

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA AGRICULTURA DE GUANAJUATO*

*Héctor Manuel Bravo Pérez, Juan Carlos Castro Ramírez
y Miguel Ángel Gutiérrez Andrade***

RESUMEN

La pregunta que se responde en este trabajo es: ¿cómo se afecta el bienestar social de los habitantes de la cuenca Lerma-Chapala, si se reduce la oferta de agua para el sector agrícola y se incrementa el nivel del lago de Chapala?

Por hipótesis, el volumen de agua que se les retira a los agricultores aguas arriba (estado de Guanajuato) escurre hacia el lago de Chapala. Sin embargo, el aumento en el nivel del lago de Chapala no es concluyente en cuanto al efecto en el bienestar social de los habitantes de la cuenca, ya que éste dependerá a su vez de la comparación o del equilibrio que se establezca entre dos efectos que operan en sentido contrario: *i*) el positivo ocasionado por el incremento de la valoración por el lago como un bien medioambiental por parte de todos los habitantes de la cuenca, y *ii*) el negativo en el bienestar de los consumidores del estado de Guanajuato, que se produce cuando aumenta el precio del bien agrícola como consecuencia de la reducción de la oferta de agua a los agricultores y del incremento del valor del agua.

ABSTRACT

The question answered in this work is: How is the welfare of the Lerma Chapala population affected if the supply of water is reduced for the agricultural sector as it increases Chapala's lake level?

The hypothesis says that: The total volume of water that is removed from the farmers (in Guanajuato State) goes towards Chapala's lake. However the increase in the level of this lake isn't sufficient reason for the welfare of

* *Palabras clave:* equilibrio general computable, matriz de contabilidad social, demanda de agua, manejo del agua en cuencas, política pública del sector hidráulico. *Clasificación JEL:* Q25. Artículo recibido el 9 de diciembre de 2005 y aceptado el 7 de septiembre de 2006. Fue financiado por los Fondos Semarnat-Conacyt.

** H. M. Bravo Pérez, UNAM. J. C. Castro Ramírez, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. M. A. Gutiérrez Andrade, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

the population of the basin, since this will depend on the comparison or the balance that is established between the following two opposing reasons: *i*) the positive effect caused by the increase in the environments valuation, when treated from an economic point of view, by the lake; *ii*) the negative impact on the welfare of the consumers of the state of Guanajuato, that takes place when it increases the price of the agricultural good, as a result of the reduction of the supply of water to the farmers and the increase derived from the value of the water.

INTRODUCCIÓN

Recientemente las autoridades mexicanas encargadas de la protección del medio ambiente se plantearon la restauración del volumen del embalse de agua del lago de Chapala, en vista de que en los años recientes se había reducido 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 2001 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales le solicitó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) la creación de medidas económicas auxiliares para el control del nivel medio del embalse del lago. Se propuso entonces la aplicación de un banco de agua, en la misma línea que el propuesto en California en el decenio de los noventa.¹ Durante las negociaciones sostenidas entre los actores políticos comprometidos en la elaboración del banco de agua se pusieron de manifiesto algunas deficiencias en las políticas públicas para el manejo de los conflictos en el uso del agua: escaso control de 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 sobre todo 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

¹ Véase Bravo, Castro y Gutiérrez (2005).

deficientes, lo que complica la asignación eficiente y equitativa de los recursos hídricos 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. Una de las políticas que mayores efectos ha tenido en el manejo del agua ha sido la de fijar un precio nulo por el uso o aprovechamiento del agua en la agricultura, lo cual incide en la sobreexplotación de los cuerpos de agua.

¿Qué efectos tiene para el bienestar social de los habitantes de la cuenca Lerma-Chapala la disminución del volumen de agua en la agricultura y por ende el aumento de la asignación de agua al lago? La pregunta tiene sentido sólo al establecerse una correspondencia (*trade-off*) entre la producción agrícola de Guanajuato y el servicio medioambiental del lago en función de su tamaño, es decir, durante los periodos de escasez de agua.

Si toda el agua se asignara al uso agrícola, la producción agrícola sería la máxima posible, dadas las restricciones tecnológicas, y la producción de servicios medioambientales dependería sólo de las condiciones climáticas (abundancia o escasez de agua). Por otra parte si toda el agua se asignara al lago de Chapala la producción de servicios medioambientales sería la máxima posible, dadas las restricciones climáticas, mientras que la producción agrícola sería nula. El problema consiste, entonces, en encontrar una asignación eficiente en el sentido de Pareto que permita internalizar la externalidad negativa que causan los agricultores de Guanajuato —aguas arriba— a los habitantes de la Cuenca —aguas abajo—, ya que el precio del agua utilizada en la agricultura no incorpora los costos medioambientales de que el lago de Chapala no produzca el servicio medioambiental.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: se analiza los antecedentes que han dado lugar a la problemática actual del lago de Chapala y se hace una breve revisión de la bibliografía relevante. A continuación se describe el modelo teórico que se propone para analizar la problemática considerada y la información necesaria para su solución y calibración; se muestra los resultados de la simulación y finalmente en las conclusiones generales se responde a la pregunta planteada al principio de este trabajo.

I. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DEL LAGO DE CHAPALA

El lago de Chapala es el vaso natural interior de mayores dimensiones del país y el tercero en la América Latina, con una longitud y ancho máximos de 77 y 23 kilómetros respectivamente. Se localiza en el centro occidente de México, en la subcuenca Lerma-Chapala que pertenece a la cuenca Lerma-Santiago. La superficie de la cuenca Lerma-Chapala tiene un área de 52 545 km², lo que representa alrededor de 3% del territorio nacional.

El sistema Lerma-Chapala recibe casi 3% del total del volumen de precipitación de México con un valor promedio anual de 730 mm. El lago de Chapala se abastece principalmente de dos fuentes: el río Lerma y la lluvia. El escurrimiento superficial virgen promedio anual es de 273 millones de metros cúbicos (Mm³), por lluvia se tiene un total de 711 Mm³ y sus propias aportaciones representan un total de 178 Mm³.

Debido a la basta superficie que abarca el lago y su escasa profundidad de menos de cuatro metros se produce una gran pérdida por evaporación, aproximadamente 1 400 Mm³, mientras que 192 Mm³ son utilizados para abastecer a Guadalajara y cerca de 70 Mm³ son destinados al riego. En total se presenta un saldo negativo de 504 Mm³ anuales (Aparicio, 2001).

La proporción territorial de los estados que integran la Cuenca Lerma-Chapala es la siguiente: Guanajuato 43.7%, Michoacán 30.3% y Jalisco 13.8%, el resto lo componen los estados de México y Querétaro con el 9.8 y el 2.8% respectivamente (Rodríguez *et al*, 2003). Por su parte Guanajuato tiene la proporción más grande dentro de la cuenca y su actividad agrícola es de vital importancia política y económica para el estado. Esto lo convierte en el principal competidor del lago por el uso del recurso hídrico.

Uno de los principales problemas que enfrenta el lago es la retención de escurrimientos a lo largo de la cuenca Lerma-Chapala para fines agrícolas (en la región del Bajío se cultivan cerca de 750 mil hectáreas) y de uso urbano o doméstico para satisfacer las necesidades de agua de los habitantes de la cuenca. Al respecto, se han construido 204 presas en la cauce del río Lerma y sus afluentes, las cuales retienen más de 2 935 millones de metros cúbicos de agua (Valdez *et al*, 2001).

El uso consuntivo es predominantemente el agrícola con alrededor de 80% del total (Scott *et al*, 2001). A pesar de que la población urbana es grande en esta cuenca (alrededor de 11 millones de habitantes), sólo 11% es para consumo de las poblaciones de la cuenca; 3% del agua la usa la industria y 2% el uso pecuario. Cerca de 50% del agua para uso agrícola es aprovechado por los distritos de riego que se ubican en la cuenca; de éstos, dos se encuentran en el estado de Guanajuato, cinco en Michoacán, uno en Jalisco y otro más en el Estado de México. Sin embargo, los estados de Guanajuato y Michoacán utilizan alrededor de 95% del volumen total, lo cual les confiere sin duda una gran importancia dentro de la cuenca Lerma-Chapala (IMTA, 2004).

El agua superficial que se aprovecha en el estado de Guanajuato se destina casi en su totalidad para el uso agrícola (casi 94% del total), y sólo una cantidad mínima para el uso público, urbano y rural. La industria se abastece de agua subterránea.²

Este trabajo se centra fundamentalmente en la competencia por el agua superficial entre los dos usos principales: la demanda natural del lago de Chapala y la demanda para uso agrícola. La demanda de servicios medioambientales se considera como una externalidad negativa para los agricultores, ya que disminuye el volumen de agua disponible para el riego. El análisis no hará referencia a los problemas distributivos entre los agentes consumidores del agua sino que se centrará en el problema de asignación eficiente entre los dos usos mencionados.

Con el fin de evaluar los efectos que tendría la aplicación de alguna política de distribución de agua entre el lago y el uso agrícola, es necesario contar con una metodología que permita determinar cuáles serían sus efectos en la economía y en el bienestar de la sociedad. La metodología más adecuada es la del equilibrio general computable, debido a la posibilidad de incorporar complejas relaciones económicas y obtener adecuadas mediciones de bienestar. Para aplicarla es necesario contar con la información pertinente para definir un equilibrio de referencia a partir del cual se realice la calibración del modelo. Para sistematizar esta información se construye una matriz de contabilidad social (SAM, por sus siglas en inglés); véase apéndice 1.

² Véase Gobierno del estado de Guanajuato (2004).

Revisión de la bibliografía relevante

La aplicación de los modelos de equilibrio general computable en el ámbito de la economía del medio ambiente ha tenido un espectacular desarrollo en los años recientes. Los estudiosos del tema han aplicado esta metodología ante distintas preguntas de investigación. Por ejemplo, en la evaluación del efecto ambiental de las políticas públicas, tanto regionales como nacionales, es necesario contar con indicadores derivados de un modelo especificado *ex profeso*; el cálculo de los indicadores puede hacerse en un contexto estático, como el de Ferguson *et al* (2005) o uno dinámico, como el de Asafu-adjaye (2004). Algunos autores utilizan este marco de referencia para calcular índices de sustentabilidad multidimensionales, es decir, calidad medioambiental, realización económica y equidad: Bohringer (2004), Reinert, Rodrigo y Roland-Holst (2002).

La contaminación del medio ambiente en general y los efectos económicos de la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, en particular, han sido ampliamente estudiados con modelos de equilibrio general computable. Este tipo de marco analítico permite modelar con especial atención las interacciones economía-energía-medio ambiente, incorporando distintas políticas de manejo de permisos de emisión de contaminantes, enfocándose en las variaciones de las variables macroeconómicas, sectoriales y de energía-medio ambiente: González y Dellink (2005), Kiuila (2003), Bohringer, Conrad y Loschel (2003), Ibarraran Viniegra y Boyd (2001), Babiker (2001), Xie y Saltzman (2000).

La idea de un doble dividendo derivada de aplicar un impuesto ecológico que, por un lado, reduzca la cantidad de contaminación emitida y, por otro, contribuya a reducir las distorsiones de otros mercados, del laboral por ejemplo, es sometida a verificación empírica en un marco analítico de equilibrio general con conclusiones aún no definitivas: Kumbaroglu (2005), Nugent y Sarma (2002), Komen y Peerlings (1999). En Gutiérrez y Bravo (2006) puede revisarse la comparación de dos políticas impositivas para controlar la contaminación del agua: gravar el uso consuntivo o la producción de agua residual, en términos de la generación de un doble dividendo.

En México, al igual que en muchos países del mundo, el sector

agrícola se protege de diversas maneras; una de ellas es el subsidio al agua utilizada en el riego. Al sector agrícola se le cobra el agua por debajo del valor de su productividad marginal. El efecto que causaría una reforma a las políticas públicas en el manejo del agua en la agricultura ha sido muy estudiado (Diao y Roe, 2003). El marco teórico del equilibrio general computable es el más conveniente cuando se desea incorporar efectos en toda la economía. El modelo que se utiliza en este trabajo se inscribe dentro de esta tradición, con los supuestos de una economía Arrow-Debreu.

II. EL MODELO³

Se trata de un modelo de equilibrio general estático y de competencia perfecta. En esta economía hay ocho bienes intermedios y tres factores, para mayor facilidad en la identificación, se les separa en dos conjuntos distintos:

<i>Bienes intermedios</i>		<i>Factores</i>	
$X_{1,j}$	bien agrícola para producir el bien j	$X_{A,j}$	agua para producir el bien j
$X_{2,j}$	bien ganadero para producir el bien j	$X_{L,j}$	trabajo producir el bien j
$X_{3,j}$	bien silvícola para producir el bien j	$X_{C,j}$	capital producir el bien j
$X_{4,j}$	bien caza y pesca para producir el bien j		
$X_{5,j}$	bien industria para producir el bien j		
$X_{6,j}$	bien sector gobierno para producir el bien j		
$X_{7,j}$	bien exportado del sector j		
$X_{8,j}$	bien importado para producir el bien j		
<i>Bienes finales</i>			
$X_{i,f}$	bien del sector i al consumidor final		
	Los índices i, j, k se definen como:		
	i índice del tipo de bien, $i = 1, \dots, 8$		
	j índice del destino del bien, $j = 1, \dots, 8, f$		
	k índice de los factores, $k = A, L, C$		
	Además existen dotaciones fijas de los factores de la producción en la economía:		
	F_A	cantidad de agua en la economía	
	F_L	cantidad de trabajo en la economía	
	F_C	cantidad de capital en la economía	

³ El modelo se desarrolló con las limitaciones que marca la información existente, proporcionada por el gobierno de Guanajuato.

Los bienes, excepto el bien importado, son producidos dentro de la economía. La tecnología utilizada en la producción de los bienes puede ser representada por medio de una función de producción. En las siguientes subsecciones se describe cada una de ellas.

1. Producción

En esta economía existen seis sectores productivos.⁴ Se supone que en el proceso de producción de cada uno de los bienes se minimizan los costos sujetos a una tecnología dada. El problema que enfrenta cada uno de los seis agentes productores se puede representar de la siguiente manera:

$$\text{Min}_{i=1}^7 p_i X_{i,j} \quad \text{C} \quad w_k X_{k,j}$$

s. a:

$$f_j(X_{1,j}, \dots, X_{7,j}, X_{A,j}, \dots, X_{C,j}) = Y_j$$

Para cada sector $j = 1, \dots, 6$. De la solución del problema anterior se obtienen las demandas condicionadas por bienes y factores para producir el bien j . A estas demandas se les representa de la siguiente manera:

$$X_{i,j}^*(p_1, \dots, p_7, w_A, w_L, w_C, Y_j) \quad \text{demanda del bien } i \text{ para producir el bien } j$$

y

$$X_{k,j}^*(p_1, \dots, p_7, w_A, w_L, w_C, Y_j) \quad \text{demanda del factor } k \text{ para producir el bien } j$$

en los que p_i = precio del bien i ; w_k = precio del factor k ; Y_j = cantidad producida del bien j .

2. Consumidor

Existe un solo consumidor representativo de la economía, el cual deriva utilidad de consumir siete tipos de bienes, seis producidos en la economía y uno importado. Las preferencias de este consumidor pueden ser representadas por medio de una función de utilidad $U(X_{1,f}, \dots, X_{6,f}, X_{8,f})$.

⁴ El índice i llega hasta siete porque el bien importado también puede ser utilizado como un bien intermedio.

Este consumidor maximiza su función de utilidad sujeta a una restricción presupuestaria, tomando los precios como datos; el consumidor es dueño de los factores de producción de los cuales proviene su ingreso. El problema que tiene que resolver el consumidor se puede representar de la siguiente manera:

$$\text{Max } U(X_{1,f}, \dots, X_{6,f}, X_{8,f})$$

s. a:

$$\sum_{i=1}^6 p_i X_{i,f} + p_8 X_{8,f} = \sum_{k=A}^C w_k F_k$$

De la solución del problema anterior se obtienen las demandas finales de los bienes:

$$X_{i,f}^* = X_{i,f}(p_1, \dots, p_6, p_8, \sum_{k=A}^C w_k F_k)$$

3. Gobierno

El gobierno produce un solo bien privado, enumerado como el bien 6; este bien lo produce con una tecnología específica y lo vende al consumidor final. No hay subsidio alguno en la venta de este bien ni se cobran impuestos para financiar su producción.

4. Sector externo

Los seis sectores de la economía importan un bien compuesto específico para cada sector y a su vez exportan un bien compuesto específico del sector. El valor de las importaciones en cada sector podría ser distinto del valor de las exportaciones dentro del mismo sector, pero en el agregado los valores de las importaciones y las exportaciones de la economía deben ser iguales.

El precio de los bienes externos está dado por el exterior y se usará como numerario, por tanto la demanda de bienes importados se define de la siguiente manera:

$$X_{8,j}(p_j, Y_j) = \frac{p_j}{p_8} (Y_j)$$

5. Precios

En esta economía deben determinarse los precios de tres factores y seis bienes, el bien externo se toma como numerario. Como se señaló con anterioridad, el agua como factor de la producción tiene un precio 0, lo que impide que sea incorporado directamente al análisis. Lo que se hizo para resolver este problema fue calcular el costo de oportunidad del agua en la agricultura; éste se estimó como el beneficio medio al cual tiene que renunciar el agricultor al deshacerse de un metro cúbico de agua. Posteriormente, con fines de simulación, se usaron otros precios relevantes por el agua en la agricultura.

Una vez hecho este cálculo se hace una conjetura inicial para el valor de los precios de los demás factores; posteriormente los precios de los bienes producidos en la economía se conforman suponiendo que las funciones de producción son homogéneas de grado 1, por tanto, los precios de los bienes deben ser iguales a su costo de producción, lo cual puede ser expresado de la siguiente manera:

$$p_i Y_i^* = \sum_{j=1}^7 p_j X_{i,j}^* + \sum_{k=A}^C w_k X_{i,k}^* \quad i = 1, \dots, 7$$

El precio del bien agrícola se calcula similarmente al precio de todos los demás bienes. Debe advertirse que este es un proceso iterativo en el cual los precios, tanto de los bienes como de los factores, se ajustan hasta alcanzar el equilibrio, es decir, una vez que exógenamente se calcula el precio del agua para iniciar la iteración, los precios de todos los bienes y factores, incluida el agua, se ajustan hasta lograr que se cumplan las condiciones de equilibrio, mismas que se explican a continuación.

6. Equilibrio

El equilibrio se define como un vector de precios de bienes p^* (p_1^*, \dots, p_8^*), de precios de factores w^* (w_A^*, w_L^*, w_C^*) y de asignaciones, $X_{i,j}^*$ para $i = 1, \dots, 8$ y $j = 1, \dots, 8$, f, Y^* (Y_1^*, \dots, Y_7^*) tales que:

i) Asignaciones

$$X_{i,f}^* = \arg \max U(X_{1,f}^*, \dots, X_{7,f}^*) \left| \sum_{j=1}^7 p_j^* X_{i,f}^* + \sum_{k=A}^C w_k^* F_k \right.$$

ii) Las asignaciones

$$X_{i,j}^*, X_{k,j}^*, \arg \min_{j=1}^7 P_j^* X_{i,j}^* \\ \sum_{k=A}^C w_k^* X_{k,j}^* \left| f_j (X_{1,j}^*, \dots, X_{7,j}^*, X_{A,j}^*, \dots, X_{C,j}^*) - Y_j^* \right.$$

iii) Equilibrio en el mercado de bienes

$$\sum_{j=1}^7 X_{i,j}^* - X_{i,f}^* - Y_i^*$$

iv) Equilibrio en el mercado de factores

$$\sum_{j=1}^7 X_{k,j}^* - F_k$$

v) Equilibrio en el sector externo

$$\sum_{j=1}^6 P_7^* X_{7,j}^* - \sum_{j=1}^6 P_8^* X_{8,j}^*$$

Podemos separar estas condiciones en dos: las primeras dos (*i* y *ii*) que tienen relación con la optimización del comportamiento de los agentes y las relacionadas con la igualdad entre la oferta y la demanda (*iii*, *iv* y *v*). En particular es importante destacar la relación *iv*) en la que se encuentra el equilibrio en el *mercado* del agua.

Recordemos que el volumen de agua disponible realmente para la agricultura es de 1 602 Mm³, de manera llana se puede afirmar que la política de distribución de aguas superficiales que se simula consiste en reducir el volumen de agua a la agricultura para cederla al lago de Chapala; esta cesión se simula reduciendo el agua en la economía y recalculando cada vez el equilibrio; la reducción se hace exógenamente al modelo. Con el volumen de agua sobrante se calcula en una etapa posóptima la valoración que los agentes tienen por el agua en el lago, como se explica en la sección de resultados, con lo cual es posible obtener las conclusiones del caso.

7. Especificación numérica

Para hacer operativo el modelo es necesario proponer relaciones funcionales específicas para cada una de las partes que lo compo-

nen. Estas relaciones funcionales se especifican con la idea de que representen el comportamiento de los agentes económicos.

8. Consumidores

En este caso en particular se especificó la función de utilidad de la forma Cobb-Douglas:

$$U(X_{1,f}, \dots, X_{8,f}) = \prod_{i=1}^8 X_{i,f}^{\alpha_i} \quad \text{con} \quad \sum_{i=1}^8 \alpha_i = 1$$

Por tanto las funciones de demanda del consumidor para cada uno de los bienes son:

$$X_{i,f} = \frac{\alpha_i w_k F_k^c}{p_i}$$

9. Productores

La producción se modela en dos etapas; en la primera se supone que los bienes intermedios necesarios para producir los bienes finales se demandan como complementos perfectos. Dentro de estos bienes se define un bien compuesto por los distintos factores; a este bien se le llama valor añadido, que se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_i = \frac{X_{i,j}}{a_{i,j}} \cdot \frac{V_j}{v_j} \quad i = 1, \dots, 6 \text{ y } 8; j = 1, \dots, 7$$

en la que $a_{i,j}$ y v_j son coeficientes técnicos por estimarse.

De la ecuación anterior es fácil obtener las demandas derivadas de bienes: $X_{i,j}^* = a_{i,j} Y_i^*$ y $V_i^* = v_i Y_i^*$. Por otro lado se postula:

$$V_i = A_i \prod_{k \in A} X_{k,i}^{\beta_k} \quad \text{con} \quad \sum_{k \in A} \beta_k = 1$$

en la que A_i es un parámetro de escala en la utilización de los factores de producción. De la relación anterior, se obtienen las demandas condicionadas de factores:

$$X_{k,j}^* = \frac{V_j^*}{A_j} \frac{(\beta_{k,j}/w_k)}{\prod_{k \in A} (\beta_{k,j}/w_k)^{\beta_{k,j}}}$$

Una vez establecidas las relaciones que definen las demandas es menester determinar los valores numéricos que vienen implícitos en ellas; a este proceso se le denomina calibración y se realiza tomando en cuenta los valores observados y con los cuales se construyó la SAM que aparece en el apéndice 1.

El modelo se calibró según la metodología propuesta por Shoven y Whalley. En esta metodología se parte de que se cuenta con un punto de referencia (*benchmark equilibrium*) a partir del cual se analizarán los efectos de la aplicación de distintas políticas (*counterfactual equilibrium*) para efectuar la calibración, es decir el cálculo de los parámetros de las ecuaciones que definen el modelo.

El equilibrio de referencia, definido en la matriz de contabilidad social, contiene toda la información necesaria para el cálculo de los parámetros, dadas las relaciones funcionales propuestas. El procedimiento consistió en, como es tradicional, suponer que el vector de precios en el equilibrio de referencia es unitario y que de la matriz de contabilidad social se toman los valores de ofertas y demandas, así como de la dotación de recursos. Este proceso se hizo sistemáticamente. Para corroborar que ha sido bien realizado el proceso de calibración se realizó una prueba consistente en reproducir el equilibrio de referencia con los parámetros calibrados, que se hizo con el programa que aparece en el apéndice 2.

III. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE UNA POLÍTICA DE REDUCCIÓN DE VOLUMEN CONCESIONADO A LOS AGRICULTORES DE GUANAJUATO

Una vez que se calibró el modelo, para responder la pregunta planteada en este trabajo, se procedió a simular una política de reducción del volumen de agua concesionada a los agricultores del estado de Guanajuato y a calcular la variación equivalente para el consumidor representativo.

El objetivo principal del trabajo es obtener el nivel socialmente óptimo del lago de Chapala, para lo cual se ha hecho un supuesto primordial que se debe tener en cuenta al momento de analizar los resultados de la simulación. De acuerdo con la legislación mexicana los agricultores no pagan derechos por el uso o aprovechamiento del agua que utilizan en su proceso productivo, a pesar de que obtie-

nen beneficios económicos de su utilización. Para que se pueda simular la política propuesta en este trabajo es necesario que todos los bienes y factores que se intercambian en la economía tengan un precio positivo.

Inicialmente se simuló la política referida, tomando como precio del agua, para definir el equilibrio de referencia, el beneficio medio que obtienen los productores agrícolas por el uso del agua como factor de producción, que se estimó en la cuenca Lerma-Chapala, fue de un peso por metro cúbico.⁵ Existen, sin embargo, otras posibilidades para estimar el precio del agua en la agricultura, por ello se decidió simular esta misma política considerando dos precios de referencia importantes: 3.50 pesos por m³, que es el precio que toma el agua en los mercados de la cuenca Lerma-Chapala y 5 pesos por m³, el precio más alto que ha llegado a tomar en otros mercados.⁶ Con estas tres opciones se hicieron las simulaciones y se compararon los resultados.

Se supone que se aplica una política del Acuerdo de Distribución de Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma-Chapala, mediante la cual las autoridades del Consejo de Cuenca pueden reasignar los volúmenes de agua originalmente asignados a la agricultura en función del interés público, lo que determina el volumen de transferencia al lago de Chapala.

En general los precios relativos que se modifican en la economía son sólo el del bien agrícola y el del factor agua y lo hacen en función de la escasez del agua. En los cuadros 1, 2 y 3 aparecen todos los precios de los bienes y factores considerados en la SAM. Como se observa en el cuadro 1, a medida que disminuye la oferta del factor agua su precio se incrementa, mientras que el precio relativo del bien agrícola se mantiene relativamente estable y sólo se incrementa un poco hasta que la reducción del agua, como factor de producción, equivale a 70% de la asignación inicial. Por su parte en los cuadros 2 y 3 se advierte que los precios relativos de los bienes tampoco se modifican, excepto el precio del sector ganadero (véase cuadro 3), el cual aumenta un poco cuando la disminución del agua se incrementa de manera considerable.

⁵ Esta estimación se encuentra en Bravo, Castro y Gutiérrez (2005).

⁶ Estos precios se han difundido en algunos foros públicos.

CUADRO 1. Precios relativos de los bienes y factores ante distintas reducciones del volumen de agua en la agricultura

(Costo de oportunidad del agua un peso/m³)

Reducción (porcentaje)	Bienes							Factores		
	Agrícola	Ganadero	Silvícola	Caza y pesca	Industrial	Sector gobierno	Sector externo	Agua	Trabajo	Capital
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1 111	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1 250	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1 429	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1 667	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	2 000	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	2 500	1	1
70	1 001	1	1	1	1	1	1	3 334	1	1
80	1 001	1	1	1	1	1	1	5 001	1	1
90	1 001	1	1	1	1	1	1	10 004	1	1

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 2. Precios relativos de los bienes y factores ante distintas reducciones del volumen de agua en la agricultura

(Costo de oportunidad del agua 3.50 pesos/m³)

Reducción (porcentaje)	Bienes							Factores		
	Agrícola	Ganadero	Silvícola	Caza y pesca	Industrial	Sector gobierno	Sector externo	Agua	Trabajo	Capital
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1 111	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1 250	1	1
30	1 001	1	1	1	1	1	1	1 429	1	1
40	1 001	1	1	1	1	1	1	1 667	1	1
50	1 001	1	1	1	1	1	1	2 001	1	1
60	1 001	1	1	1	1	1	1	2 501	1	1
70	1 002	1	1	1	1	1	1	3 336	1	1
80	1 003	1	1	1	1	1	1	5 005	1	1
90	1 004	1	1	1	1	1	1	10 015	1	1

FUENTE: Elaboración propia.

Lo anterior se explica porque en este modelo el agua sólo es un insumo que se utiliza en la agricultura y el valor agregado del agua es tan pequeño —respecto al valor agregado total— que la disminución de la oferta de agua no afecta mucho los precios relativos de la economía. Se simuló el efecto que tendría un costo de oportunidad del agua de cinco pesos/m³, el cual no tiene ningún significado en el

CUADRO 3. Precios relativos de los bienes y factores ante distintas reducciones del volumen de agua en la agricultura

(Costo de oportunidad del agua 5 pesos/m³)

Reducción (porcentaje)	Bienes							Factores		
	Agrícola	Ganadero	Silvícola	Caza y pesca	Industrial	Sector gobierno	Sector externo	Agua	Trabajo	Capital
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1 111	1	1
20	1 001	1	1	1	1	1	1	1 250	1	1
30	1 001	1	1	1	1	1	1	1 429	1	1
40	1 001	1	1	1	1	1	1	1 667	1	1
50	1 002	1	1	1	1	1	1	2 001	1	1
60	1 002	1	1	1	1	1	1	2 502	1	1
70	1 003	1	1	1	1	1	1	3 337	1	1
80	1 040	1	1	1	1	1	1	5 007	1	1
90	1 050	1 001	1	1	1	1	1	10 021	1	1

FUENTE: Elaboración propia.

contexto de los precios de esta economía y los resultados muestran que pequeñas reducciones en el volumen de agua tienen grandes efectos en los precios relativos de la economía. Estos resultados no se registran por carecer de significado económico.

De manera general puede decirse que una política de reasignación de agua, como la que se estudia aquí, implica estabilidad en el precio relativo del bien agrícola y por tanto en los precios de los otros bienes. Asimismo sólo se incrementará el precio del bien agrícola cuando el decremento en el volumen del agua sea muy grande y por tanto el precio del agua sea muy alto.

Se simula cuáles serían los efectos de aplicar dicha política en la economía en su conjunto. Se miden dos efectos: la variación equivalente y la valoración social por el agua en el lago de Chapala. La variación equivalente se calcula de acuerdo con la relación:

$$VE = \frac{U^1(H) - U^0(H)}{U^0(H)} w_k^0 \frac{C}{k} F_k$$

en la que el superíndice 0 se refiere a los valores obtenidos con el equilibrio de referencia y el superíndice 1 al equilibrio obtenido en la simulación. Las variables han sido definidas previamente.

Los cálculos de la variación equivalente se hicieron realizando re-

ducciones sucesivas de 10% del agua de uso agrícola, para cada uno de los precios del agua o costo de oportunidad del uso del agua en la agricultura, considerados en el equilibrio de referencia. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

Como se observa en el cuadro 4, la variación equivalente aumenta en valor absoluto conforme se reduce el volumen de agua destinada a la agricultura, lo que quiere decir que el consumidor ve reducido su bienestar en términos de la variación equivalente. Esta reducción se debe a que al disminuir el volumen de agua correspondiente al equilibrio inicial (*benchmark equilibrium*), aumenta su precio y por tanto el precio del bien agrícola.

La disminución del bienestar del consumidor representativo de esta economía (Guanajuato) se mantiene sin importar cuál sea el precio del agua, pero mientras mayor sea éste la pérdida en el bienestar se incrementa (véase gráfica 1).

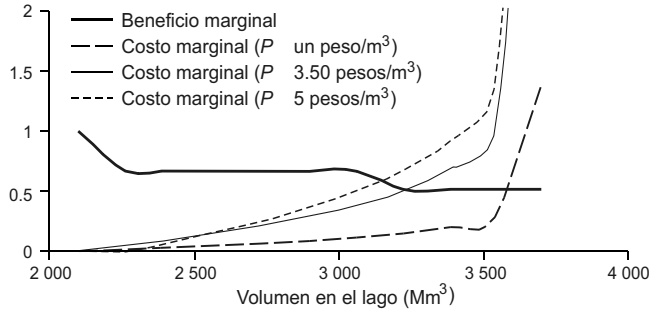
Por otro lado se produce un efecto positivo en el bienestar social de todos los agentes de la cuenca cuando se reasigna el agua hacia el lago; se trata básicamente de la valoración social de parte de todos los habitantes de la cuenca por el agua en el lago de Chapala como un bien medioambiental. Una medida representativa de esta valoración se tomó del estudio: “Evaluación económica y valoración social de los escenarios de manejo del agua superficial en la cuenca Lerma-Chapala”, IMTA (2004). Véase cuadro 5.

CUADRO 4. *Variación equivalente*

Reducción porcentual del agua en la agricultura	Variación equivalente		
	Costo de oportunidad peso/m ³	Costo de oportunidad 3.50 pesos/m ³	Costo de oportunidad 5 pesos/m ³
0	0	0	0
10	0.013	0.044	0.007
20	0.027	0.094	0.078
30	0.043	0.15	0.159
40	0.062	0.215	0.251
50	0.083	0.292	0.361
60	0.11	0.386	0.496
70	0.145	0.508	0.669
80	0.194	0.679	0.913
90	0.277	0.971	1.331

FUENTE: Elaboración propia.

GRÁFICA 1. *Beneficio y costo marginal de tener agua en el lago*
(Pesos/m³)



FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 5. *Disposición a pagar y valor del uso medioambiental*

<i>Disposición a pagar</i>		<i>Valor de uso no consuntivo (marginales)</i>	
<i>Nivel del lago</i> <i>hm³</i>	<i>DAP</i> <i>pesos/mes/vivienda</i>	<i>Nivel del lago</i> <i>hm³</i>	<i>VUNC</i> <i>pesos/m³</i>
2 100	24.57	2 100	1.00
3 100	35.98	3 100	0.66
4 500	49.58	4 500	0.51

FUENTE: "Evaluación económica y valoración social de los escenarios de manejo del agua superficial en la cuenca Lerma-Chapala", IMTA (2003).

En la gráfica 1 se presenta la comparación entre estos dos efectos, mientras que en el cuadro 6, los volúmenes asignados a la agricultura y al lago que maximizan el bienestar social. Cuando la variación equivalente se iguala al VUNC o valoración medioambiental del agua en el lago de Chapala (como se observa en la primera fila del cuadro 6), a un precio del agua dado (es decir a 1, 3.50 y 5 pesos), se igualan también los beneficios marginales sociales de los agentes de la cuenca con los costos marginales sociales del consumidor representativo de Guanajuato; de esta manera se determina el volumen socialmente óptimo para cada uso del agua (segunda y tercera filas del cuadro 6) de acuerdo con su precio de referencia (1, 3.50 y 5 pesos). En este mismo cuadro se observa que mientras mayor sea el precio del agua para uso agrícola, el volumen de agua que debe transferirse al lago debe ser menor si se quiere mantener el óptimo de Pareto.

CUADRO 6. *Volumen socialmente deseable para el lago de Chapala*

	<i>Precio 1</i>	<i>Precio 3.50</i>	<i>Precio 5.00</i>
Variación equivalente y VUNC (pesos/m ³)	.51	.51	.66
Volumen en el lago (Mm ³)	3 692	3 220	3 060
Volumen asignado a la agricultura (Mm ³)	8	480	640

FUENTE: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En este trabajo se muestra cómo, a partir del volumen de agua superficial susceptible de ser distribuido en la cuenca Lerma-Chapala, entre los agricultores del estado de Guanajuato —aguas arriba— y el lago de Chapala —aguas abajo— se puede encontrar una asignación eficiente en el sentido de Pareto que garantice el máximo bienestar social de los habitantes de la cuenca Lerma-Chapala.

Para lograr lo anterior se calibró un modelo de equilibrio general computable (MEGA) utilizando una matriz de contabilidad social (SAM), que permitió simular una política de reducción de oferta de agua para los agricultores de Guanajuato, como ha sido propuesto en algunos de los panoramas del Acuerdo de Cooperación de Aguas Superficiales de la Cuenca de Lerma-Chapala.

Como en gran parte de los trabajos empíricos que se hacen en México en relación con el agua, la información limita y condiciona el tipo de metodología por usarse. En este caso se hizo un gran esfuerzo de recopilación y depuración de información de distintas fuentes con el fin de establecer una base de datos confiable que permitiera aplicar la metodología elegida. El resultado fue alentador y marca algunas líneas por las que debería seguirse trabajando para contar con modelos que permitan elaborar políticas públicas cada vez más útiles para la toma de decisiones: medir por medio de la valoración contingente la disposición a pagar por los servicios medioambientales que producen los cuerpos de agua, estimar las tecnologías utilizadas en el manejo del agua en los distintos usos y, en el largo plazo, lograr que el agua sea incorporada a la matriz de insumo producto.

Uno de los resultados obtenidos consiste en mostrar que mientras mayor sea el precio del agua para uso agrícola, el volumen de agua que debe transferirse al lago debe ser menor si se quiere seguir mantener el óptimo de Pareto. Esto demuestra la importancia que tiene

el precio del agua en la agricultura para determinar el volumen de agua socialmente óptimo.

Por otra parte, es evidente que la sociedad intenta regular las asignaciones de agua por medio de un mecanismo institucional (el Acuerdo de Distribución) que asigna los volúmenes de agua superficial generados en la cuenca a los distintos usuarios, de acuerdo con la disponibilidad anual del recurso y que esta reasignación ocasiona efectos en el bienestar de los distintos agentes en la economía. Así, por ejemplo, al reducirse el agua en la agricultura, se disminuye la producción agrícola, afectándose de modo negativo a los agricultores; sin embargo, simultáneamente se incrementa el volumen de agua en el lago de Chapala, lo que aumenta los servicios medioambientales que produce este cuerpo de agua. Estos efectos deben evaluarse y para ello debe contarse con una metodología que permita determinar cuál es el volumen de agua que maximiza el bienestar social de todos los habitantes de la cuenca Lerma-Chapala.

Los mecanismos de asignación utilizados hasta ahora por el Consejo de Cuenca no evalúan de manera correcta los efectos medioambientales que se generan con la reasignación, debido principalmente a que el Consejo está dominado por los agricultores, quienes perciben el uso del agua con fines medioambientales como un dispendio.

Por otro lado no existe una representación activa de parte de los agentes que debiera velar por las asignaciones de agua para el lago y, sobre todo, no existen los medios financieros ni políticos para hacer valer los volúmenes socialmente deseables para el lago de Chapala.

La toma de decisiones, por tanto, requiere metodologías más elaboradas que las usadas hasta ahora por los encargados del Consejo de Cuenca, que forzosamente deberían incluir elementos que permitan discernir entre distintas opciones en términos no sólo de eficiencia sino también de equidad. El trabajo presentado aquí se enmarca en esta línea de investigación.

APÉNDICE I

Dado que la unidad básica de gestión del agua es la cuenca hidrológica, inicialmente se consideró que para calibrar el modelo de equilibrio general computable lo más adecuado era construir una matriz de contabilidad social regional para la cuenca Lerma-Chapala. Sin embargo, la información disponible es insuficiente para este fin.

Por otra parte, las estadísticas muestran que el estado de Guanajuato 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 esta actividad y este estado se convierten en los principales competidores del lago de Chapala.⁷ Es por eso que se decidió trabajar a partir de la matriz de insumo producto proporcionada por el gobierno del estado de Guanajuato.

La matriz de contabilidad social (SAM) que se propone en este trabajo se construyó expresamente para calibrar un modelo de equilibrio general computable que permita evaluar cuál es el efecto en el bienestar social del agente representativo de Guanajuato, si se decidiera aplicar una política de reducción de la asignación inicial de agua para el uso agrícola.

La valoración de los servicios medioambientales que produce el lago de Chapala y por ende el bienestar social que se generaría, para todos los habitantes de la cuenca, debido a los mayores volúmenes de escurrimiento aguas abajo y consecuentemente a los incrementos en el nivel del lago de Chapala, se considera como una variable exógena al modelo aquí determinado.

Es importante destacar que en la elaboración de la SAM no se consideró necesario modelar los efectos redistributivos en el ingreso de los consumidores, que ocasionaría una política de reasignación del agua superficial como la que se mencionó líneas arriba, ya que el interés de este trabajo se centra en la determinación del punto de equilibrio o asignación óptima del agua superficial entre el uso agrícola de Guanajuato y el uso medioambiental del lago de Chapala; por esta razón se considera únicamente a un consumidor representativo.⁸ Asimismo debe señalarse que se construyó una “SAM macro”, la cual viene de las cuentas nacionales y define los flujos macro entre los principales agentes en la economía. A continuación se describe la metodología general para la construcción de la SAM.⁹

- i) Se partió de la matriz de insumo producto del estado de Guanajuato estimada para 1993, que distingue 72 ramas de actividad económica de las cuentas nacionales pero con la rama I agricultura dividida en 16 subramas y la de ganadería dividida en seis subramas.¹⁰
- ii) Esa matriz se colapsó a una matriz de insumo producto de cinco sectores. En esta matriz (véase cuadro A1), se conserva la distinción entre importaciones nacionales y estatales y no se desagregan los ingresos de los factores, al igual que en la matriz original.
- iii) A continuación, en esta misma matriz se dedujo el valor agregado bruto es-

⁷ El otro estado con actividad agrícola relevante en la cuenca es Michoacán.

⁸ Esto no quiere decir que no resulte interesante en sí misma la redistribución de las rentas sectoriales; en realidad es una consecuencia natural del estudio del bienestar social y de las políticas públicas aplicadas al sector hídrico, pero esto se abordará en otro trabajo.

⁹ Véase Harris y Robinson (2003).

¹⁰ Véase Noriega (1999).

timado para el agua (como factor de producción) del valor agregado bruto total de la economía de Guanajuato (véase cuadro A2).

¿Cómo se estimó el valor agregado del agua en esta economía? Puesto que el volumen de agua superficial (el agua por la cual compite el lago de Chapala) que se utiliza en la agricultura es casi 100% del total, y la industria y las ciudades se autoabastecen casi en su totalidad de agua subterránea, no se consideró necesario incluir el agua como insumo productivo industrial ni tampoco incluirla como un bien de consumo.

Para incluir el volumen físico de agua en la matriz (véase cuadro A3) se requirió calcular primero el precio del agua utilizada en la agricultura como insumo de la producción. El precio del agua se calculó con base en una estimación de su costo de oportunidad, es decir el beneficio medio que los agricultores de riego dejarían de percibir si se les retirara su asignación total de agua.¹¹

Una vez conocidos el precio y el volumen de agua utilizada en la producción de bienes agrícolas, se descontó esta cantidad del valor agregado bruto registrado en la matriz de insumo producto de Guanajuato, respetando siempre los agregados macroeconómicos.

iv) Finalmente en el cuadro A4 se muestra la SAM macro que incluye al agua como factor de la producción.

Es necesario señalar que en los datos originales de la matriz de Guanajuato no se hace diferencia entre los ingresos de los factores; para separar el pago al trabajo y al capital se utilizó la ponderación existente en la matriz de insumo producto para México de 1980 (véase INEGI, 1980).

Por otra parte, si bien el gobierno federal es el propietario de todas las aguas nacionales de acuerdo con la legislación vigente (véase artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos), en esta SAM se consideró que el consumidor se apropia de todas las rentas de la utilización del agua.¹²

Además, el estudio de la política impositiva escapa a los alcances de este trabajo, lo cual determina la manera en que se modeló al sector gobierno, en la que éste consume todas sus rentas.

Debe señalarse que el sector denominado industria está conformado por los sectores comercio, servicios financieros y por la propia industria, razón por la cual aparece este sector con más de 90% del valor agregado bruto.

Finalmente la matriz de contabilidad social con la cual se calibró el modelo de equilibrio general computable se muestra en el cuadro A4.

¹¹ Véase Bravo, Castro y Gutiérrez (2005).

¹² Esto es así porque el agua utilizada en riego agrícola no paga derechos y por tanto los agricultores se apropian de las rentas del gobierno. Sin menoscabo alguno podría construirse una SAM con el supuesto de que el gobierno se apropia de las rentas.

CUADRO A1. *Matriz de insumo producto colapsada para el estado de Guanajuato*
(Miles de pesos de 1993)

	Agricultura	Ganadería	Silvicultura	Caza y pesca	Industria	Gobierno de Guanajuato	Demanda intermedia
Agricultura	91 455	325 137	0	0	387 730	5 631	809 953
Ganadería	275	4 554	0	0	1 121 445	1 540	1 127 814
Silvicultura	0	0	0	0	13 524	61	13 585
Caza y pesca	0	0	0	0	14 496	22	14 518
Industria	257 253	322 912	4 570	6 551	9 192 799	2 890 990	12 675 075
Gobierno de Guanajuato	0	0	0	0	0	0	0
Total de insumos estatales	348 983	652 603	4 570	6 551	10 729 994	2 898 244	14 640 945
Importaciones resto de México	245 494	374 596	3 410	5 968	5 952 388	157 469	6 739 325
Total de insumos nacionales	594 477	1 027 199	7 980	12 519	16 682 382	3 055 713	21 380 270
Importaciones resto del mundo	89 072	16 018	0	252	2 681 801	86 571	2 873 714
Total de insumos nacionales e importados	683 549	1 043 217	7 980	12 771	19 364 183	3 142 284	24 253 984
Valor agregado bruto	2 782 552	987 071	68 046	15 121	34 408 071	1 030 135	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
	Consumo privado	Consumo gobierno	Inversión	Subtotal demanda final	Exportaciones	Demanda final	Valor bruto de la población
Agricultura	778 262	0	23 493	801 755	1 854 393	2 656 148	3 466 101
Ganadería	462 585	0	17 180	479 765	422 709	902 474	2 030 288
Silvicultura	18 393	0	318	18 711	43 730	62 441	76 026
Caza y pesca	9 837	0	15	9 852	3 522	13 374	27 892
Industria	17 245 422	0	5 635 744	22 881 166	18 216 013	41 097 179	53 772 254
Gobierno de Guanajuato	0	4 172 419	0	4 172 419	0	4 172 419	4 172 419
Total de insumos estatales	18 514 499	4 172 419	5 676 750	28 363 668	20 540 367	48 904 035	63 544 980
Importaciones resto de México	8 502 288	0	1 925 197	10 427 485	0	10 427 485	17 166 810
Total de insumos nacionales	27 016 787	4 172 419	7 601 947	38 791 153	20 540 367	59 331 520	80 711 790
Importaciones resto del mundo	1 056 250	0	1 597 459	2 653 799	0	2 653 799	5 527 513
Total de insumos nacionales e importados	28 073 037	4 172 419	9 199 496	41 444 952	20 540 367	61 985 319	86 239 303
Valor agregado bruto	0	0	0	0	0	0	39 290 996
Valor bruto de la producción	28 073 037	4 172 419	9 199 496	41 444 952	20 540 367	61 985 319	125 530 299

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

CUADRO A2. Matriz de insumo producto colapsada para el estado de Guanajuato.
Incluye al agua como factor de producción del sector agrícola

(Miles de pesos de 1993)

	Agricultura	Ganadería	Silvicultura	Caza y pesca	Industria	Gobierno de Guanajuato	Demanda intermedia
Agricultura	91 455	325 137	0	0	387 730	5 631	809 953
Ganadería	275	4 554	0	0	1 121 445	1 540	1 127 814
Silvicultura	0	0	0	0	13 524	61	13 585
Caza y pesca	0	0	0	0	14 496	22	14 518
Industria	257 253	322 912	4 570	6 551	9 192 799	2 890 990	12 675 075
Gobierno de Guanajuato	0	0	0	0	0	0	0
Total de insumos estatales	348 983	652 603	4 570	6 551	10 729 994	2 898 244	14 640 945
Importaciones resto de México	245 494	374 596	3 410	5 968	5 952 388	157 469	6 739 325
Total de insumos nacionales	594 477	1 027 199	7 980	12 519	16 682 382	3 055 713	21 380 270
Importaciones resto del mundo	89 072	16 018	0	252	2 681 801	86 571	2 873 714
Total de insumos nacionales e importados	683 549	1 043 217	7 980	12 771	19 364 183	3 142 284	24 253 984
Valor agregado bruto	2 782 552	987 071	68 046	15 121	34 408 071	1 030 135	39 290 996
Agua	1 602	0	0	0	0	0	1 602
Otros factores	2 780 950	987 071	68 046	15 121	34 408 071	1 030 135	39 289 394
Valor bruto de la producción	3 466 101	2 030 288	76 026	27 892	53 772 254	4 172 419	63 544 980
	Consumo privado	Consumo gobierno	Inversión	Subtotal demanda final	Exportaciones	Demanda final	Valor bruto de la población
Agricultura	778 262	0	23 493	801 755	1 854 393	2 656 148	3 466 101
Ganadería	462 585	0	17 180	479 765	422 709	902 474	2 030 288
Silvicultura	18 393	0	318	18 711	43 730	62 441	76 026
Caza y pesca	9 837	0	15	9 852	3 522	13 374	27 892
Industria	17 245 422	0	5 635 744	22 881 166	18 216 013	41 097 179	53 772 254
Gobierno de Guanajuato	0	4 172 419	0	4 172 419	0	4 172 419	4 172 419
Total de insumos estatales	18 514 499	4 172 419	5 676 750	28 363 668	20 540 367	48 904 035	63 544 980
Importaciones resto de México	8 502 288	0	1 925 197	10 427 485	0	10 427 485	17 166 810
Total de insumos nacionales	27 016 787	4 172 419	7 601 947	38 791 153	20 540 367	59 331 520	80 711 790
Importaciones resto del mundo	1 056 250	0	1 597 459	2 653 799	0	2 653 799	5 527 513
Total de insumos nacionales e importados	28 073 037	4 172 419	9 199 496	41 444 952	20 540 367	61 985 319	86 239 303
Valor agregado bruto	0	0	0	0	0	0	39 290 996
Agua	0	0	0	0	0	0	1 602
Otros factores	0	0	0	0	0	0	39 289 384
Valor bruto de la producción	28 073 037	4 172 419	9 199 496	41 444 952	20 540 367	61 985 319	125 530 299

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

CUADRO A3. Volúmenes históricos de agua asignados para Guanajuato por el Acuerdo de Distribución de Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma-Chapala

(Millones de metros cúbicos)

	1991- 1992	1992- 1993	1993- 1994	1994- 1995	1995- 1996	1996- 1997	1997- 1998	1998- 1999	1999- 2000	2000- 2001
DR 011	955	955	955	853	857	786	504	955	648.42	538.94
DR 085	124	124	124	124	124	91	36	124	57.06	70.42
Pequeña irrigación	523	523	523	523	523	523	306.05	523	350.01	275.76

FUENTE: Acuerdo de Coordinación sobre la Disponibilidad, Distribución y Usos de las Aguas Superficiales de Propiedad Nacional de la Cuenca Lerma-Chapala (1992).

CUADRO A4. 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
Agricultura	91 455	325 137	0	0	387 730	5 631
Ganadería	275	4 554	0	0	1 121 445	1 540
Silvicultura	0	0	0	0	13 524	61
Caza y pesca	0	0	0	0	14 496	22
Industria	257 253	322 912	4 570	6 551	9 192 799	2 890 990
Sector gobierno						
Agua	1 602	0	0	0	0	0
Trabajo	1 001 142	355 346	24 497	5 444	12 386 906	370 849
Capital	1 779 808	631 725	43 549	9 677	22 021 165	659 286
Consumidor						
Sector externo	334 566	390 614	3 410	6 220	8 425 771	244 040
Total	3 466 101	2 030 288	76 026	27 892	53 563 836	4 172 419
	Agua	Trabajo	Capital	Consumidor	Sector externo	Total
Agricultura				778 262	1 877 886	3 466 101
Ganadería				462 585	439 889	2 030 288
Silvicultura				18 393	44 048	76 026
Caza y pesca				9 837	3 537	27 892
Industria				17 245 422	23 643 339	53 563 836
Sector gobierno				4 172 419		4 172 419
Agua						1 602
Trabajo						14 144 182
Capital						25 145 212
Consumidor	1 602	14 144 182	25 145 212			39 290 996
Sector externo				16 604 078		26 008 699
Total	1 602	14 144 182	25 145 212	39 290 996	26 008 699	

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

APÉNDICE 2

\$TITLE Modelo de AGUA GUANAJUATO

\$ONDIGIT

\$OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF

*

*

OPTIONS LIMCOL=0, LIMROW=0;

SETS

TOTAL total de indices usados /AG,GA,SI,CP,IN,SG,AA,TR,KA,CG,SE,TOT

/

I (TOTAL insumos / AG,GA,SI,CP,IN,SG,SE /

S (I) bienes / AG,GA,SI,CP,IN,SG /

E (TOTAL) sector externo / SE /

L K (TOTAL) factores / AA,TR,KA/

H (TOTAL) consumidores / CG /

;

ALIAS (TOTAL,TOTA);

ALIAS (S,SS);

ALIAS (LK,KL);

PARAMETERS

LEON (I,S)

NUVALEON (S)

VALEON (S)

BETA (LK,S)

A (S)

ALFA (S,H)

ALFAEXT (H)

DEFSEXT(S)

DEFEXT

INC0 (H)

INC1 (H)

VEQ (H)

U0 (H)

;

TABLE SAM (TOTAL,TOTA) Matriz de Contabilidad Social

	AG	GA	SI	CP	IN	SG	AA	TR
AG	91.455	325.137			387.730	5.631		
GA	.275	4.554			1 121.445	1.540		
SI					13.524	.061		
CP					14.496	.022		
IN	257.253	322.912	4.570	6.551	9 192.799	2 890.990		
SG								
AA	1.602							
TR	1001.142	355.346	24.497	5.444	12 386.906	370.847		
KA	1779.808	631.725	43.549	9.677	22 021.165	659.288		
CG							1.602	14 144.182
SE	334.566	390.614	3.410	6.220	8 425.771	244.040		

+	KA	CG	SE
AG		778.262	1 877.886
GA		462.585	439.889
SI		18.393	44.048
CP		9.837	3.537
IN	17 245.422		23 643.339
SG		4172.419	
AA			
TR			
KA			
CG	25 145.212		
SE		16 604.078	

;

SAM ('TOT',TOTAL) = SUM (TOTA, SAM (TOTA,TOTAL));

SAM (TOTAL,'TOT') = SUM (TOTA, SAM (TOTAL,TOTA));

DISPLAY SAM;

***** ETAPA 1 CALIBRACION *****

* CALIBRACION DE LOS PARAMETROS DE LA TECNOLOGIA

LEON (I,S) = 0.0;

LEON (I,S) = SAM (I,S)/(SAM ('TOT',S))\$(SAM ('TOT',S) NE 0);

DISPLAY LEON;

NUVALEON (S) = SUM (LK,SAM (LK,S));

VALEON(S) = (SUM (LK,SAM (LK,S))/
(SAM ('TOT',S))\$(SAM ('TOT',S) NE 0);

DISPLAY NUVALEON;

DISPLAY VALEON;

* DESPEJE DE BETA

BETA (LK,S) = SAM (LK,S)/SUM (KL,SAM (KL,S));

A(S) =NUVALEON (S)/PROD (LK,SAM (LK,S)**BETA (LK,S));

*CALIBRACION PARAMETROS DE CONSUMO

ALFA (S,H) = SAM (S,H)/SAM ('TOT',H);

ALFAEXT (H) = SAM ('SE',H)/SAM ('TOT',H);

DISPLAY BETA;

DISPLAY A;

DISPLAY ALFA;

DISPLAY ALFAEXT;

***** ETAPA 2 VALIDACION BENCHMARK EQUILIBRIUM *****

POSITIVE VARIABLES

XSH (S,H)

XSHE (H)

XSS (I,S)

XSST (I)

XLS (LK,S)

IMPOR (S)

EXPOR (S)

Y (S)

VA (S)
 PS (I)
 PL (LK)
 ;
VARIABLES
 FO2
 ;
EQUATIONS
 DEMFIN (S,H) ecuaciones para demanda final bienes nacionales
 DEMFINE (H) ecuación para demanda bien importado
 DEMINT (I,SS) ecuaciones para demanda intermedia
 DEMINTT (I) demanda intermedia total
 DEMAVA (S) demanda de valor añadido
 DEMFAC1 (LK,S) ecuaciones de factores
 IMPORTA (S) ecuaciones de importaciones
 EXPORTA (S) ecuaciones de exportaciones
 EQUIBIEE condiciones de equilibrio para sector externo
 EQUIFAC (LK) condiciones de equilibrio para factores
 PRECIOS (S) ecuaciones de precios
 PREFIJO precio importaciones fijo
 FUNOBJ2 función objetivo de la ETAPA 2
 VMERC (S) vaciado de mercados
 ;
***DEMANDA FINAL BIEN NACIONAL**
 DEMFIN (S,H) ..XSH (S,H)*PS (S) =E=
 ALFA (S,H)*(SUM (LK, PL(LK)*SAM (H,LK)));
***DEMANDA BIEN IMPORTADO**
 DEMFINE (H) .. XSHE (H)*PS ('SE') =E=
 ALFAEXT (H)*(SUM (LK, PL (LK)*SAM (H,LK)));
***DEMANDA INTERMEDIA**
 DEMINT (I,SS) ..XSS (I,SS) =E= LEON (I,SS)*Y (SS);
***DEMANDA INTERMEDIA TOTAL**
 DEMINTT (I) .. XSST (I) =E= SUM (S,XSS (I,S));
***DEMANDA VALOR ANYADIDO**
 DEMAVA (S) ..VA (S) =E= VALEON (S)*Y (S);
***DEMANDA DE FACTORES**
 DEMFAC1 (LK,S) ..(1/A (S))*(BETA (LK,S)/PL (LK))*VA (S) =E=
 XLS (LK,S)*PROD (KL, (BETA (KL,S)/PL (KL))*BETA (KL,S));
***IMPORTACIONES**
 IMPORTA (S) .. PS ('SE')*IMPOR (S) =E= PS (S)*SAM ('SE',S);
***EXPORTACIONES**
 EXPORTA (S) .. PS (S)*EXPOR (S) =E= PS ('SE')*SAM (S,'SE');
***CONDICIONES DE EQUILIBRIO SECTOR EXTERNO**
 EQUIBIEE..SUM (S,IMPOR (S))+ SUM (H,XSHE (H)) =E= SUM (S,EXPOR(S));
***CONDICIONES DE VACIADO DE MERCADO**
 VMERC (S).. Y (S) =E= + SUM (H, XSH (S,H))+ EXPOR (S) + XSST (S);

* EQUILIBRIO MERCADO DE FACTORES
 EQUIFAC (LK) .. SUM (S, XLS (LK,S)) - SAM ('TOT',LK) =E= 0 ;

* PRECIOS
 PRECIOS (S) ..PS (S)*Y (S) =E= SUM (I, PS (I)*XSS (I,S)) +
 SUM (LK, PL (LK)*XLS (LK,S));

*PRECIO FIJO P (L)
 PREFIJO ..PS ('SE') =E= 1.0;

*FUNCION OBJETIVO
 FUNOBJ2 ..FO2 =E= SUM (S, PS (S)*(SUM (H,XSH (S,H))))+
 SUM (LK, PL (LK)*(SUM (S,XLS (LK,S))));

* VALORES INICIALES DE LAS VARIABLES

PS.L (I)= 1.0;
 PL.L (LK)=1.0;
 XSH.L (S,H)=SAM (S,H);
 XSHE.L (H)=SAM ('SE',H);
 XSS.L (I,SS)=SAM (I,SS);
 XLS.L (LK,S)=SAM (LK,S);
 IMPOR.L (S)=SAM ('SE',S);
 EXPOR.L (S)=SAM (S,'SE');
 Y.L (S)=SAM ('TOT',S);
 VA.L (S)=NUVALEON (S);

MODEL BENCHMARK /DEMFIN,DEMINT,DEMINTT,DEMAVA,DEMFA1,EQUIFAC,
 PRECIOS,EQUIBIEE,IMPORTA,EXPORTA,VMERC,
 DEMFINE,PREFIJO,FUNOBJ2 /

OPTION ITERLIM = 10000;
 SOLVE BENCHMARK MINIMIZING FO2 USING NLP;
 INC0 (H)= SUM (LK, PL.L (LK)*SAM (H,LK));
 U0 (H) = SUM (S,ALFA (S,H)*LOG (XSH.L (S,H))) +
 ALFAEXT (H)*LOG (XSHE.L (H));

*\$Offtext

***** ETAPA 3 SIMULACION DE POLITICAS 1 *****

PARAMETERS
 RED (LK)
 PARPL (LK)
 PARXLS (LK,S)
 ;

EQUATIONS
 EQUIFACSIM (LK) condiciones de equilibrio para factores
 DEMFIN2 (S,H)
 DEMFINE2 (H)
 PRECIOS2 (S)
 ;
 RED (LK)=1.0;
 RED ('AA')=1.0;
 PARPL (LK)=PL.L (LK);

```

PARXLS (LK,S)=XLS.L (LK,S);
*DEMANDA FINAL BIEN NACIONAL
DEMFIN2 (S,H) .. XSH (S,H)*PS (S) =E=
    ALFA (S,H)*( SUM (LK, PL (LK)*RED (LK)*SAM (H,LK)));
*DEMANDA BIEN IMPORTADO
DEMFINE2 (H) .. XSHE (H)*PS ('SE') =E=
    ALFAEXT (H)*( SUM (LK, PL (LK)*RED (LK)*SAM (H,LK)));
*
* PRECIOS
* PRECIOS2 (S) ..PS (S)*Y(S) =E= 1.1*SUM ( I, PS (I)*XSS (I,S) ) +
*     SUM ( LK, PL (LK)*XLS (LK,S) );
* EQUILIBRIO MERCADO DE FACTORES
EQUIFACSIM (LK) .. SUM (S, XLS (LK,S)) - RED (LK)*SAM ('TOT',LK) =G= 0 ;
* VALORES INICIALES DE LAS VARIABLES
* LOS DADOS EN LA ETAPA 1
MODEL POLITICA1 /DEMFIN2,DEMINT,DEMINTT,DEMAVA,DEMFACI,EQUIFACSIM,
    PRECIOS,EQUIBIEE,IMPORTA,EXPORTA,VMERC,
    DEMFINE2,PREFIJO,FUNOBJ2 /
OPTION ITERLIM = 10000;
SOLVE POLITICA1 MINIMIZING FO2 USING NLP;
* CALCULOS POST OPTIMOS
PARAMETERS
U1 (H)
VOLAGUA
VALLAG
BENEAGR
INC0 (H)
;
    U1 (H) = SUM (S,ALFA (S,H)*LOG (XSH.L (S,H))) +
        ALFAEXT (H)*LOG (XSHE.L (H));
    INC1 (H)= SUM (LK, PL.L (LK)*SAM (H,LK));
    VOLAGUA = RED ('AA')*SAM ('TOT','AA');
    BENEAGR = PS.L ('AG')*Y.L ('AG')-
        (SUM ( I, PS.L (I)*XSS.L (I,'AG') ) +
        SUM ( LK, PL.L (LK)*XLS.L (LK,'AG') ));
    VALLAG = 2100 + .66*( 1.602 - RED ('AA')*SAM ('TOT','AA'));
DISPLAY VOLAGUA,BENEAGR;
DISPLAY VALLAG;
DISPLAY INC0;
DISPLAY INC1;
*DISPLAY U0;
*DISPLAY U1;
    VEQ (H)=(U1 (H)-U0 (H))*INC0 (H)/U0 (H);
DISPLAY VEQ;

```

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, J. (2001), *Hidrology of the Lerma-Chapala Watershed*, A. Hansen y M. van Afferden, *The Lerma-Chapala Watershed Evaluation and Management*, Nueva York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Asafu-adjaye, John (2004), "A Dynamic CGE Model of the Australian Economy: A Simulation of the Impacts of Environmental Policies", *International Journal Economics and Econometrics*, vol. 12, núm. 3, pp. 317-336.
- Babiker, Mustafa H. (2001), "The CO2 Abatement Game: Costs, Incentives, and the Enforceability of a Sub-global Coalition", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 25, núms. 1-2, pp. 1-34.
- Banco Mundial (1991), "Integrated Environmental and Economic Accounting a Case Study Mexico", Report núm. 50, diciembre.
- Bohringer, Christoph (2004), "Sustainability Impact Assessment: The Use of Computable General Equilibrium Models", *Economie Internationale*, número 99, pp. 9-26.
- , K. Conrad y A. Loschel (2003), "Carbon Taxes and Joint Implementation: An *Applied General Equilibrium* Analysis for Germany and India", *Environmental and Resource Economics*, vol. 24, núm. 1, pp. 49-76.
- Bonet, M. J. (2000), *La matriz insumo-producto del Caribe Colombiano*, Centro de Estudios Económicos Regionales, núm. 15, mayo, Cartagena de Indias, Colombia.
- Bravo, H., J. Castro y M. Gutiérrez (2005), "El banco del agua: una propuesta para salvar al lago de Chapala", *Gestión y Política Pública*, México, CIDE.
- Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento del Programa de Ordenación y Saneamiento de la Cuenca Lerma-Chapala (1992), *Acuerdo de Coordinación sobre la Disponibilidad, Distribución y Usos de las Aguas Superficiales de Propiedad Nacional de la Cuenca Lerma-Chapala*, marzo, Querétaro, México.
- Diao, X., y T. Roe (2003), "Can a Water Market Avert the 'Double-Whammy' of the Trade Reform and Lead to a 'Win-Win' Outcome?", *Environmental Economics and Management*, vol. 45, núm. 3, pp. 708-723.
- Ferguson, L., *et al* (2005), "Incorporating Sustainability Indicators into a Computable *General Equilibrium* Model of the Scottish Economy", *Economic Systems Research*, vol. 17, núm. 2, pp. 103-140.
- Fernández, M., y C. Polo (2001), "Una nueva matriz de contabilidad social para España: La SAM 90", *Estadística Española*, núm. 148, pp. 281-311.
- Gobierno del estado de Guanajuato (2004), *Situación hidráulica de Guanajuato*, México, CEA, noviembre, cap. 6.
- Gobierno del estado de Jalisco (2001), *La matriz: insumo-producto regional para el estado de Jalisco*, México, Universidad de Guadalajara.
- González, Mikel, y Rob Dellink (2005), "Impact of Climate Policy on the Basque Economy", *Fundazione Eni Enrico Mattei*, Working Papers, 113.

- Guajardo, R., y P. I. García (2002), "Análisis de la estructura del sector agua y su relación intersectorial (primera parte)", *Entorno Económico*, núm. 239, México.
- Gutiérrez, M. A., y H. M. Bravo (2006), "Evaluación económica de dos políticas públicas para controlar la contaminación del agua", *Revista de Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XXI, núm. 1, pp. 85-94.
- Harris, J. R., y S. Robinson (2003), "Estimating of a Regionalized Mexican Social Accounting Matrix Using Entropy Techniques to Reconcile Disparate Data Sources", Josefina Callicó López *et al*, *Insumo-producto regional y otras aplicaciones*, México, UAM, Biblioteca de Ciencias Sociales y Humanidades, Serie Economía.
- Ibarraran Viniegra, María Eugenia, y Roy Boyd (2001), "Los impuestos al carbono y la economía mexicana: El efecto del cumplimiento de las restricciones impuestas por el calentamiento mundial: El caso de México", *EL TRIMESTRE ECONÓMICO*, vol. LXVIII, núm. 270, pp. 233-268.
- IMTA (1998, 2004), "Diagnóstico Socio-Económico de la Cuenca Lerma-Chapala", Documento Interno de Trabajo, Cuernavaca.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (1994), "La matriz de insumo-producto de México".
- Keohe, T. J., *et al* (1988), "Una matriz de contabilidad social de la economía española", *Estadística Española*, núm. 117, España, pp. 5-33.
- Kiula, O. (2003), "Economic Repercussions of Sulfur Regulations in Poland", *Journal of Policy Modeling*, vol. 25, núm. 4, pp. 327-333.
- Komen, Marinus H. C., y Jack H. M. Peerlings (1999), "Energy Taxes in the Netherlands: What Are the Dividends?", *Environmental and Resource Economics*, vol. 14, núm. 2, pp. 243-268.
- Kumbaroglu, Gurkan Selcuk (2005), "Environmental Taxation and Economic Effects: A Computable *General Equilibrium* Analysis for Turkey", *Journal of Policy Modeling*, vol. 25, núm. 8, pp. 795-810.
- Leontief, W. (1941), *The Structure of the American Economy, 1919-1939*, Nueva York, Oxford University Press.
- Miller, R. E., *et al* (1989), *Frontiers of Input-Output Analysis*, Nueva York, Oxford University Press.
- Naciones Unidas (2000), *Manual sobre la compilación y el análisis de los cuadros de insumo-producto*, Nueva York, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.
- Noriega, M. A. (1999), *Matriz insumo-producto de Guanajuato*, Universidad de Guanajuato, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato.
- Nugent, Jeffrey B., y C. V. S. K. Sarma (2002), "The Three E's-Efficiency, Equity, and Environmental Protection-In Search of 'Win-Win-Win' Policies: A CGE Analysis of India", *Journal of Policy Modeling*, vol. 24, núm. 1, pp. 19-50.

- Núñez, G., y C. Polo (2002), “Una matriz de contabilidad social para México: La MCS-MX96”, tesis doctoral de Economía, abril, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Olaiz, A., *et al* (2003), *Evaluación económica y valoración social de los escenarios de manejo del agua superficial en la cuenca Lerma-Chapala*, IMTA.
- Pyatt, G., y J. Round (1979), “Accounting and Fixer Price Multipliers in a Social Accounting Matrix Framework”, *The Economic Journal*, núm. 356, pp. 850-873.
- Reinert, Kenneth A., G. Chris Rodrigo y David W. Roland-Holst (2002), “North American Economic Integration and Industrial Pollution in the Great Lakes Region”, *Annals of Regional Science*, vol. 36, núm. 3, pp. 483-495.
- Reyes Heróles, J. (1983), *Política macroeconómica y bienestar en México*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez, *et al* (2003), “Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala”, Dirección de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas-Manejo Integral de Cuencas Hídricas, México, INE.
- Round, J. I. (1985), “Decomposing Multipliers for Economic Systems Involving Regional and World Trade”, *The Economic Journal*, núm. 378, pp. 383-399.
- Scott, Ch., *et al* (2001), “Competition for Water in the Lerma-Chapala Basin”, A. Hansen y M. van Afferden, *The Lerma-Chapala Watershed Evaluation and Management*, Nueva York, Kluwer Academic-Plenum Publishers.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) (1981), “El ABC de las cuentas nacionales”, México.
- Taylor, L. (1986), *Modelos macroeconómicos para los países en desarrollo*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Torres, G. (2001), “Política desecatoria y crisis permanente del Lago de Chapala”, Curso: Chapala, la transición a un milenio, Movimiento Cívico “Todos por Chapala”, 29 de septiembre y 6 de octubre, Guadalajara.
- Valdez, Z. A., *et al* (2001), “La problemática del Lago de Chapala: Una lectura desde la perspectiva de las Ciencias Administrativas”, Curso: Chapala, la transición a un milenio, Movimiento Cívico “Todos por Chapala”, 29 de septiembre y 6 de octubre, México.
- Xie, J., y S. Saltzman (2000), “Environmental Policy Analysis: An Environmental Computable *General-Equilibrium* Approach for Developing Countries”, *Journal of Policy Modeling*, vol. 22, núm. 4, pp. 453-489.
- Yúnez-Naude, A., y J. E. Taylor (1999), *Manual para la elaboración de matrices de contabilidad social*, México, Centro de Estudios Económicos, núm. 15.