para una variable dada y la probabilidad estimada previamente, Kullback-Leibler (1951).

Para aplicar esta metodología al procedimiento de actualizar una SAM, el problema puede especificarse como el de encontrar una nueva SAM,  $X^1$ , parecida a una SAM  $X^0$  ya existente, minimizando la distancia de entropía cruzada entre ellas, tomando en consideración todas las restricciones.

Para simplificar el análisis, se empieza con la información previa  $t_{ij}^0$ , en las celdas de SAM y se asume que se tiene información en las sumas de las columnas actuales,  $X^0$ . Cualquier tipo de información conocida se toma como constante.<sup>15</sup>

Esto puede ser escrito como:

$$\min H = \sum_i \sum_j t_{ij}^1 \ln \frac{t_{ij}^1}{t_{ij}^0} = \sum_i \sum_j t_{ij}^1 \ln - \sum_i \sum_j t_{ij}^0 \ln$$

sujeto a:

$$\sum_i t_{ij}^1 X = X_i$$

$$\sum_j t_{ij}^1 = 1$$

donde:  $t_{ij}^1$  es el nuevo valor de la celda  $ij$  y  $0 \leq t_{ij}^1 \leq 1$

<sup>13</sup> Véase Harris, R y Sherman, R. (2003)

<sup>14</sup> Véase Robillard y Robinson (2001).

<sup>15</sup> Para un modelo mas complejo, con componente de error ver Robillard y Robinson (1999), y Robinson al. (2000)

Esto se puede formular directamente en la transacción que fluye dentro de la SAM, en lugar de las proporciones como lo demostró (Lemelin 2002).

La suma de las medidas de Kullback-Leibler's de distribuciones de  $n$ , uno por columna,

$$H = \sum_j \sum_i t_{ij}^1 \ln \left( \frac{t_{ij}^1}{t_{ij}^0} \right)$$

Minimizar a  $h$ , que es equivalente para minimizar la palabra análoga que funciona substituyendo proporciones  $t_{ij}$  por la transacción que hace fluir  $x_{ij}$ .

$$H = \sum_j \sum_i \frac{x_{ij}}{x_{..}} \ln \left[ \frac{\left( \frac{x_{ij}}{x_{..}} \right)}{\left( \frac{x_{ij}^0}{x_{..}^0} \right)} \right] \text{ con } x_{..} = \sum_j \sum_i x_{ij} \text{ y } x_{..}^0 = \sum_j \sum_i x_{ij}^0$$

$$H = \frac{1}{x_{..}} \sum_j \sum_i x_{ij} \left[ \ln \left( \frac{x_{ij}}{x_{ij}^0} \right) - \ln \left( \frac{x_{..}}{x_{..}^0} \right) \right]$$

$$H = \frac{1}{x_{..}} \sum_j \sum_i x_{ij} \ln \left( \frac{x_{ij}}{x_{ij}^0} \right) - \frac{1}{x_{..}} \sum_j \sum_i x_{ij} \ln \left( \frac{x_{..}}{x_{..}^0} \right)$$

$$H = \frac{1}{x_{..}} \sum_j \sum_i x_{ij} \ln \left( \frac{x_{ij}}{x_{ij}^0} \right) - \ln \left( \frac{x_{..}}{x_{..}^0} \right), \text{ donde el último término es una constante}$$

$$\text{sin embargo, } H \geq 0 \text{ y } \sum_j \sum_i x_{ij} \ln \left( \frac{x_{ij}}{x_{ij}^0} \right) \geq x_{..} \ln \left( \frac{x_{..}}{x_{..}^0} \right)$$

no obstante, si  $x_{..} < x_{..}^0$ , el lado derecho no es necesariamente no negativo.

La matriz actualizada al año 2003 queda como se ve en el Cuadro 6.

**C U A D R O 6**

**MATRIZ ACTUALIZADA PARA EL AÑO 2003 A PRECIO CONSTANTE DEL 1993  
(MILES DE MILLONES DE PESOS)**

	AGRICULTURA	GANADERÍA	SILVICULTURA	CAZA Y PESCA	INDUSTRIA	SECTOR GOBIERNO	AGUA	TRABAJO	CAPITAL	CONSUMIDOR	SECTOR EXTERNO	TOTAL
AGRICULTURA	131,818	442,447	0	0	932,463	5,226	0	0	0	978,594	1,134,869	3,625,417
GANADERÍA	301	4,165	0	0	1,811,647	1,013	0	0	0	391256.98	178,876	2,387,258
SILVICULTURA	0	0	0	0	65,577	162	0	0	0	46852.34	53,828	166,420
CAZA Y PESCA	0	0	0	0	103,244	106	0	0	0	37083.52	6,594	147,028
INDUSTRIA	639,073	757,594	24,560	67,075	38,112,662	4,625,589	0	0	0	37384668.79	24,634,531	106,245,752
SECTOR GOBIERNO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5381119.9	0	5,381,120
AGUA	1,602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,602
TRABAJO	920,569	308,600	48,723	20,631	19,007,687	219,661	0	0	0	0	0	20,525,872
CAPITAL	1,636,501	548,575	86,619	36,675	33,791,593	390,475	0	0	0	0	0	36,490,439
CONSUMIDOR	0	0	0	0	0	0	1,602	20,525,872	36,490,439	0	0	57,017,913
SECTOR EXTERNO	295,553	325,878	6,517	22,646	12,420,878	138,888	0	0	0	12,798,338	0	26,008,698
TOTAL	3,625,417	2,387,258	166,420	147,028	106,245,752	5,381,120	1,602	20,525,872	36,490,439	57,017,913	26,008,698	
DIFERENCIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México 1998-2003.  
Sistema de Cuentas Nacionales de México producto interno bruto por entidad federativa 1993-2000.  
La Perspectiva Estadística de Guanajuato, 2005.

Nota 1: En 1993 se introdujeron cambios a nivel de subgrupo de actividad económica, ampliándose y reclasificándose algunas actividades. Así la actividad de la caza pasó de la Rama 04: Pesca, a la Rama 02: Ganadería. En la matriz actualizada se mantiene en una sola actividad la caza y pesca para tener la misma estructura presentada por la matriz de insumo producto del estado de Guanajuato, ya que esta fue la base para la construcción de la matriz de contabilidad social. Para lo cual se desagregó la parte de la caza de la Rama 02: Ganadería y se incorpora a la Rama 04: Pesca.

Nota 3: Con el propósito de evitar confusiones innecesarias, el INEGI considera como sinónimos el Valor Agregado Bruto y el Producto Interno Bruto, en valores básicos, tal y como sucede en otros países\*.

Nota 4. Esta matriz actualizada será utilizada para evaluar la política agrícola de apoyo a los productores de granos básicos en el estado de Guanajuato.

\* De acuerdo con el SEC 95, el término valor agregado bruto (VAB) se utiliza para denotar estimaciones que fueron conocidas previamente como PIB a precios básicos. Según la definición del SEC 95, el término PIB denota al VAB más los impuestos (menos subsidios) sobre los productos, esto es a precios de mercado. Estas estimaciones subregionales y de áreas locales se publican sólo a precios básicos, y deben referenciarse como VAB más que PIB. Con el fin de evitar confusiones, el término PIB se utiliza como sinónimo del VAB a precios básicos, por el momento". Adam Douglas, Office for National Statistics. Development in local Area Gross Domestic Product, United Kingdom Regional Accounts.

## Conclusiones

---

Se construyó una matriz de contabilidad social (SAM) que incluye al agua como un factor de la producción adicional para el estado de Guanajuato. Esta matriz sirve para calibrar un modelo de equilibrio general computable que permite simular la política de reducción de oferta de agua para los agricultores de Guanajuato, tal como se ha propuesto en el *Acuerdo de cooperación de aguas superficiales de la cuenca de Lerma Chapala*. Asimismo puede ser útil para simular otras políticas hidráulicas y agrícolas.

Es necesario avanzar en la generación de información económica a nivel de cuenca y en la construcción de matrices de insumo-producto que incluyan al agua como factor de la producción, solamente así podrán hacerse análisis de equilibrio general computable con mayor precisión.

Los derechos por uso o aprovechamiento del agua en la agricultura son nulos, lo cual significa que el volumen de agua utilizado como insumo en este sector no se contabiliza como parte del valor agregado bruto, esto hace que sea muy difícil la introducción del agua en la matriz y su modelación económica. Para resolver este problema se propusieron tres distintos precios, uno de ellos calculado con datos de la agricultura de riego de la cuenca Lerma-Chapala.

Como pudo verse en el trabajo, fue posible calcular una Matriz de Contabilidad Social para el estado de Guanajuato con datos de 1993 y actualizarla a través del método de la entropía cruzada para el año 2003.

Ambas matrices serán usadas para evaluar distintas políticas públicas aplicadas en la administración del agua en la agricultura de México.

## Bibliografía

- Aparicio, J.(2001), "Hidrology of the Lerma-Chapala Watershed", en Hansen A. y Van Afferden, M., *The Lerma-Chapala Watershed Evaluation and Management*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, U.S.A.
- Arrow, K.J. y Debreu, G.(1954), *Existente of an equilibrium for a competitive economy*, *Economterica*, 22, pp. 265-90.
- Arrow, K.J. y Hanhn, F.(1971), *General Competitive Analysis*, San Francisco, Holden-Day.
- Bonet, M. J. (2000), *La Matriz Insumo-Producto del Caribe Colombiano*, Centro de Estudios Económicos Regionales, No. 15, Mayo, Cartagena de Indias, Colombia.
- Bravo, H.; Castro, J. y Gutiérrez, M., (2005), "El banco del agua: una propuesta para salvar al lago de Chapala", *Gestión y Política Pública*, CIDE, México.
- Debreu, G.(1959), *Theory of Value*, New York, John Whiley.
- Fernández M. y Polo, C. (2001), "Una Nueva Matriz de Contabilidad Social para España: La SAM 90", en *Estadística Española*, n 148, España, pp. 281-311.
- Gobierno del Estado de Guanajuato, (2004), *Situación hidráulica de Guanajuato*, C.E.A., noviembre, México, cap. 6.
- Gobierno del Estado de Jalisco (2001), *La matriz: insumo-producto regional para el estado de Jalisco*, Universidad de Guadalajara, México.
- Guajardo, R. y García, P. I. (2002), "Análisis de la Estructura del Sector Agua y su Relación Intersectoriales (primera parte)", en *Entorno Económico*, n 239, México, Julio-Agosto, pp. 1-6.
- Harris, J. R y Robinson, S. (2003), "Estimating of a regionalized Mexican social accounting matrix using entropy techniques to reconcile disparate data sources", en *Insumo-Producto regional y otras aplicaciones*, Josefina Callicó López *et al.*, U.A.M., Biblioteca de Ciencias Sociales y Humanidades, Serie Economía, México, D.F.
- IMTA (1998, 2004), *Diagnóstico Socio-Económico de la Cuenca Lerma-Chapala*, Documento interno de trabajo, Cuernavaca, Morelos.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), "Las Matriz de Insumo-Producto de México", 1994.
- Jaynes, E.T. (1957) "Information theory and statistical mechanics", *Physical Review*, vol. 106, p.171-190.
- Keohe, T.J. *et al.* (1988), *Una Matriz de Contabilidad Social de la Economía Española*, en *Estadística Española*, n. 117, España, pp. 5-33.
- Kullback, S. and R. A. Leiblerand(1952) *On information and Sufficiency*, *Ann Math. Stat.* 4, 99-111.
- Leontief, W. (1941), *The Structure of the American Economy, 1919-1939*, Oxford University Press, Nueva York, E.U.A..
- Miller, R.E. *et al.* (1989), *Frontiers of Input-Output Analysis*, Oxford University Press, New York.

Naciones Unidas (2000), *Manual sobre la compilación y el Análisis de los Cuadros de Insumo-Producto*, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, New York.

Noriega M. A., (1999), *Matriz Insumo-Producto de Guanajuato*, Universidad de Guanajuato Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, México.

Núñez, G. y Polo, C. (2002), *Una matriz de Contabilidad Social para México: la MCS-MX96*, Tesis Doctoral de Economía, Abril, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Pyatt, G. y Round, J. (1979), "Accounting and Fixer Price Multipliers in a Social Accounting Matrix Framework", en *The Economic Journal*, n 356, December, Great Britain, pp. 850-873.

Reyes Heróles, J. (1983), *Política Macroeconómica y Bienestar en México*, Fondo de Cultura Económica, México.

Robillard, A. S., and Robinson S., (1999), *Reconciling Household Surveys and National Accounts Data Using a Cross entropy Method*, IFPRI. Discussion Paper No 50.

Round, J. I. (1985), "Decomposing Multipliers for Economic Systems Involving Regional and World Trade", en *The Economic Journal*, n 378, June, Great Britain, pp. 383-399.

Scott, Ch. *et al.* (2001), Competition for Water in the Lerma-Chapala Basin, en Hansen A. y Van Afferden, M., *The Lerma-Chapala Watershed Evaluation and Management*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, U.S.A.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), *"El ABC de las Cuentas Nacionales"*, México, D.F., 1981.

Shannon, C.E.(1948) *A Mathematical theory of communication*, Bell System Technical Journal 27, 379-423.

Taylor, L. (1986), *Modelos Macroeconómicos para los países en desarrollo*, Fondo de Cultura Económica, México.

World Bank (1991), *Integrated Environmental and Economic Accounting a case Study Mexico*, Report No 50, December, N.Y. U.S.A.

Yunez-Naude, A. y Taylor, J. E. (1999), *Manual para la elaboración de Matrices de Contabilidad Social*, Centro de Estudios Económicos, N. 15 México, D.F.