

**El Colegio de México  
Centro de Estudios Económico**

**“Efectos de equilibrio general de choques exógenos en el sector  
irrigado de la agricultura mexicana”**

**Presentado por:  
Gerardo Francisco Aragón Castaño**

**Asesor:  
Dr. Antonio Yúnez Naude**

**México D.F.  
Octubre – 2009**

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Adaljisa, y mis hermanas, Adaljiza e Imaltzin, por todo su cariño, comprensión y alegría que le dan a mi vida, y porque todos los días me enseñan que la familia es lo más importante en la vida. A Brenda Berenis por todo su cariño y apoyo, porque ha hecho felices mis días y le ha dado sentido el seguir adelante. Pero sobre todo gracias a mi padre, Gerardo Aragón, por ser no sólo un gran papá, sino un gran amigo, un gran apoyo y quien le debo la mayor parte de las cosas en la vida, gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor, el Dr. Antonio Yúnez, por todo su apoyo, confianza, consejos y enseñanzas. A mis profesores: el Dr. Gerardo Esquivel, el Dr. Isidro Soloaga y el Dr. Edwin Van Gameren, por su calidad como profesores y como seres humanos. A Edgar Mendoza y Luís Gabriel Rojas, que con su ayuda logramos realizar esta tesis. A todos mis compañeros de la maestría, personas brillantes y muy valiosas que se volvieron parte de este proyecto de vida, especialmente Diana Terrazas por ser una gran amiga y su invaluable ayuda.

A mis amigos Lucio y Martín por acompañarme a lo largo de toda mi vida. A mis amigos y primos: Carlos, Antolin, Vinicio y Cesar, porque han sido no solo mi familia sino también mis grandes amigos, por todo su apoyo y cariño. A Alejandro M., Alejandro G., Marisol, José Manuel, Alma, Setkydia, Alfonso, Erica, Oscar, Fernando, Beatriz, Ixil ... y en general todos mis amigos que por falta de memoria tal vez sean omitidos, pero saben que pueden contar conmigo y que les agradezco su valiosa amistad. Finalmente, gracias a Dios por darme la oportunidad de lograr mis metas en la vida.

Gerardo Francisco Aragón Castaño

## **Resumen**

*El agua es fundamental para la vida del planeta y garantizar su disponibilidad debe ser una prioridad para toda política pública con el fin de asegurar el desarrollo sustentable. En el caso del agua que se utiliza en la agricultura irrigada de México, es imprescindible el diseño de una política que promueva el uso eficiente del vital recurso. Para la presente tesis se elaboró un Modelo de Equilibrio General Aplicado que toma como base una Matriz de Contabilidad Social para México del 2002 en la que se valora al agua utilizada en la producción agrícola con riego de las cinco regiones del país que conforman su sector rural. El modelo calibrado se usa para estimar los efectos de equilibrio general en la economía mexicana que tendría el incrementar el precio del agua para riego. Como ejercicio adicional se estimaron los posibles efectos de gravar los productos agrícolas con el impuesto al valor agregado. Los resultados sugieren que incrementar el precio del agua para riego promueve la eficiencia de la economía en su conjunto por medio de reasignar los recursos, especialmente los que se usan en la agricultura, y que los efectos negativos en el ingreso de tal cambio se concentran en los hogares rurales con ingresos más elevados. Por su parte, gravar los alimentos deprimiría la producción agrícola y nacional, así como el ingreso de todos los hogares del país.*

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>La Matriz de Contabilidad Social de México para el año 2002 .....</b>	<b>3</b>
<b>Desagregación del precio implícito del agua de la MCS-2002 .....</b>	<b>11</b>
Una aproximación teórica para la estimación del precio de agua para riego .....	11
Metodología utilizada para estimar y desagregar el precio del agua de riego en México.....	14
<b>El Modelo de Equilibrio General Aplicado .....</b>	<b>18</b>
Características del MEGA utilizado en el trabajo.....	20
<b>Resultados .....</b>	<b>22</b>
Simulación de incrementos en el precio estimado del agua para riego .....	22
Simulación de gravar los alimentos .....	26
<b>Conclusiones. ....</b>	<b>31</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo 1. Matriz Macro de la MCS-2002 .....</b>	<b>34</b>

## **Introducción**

El agua potable es sin duda el insumo más importante para el ser humano. Además de ser indispensable para la vida, de la disponibilidad del líquido dependen todas las actividades económicas. Sin embargo, y a pesar de que es en principio un recurso renovable, la oferta suficiente y calidad del agua no están garantizadas para el futuro. Por lo anterior se debe reconocer la necesidad de diseñar mecanismos para optimizar el uso del recurso.

La problemática es especialmente importante para la producción agrícola bajo irrigación, principal uso que se le da al agua no salina en el plano mundial. En México casi el 80% del agua se destina a actividades agrícolas, según la Comisión Nacional del Agua, y el precio que pagan los agricultores por su uso para la irrigación es prácticamente nulo (Guerrero *et al.*, 2008).

Estimar los posibles efectos de imponer un precio al agua, como una alternativa de política para promover el uso eficiente del recurso en la agricultura del país, es la principal razón que motivó la elaboración del presente trabajo. Con base en un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA) en el que se desglosan los principales cultivos producidos en las cinco regiones rurales de México, se estiman los efectos que tendrían aumentos en el precio del agua superficial usada para riego sobre: la agricultura, el resto de los sectores de la economía mexicana y el ingreso de los hogares. La base de datos usada es la Matriz de Contabilidad Social de México para el año 2002 (MCS-2002) elaborada por Yúnez y Rojas (2008), modificada para incluir al agua como parte del valor agregado en la producción agrícola con irrigación.

Una vez re-estimada la MCS-2002 y calibrado el MEGA, se consideró conveniente simular un segundo tipo de cambio de política relacionado con la agricultura del país. Éste consistió en incluir a los alimentos en el Impuesto al Valor Agregado o IVA. El experimento es relevante ya que recoge la reciente intención del gobierno del Presidente Calderón por incluir en el IVA a los alimentos para incrementar la recaudación fiscal

El presente trabajo esta dividido en cinco secciones. El primer capítulo describe la MCS-2002 y sus principales características, detallando las categorías de cuentas que la componen y la forma en que se regionaliza la economía. En el segundo capítulo se describe el procedimiento que se siguió para estimar y desagregar el precio del agua dentro de la MCS-2002 y cuáles fueron las principales modificaciones que esta estimación implicó para la MCS-2002. En el tercer capítulo se describen las características de un MEGA y su utilidad en la estimación de efectos *ex ante* la aplicación de cambios de política. El cuarto capítulo contiene los resultados de simular cambios en el precio del agua a distintos niveles y de gravar los alimentos con tasas de 5, 10 y 15%. Finalmente, se incluye un apartado de conclusiones donde se resumen los resultados más relevantes así como sus implicaciones en materia de política de uso de agua para fines agrícolas.

## **La Matriz de Contabilidad Social de México para el año 2002**

El Modelo de Equilibrio General Aplicado (MEGA) toma como base de datos la información que procede de una Matriz de Contabilidad Social –MCS-. La MCS es una ampliación de la Matriz Insumo Producto –MIP- de Leontief, porque incluye además de la estructura de producción, información acerca de cómo se distribuye el ingreso y la estructura de la demanda de las instituciones. La MCS difiere esencialmente de la MIP en que amplía y desagrega detalladamente los diferentes grupos de agentes de la economía (hogares, empresas, etc.). Una MCS está integrada por un grupo de cuentas, cada una de las cuales debe satisfacer la condición de que sus ingresos deben ser iguales a sus gastos.

De forma simple la MCS puede verse como un conjunto de datos económicos con cierto nivel de desagregación que describen una economía (por lo general, de un país). En términos formales, una MCS es una matriz cuadrada en la que cada cuenta de la economía aparece representada en una fila y una columna. Cada celda muestra el pago de la cuenta de la columna a la cuenta de la fila, por lo tanto, los ingresos de la cuenta aparecen a lo largo de su fila y los gastos de la misma a lo largo de su columna. El principio subyacente de la contabilidad de doble entrada requiere que para cada cuenta de la MCS se debe cumplir el balance entre ingresos y gastos.

La Matriz de Contabilidad Social que se utiliza como base en el presente trabajo fue una actualización que se realizó de la MCS construida por el IFPRI de México para 1996 (Lee Harris, 2002) en la que se desglosa al sector agrícola y se desagrega en cuatro regiones al sector rural de México. Además de la actualización, se incorpora el agua para riego como uno de los factores de producción agrícola y se incluye una quinta región rural, Rio Bravo (ver Yúnez y Rojas, 2008 y cuadro 1).

**Cuadro 1. MCS-2002. Estados de las regiones rurales de México**

<b>Región Norte</b>	<b>Región Centro</b>	<b>Región Suroeste</b>	<b>Región Sureste</b>	<b>Región Río Bravo</b>
Baja California	Aguascalientes	Colima	Campeche	Chihuahua
Baja California Sur	Durango*	Distrito Federal	Chiapas	Coahuila
Chihuahua*	Guanajuato	Estado de México	Oaxaca	Durango
Coahuila*	Hidalgo	Guerrero	Quintana Roo	Nuevo León
Nuevo León*	Querétaro	Jalisco	Tabasco	Tamaulipas
Sinaloa	Puebla	Michoacán	Veracruz	
Sonora	San Luís Potosí	Morelos	Yucatán	
	Tamaulipas*	Nayarit		
	Tlaxcala			
	Zacatecas			

\*No incluyen los municipios ubicados en la Región del Río Bravo  
Fuente: Elaboración propia

Las regiones rurales se encuentran compuestas por localidades con una población menor a los 15,000 habitantes y la urbana está integrada por el agregado de todas las localidades de México con una población mayor o igual a 15,000 habitantes.

La MCS-2002 contiene seis cuentas: actividades, bienes, factores, instituciones, ahorro y resto del mundo (ver cuadro 2). La categoría de cuentas de actividades registra las transacciones que se realizan entre los productores nacionales y otros sectores de la economía. A lo largo de las columnas de la cuenta se registra el valor de los insumos intermedios que requieren las actividades en los mercados de bienes, así como el valor agregado que se paga a los distintos factores de la producción (agua, trabajo, capital físico y tierra) y los impuestos que se pagan a la cuenta del gobierno. El monto total de la columna representa al valor bruto de la producción a precios corrientes. Por su parte, la fila de la cuenta de actividades registra el valor bruto de la producción nacional y su total debe ser igual al valor total de la columna.

**Cuadro 2. Categorías de cuentas en la MCS-2002**

<b>Actividades</b>					
<b>Bienes</b>					
<b>Instituciones</b>	hogares	empresas	gobierno		
<b>Factores</b>	agua	trabajo	capital físico	tierra	
<b>Ahorro</b>					
<b>Resto del mundo</b>					

Fuente: Elaboración propia



La categoría de cuenta de bienes representa el mercado de los productos en la economía. A lo largo de cada fila se registra la demanda de bienes de las diferentes cuentas. La columna de la cuenta registra la procedencia de los bienes que se demandan en la economía, nacionales o importados, es decir, en la columna se incluye el comercio que satisface la oferta total del mercado interno a través de la producción nacional y las importaciones. Las exportaciones se encuentran registradas en la intersección de la fila de la cuenta de bienes con la columna de la cuenta del resto del mundo. El equilibrio entre el total de la fila y el total de la columna implica que la demanda es igual a la oferta para cada mercado.

La categoría de los factores registra los pagos a los factores de producción y cómo se distribuyen en las diversas cuentas institucionales del modelo. En la MCS-2002 hay cuatro cuentas de factores: agua, tierra, capital físico y trabajo. A lo largo de la fila de la cuenta trabajo se registran los pagos que realiza la cuenta de actividades por concepto de sueldos y salarios a los trabajadores y por tipo de hogar. Por su parte, la columna del factor trabajo distribuye el pago que recibe de cada una de las actividades entre los distintos grupos de hogares y el gobierno, es decir, las contribuciones de los trabajadores. El factor capital recibe ingresos a lo largo de la fila y realiza el pago de los beneficios a las empresas y transferencias de capital al resto del mundo a lo largo de la columna. Más adelante se detallan las características de las cuentas de factores relacionadas con la agricultura: tierra y agua.

Las cuentas de las instituciones contienen el ingreso y la demanda interna total de la economía. La cuenta de hogares registra los ingresos que proceden del pago de los factores trabajo y tierra, y de las transferencias que proceden del gobierno y de la cuenta del resto del mundo, especialmente importante en el sector rural debido a las remesas. Una parte de los ingresos que perciben los hogares se utilizan para comprar de bienes de consumo final y el resto se destina al ahorro. Es importante señalar que en la MCS-2002 los hogares se dividen conforme a su nivel de ingreso, teniendo tres categorías en cada región rural y en la región urbana: pobres, de ingreso medio y ricos.

En la cuenta de las empresas se registran los ingresos que recibieron por concepto de pagos de la cuenta de capital de las actividades, de transferencias del gobierno (subsidios). Así mismo, se registran los pagos de empresas a los hogares por utilidades y al gobierno por impuestos sobre los activos. Al igual que los hogares, la diferencia entre los ingresos y los gastos forman el ahorro que se traduce en inversión en un periodo subsiguiente. La cuenta del gobierno registra los ingresos procedentes por pago de impuestos al valor agregado, impuestos a las exportaciones e importaciones, impuestos de seguridad social, impuestos sobre el ingreso, impuestos a los activos y otros. En la columna de la cuenta se registran los gastos del gobierno por compra de bienes, transferencias a los hogares y empresas, déficit gubernamental y el pago de intereses al resto del mundo. Adicionalmente se incluye una cuenta institucional que se encarga de captar el pago del agua como factor de producción y lo utiliza como inversión en un periodo posterior.

La cuenta de ahorro (inversión) es una versión simplificada de los mercados financieros que tiene fondos prestables como único activo. A lo largo de la fila la cuenta recoge el ahorro de las distintas entidades y a lo largo de la columna gasta los ahorros en bienes de inversión. Los ahorros proceden de las cuentas de los hogares, las empresas y el resto del mundo. En el caso de la MCS-2002, el gobierno tuvo un balance negativo entre ingresos y gastos (desahorro).

La cuenta resto del mundo registra las importaciones, exportaciones, transferencias, inversión externa y préstamos financieros. A lo largo de la columna se registran los ingresos que percibe el país por exportaciones (en términos FOB) y por transferencias a los hogares, remesas. Además se registra la inversión extranjera directa y otro tipo de ingresos como los préstamos y depósitos.

La MCS-2002 cuenta con 45 bienes y servicios, incluyendo 30 bienes agrícolas (seis por cada región) y uno de ganadería. Además, en la MCS-2002 se divide a la producción agrícola en dos: riego y temporal. De lo anterior resultan 60 cuentas de actividades agrícolas (seis cultivos, cinco regiones y dos regímenes de producción). Hay además actividades agroindustriales: procesamiento de maíz, de trigo y de azúcar; lácteos; frutas y

vegetales preparados, y un agregado de otros alimentos procesados. El resto de los bienes y servicios se incluyen en los sectores de otras manufacturas o servicios (ver cuadro 3).

**Cuadro 3. Bienes y servicios en la MCS-2002**

<b>Agricultura</b>	<b>Agroindustria</b>	<b>Otras Manufacturas</b>	<b>Servicios</b>
Maíz*	Maíz industrial	Industria ligera	Comercio
Trigo*	Trigo industrial	Bienes intermedios	Construcción
Fríjol*	Azúcar industrial	Bienes de capital	Servicios profesionales
Otros granos*	Productos Lácteos	Bienes duraderos	Otros Servicios
Frutas y vegetales*	Frutas y vegetales preparados		
Otros cultivos*	Otros alimentos		
Ganadería			

\*Una cuenta por cada región agrícola y dividida en producción de riego y temporal  
Fuente: Elaboración propia

Los factores de producción en la MCS-2002 son: agua, trabajo, capital físico y tierra. El trabajo se divide en rural y urbano. A su vez, el trabajo urbano está subdividido en cuatro categorías. En lo que respecta a la tierra se encuentra dividida en irrigada y temporal (ver cuadro 4).

**Cuadro 4. Factores en la MCS-2002**

<b>Trabajo</b>	<b>Capital Físico</b>	<b>Tierra</b>	<b>Agua*</b>
<b>Urbano</b>		Irrigada*	
Profesionales		Temporal*	
Cuello Blanco			
Obreros			
No calificado			
<b>Rural</b>			

\*Una cuenta por cada región rural  
Fuente: Elaboración propia

En el trabajo de Yúnez y Rojas (2008) el procedimiento para tomar en cuenta el agua de riego fue considerarla como factor de producción en cada una de las cinco cuentas de las regiones rurales. Sin embargo, sus estimaciones se basaron en el pago que los agricultores de los Distritos de Riego hicieron a sus respectivas Asociaciones de Usuarios. La debilidad de este procedimiento fue que el valor calculado solo contempla los costos de operación y

mantenimiento en los Distritos de Riego y no la valorización del recurso como factor productivo. Incluso los propios autores reconocen que ese valor estimado representa en realidad una cuota de servicio y no un precio. Como se verá en el siguiente capítulo, una aportación del presente trabajo es la estimación del valor/precio del agua.<sup>1</sup>

En cuanto a la MCS-2002, el procedimiento seguido en la presente investigación implicó modificaciones en las cuentas correspondientes al valor agregado de las actividades agrícolas, más no en el resto de las cuentas y en sus totales. Así, las características de la MCS-2002 usada en el presente trabajo son las mismas a la de Yúnez y Rojas (2008). En lo que resta del capítulo se realiza una descripción estadística del sector agropecuario con base en las magnitudes de la MCS-2002.

El valor bruto de la producción (VBP) agrícola en la MCS-2002 fue de 193.1 miles de millones de pesos. La producción de mayor valor fue la de frutas y vegetales con 76.71 miles de millones de pesos, representando el 39.73% del total del VBP agrícola. El segundo grupo fue el de otros cultivos con 56.65 miles de millones, representando el 29.34%, seguido del maíz con 34.96 miles de millones, contando para el 18.11% (ver cuadro 5).

**Cuadro 5. Estadísticas de los cultivos en la MCS-2002**  
(Valor Bruto de la Producción, Porcentaje irrigado, Exportaciones e Importaciones)

Cultivos	VBP	%	Irrigación	%*	Exportaciones	%	Importaciones	%
Maíz	34.96	18.11	16.24	46.5	0.71	1.16	16.99	37.37
Trigo	4.46	2.31	3.86	86.5	0.32	0.52	1.86	4.09
Frijol	10.02	5.19	2.94	29.3	3.6	5.88	1.16	2.55
Otros granos	10.29	5.33	4.36	42.4	0.04	0.07	0.95	2.09
Frutas y vegetales	76.71	39.73	56.05	73.1	23.7	38.96	1.8	3.96
Otros cultivos	56.65	29.34	33.54	59.2	32.89	53.69	22.7	49.93
Total	193.09		116.99		61.26		45.46	

Fuente: Yúnez, et al., 2008

Nota: Los porcentajes son relativos al total de los cultivos, excepto en el caso del porcentaje de Irrigación donde el porcentaje se refiere al porcentaje del VBP del propio cultivo producido bajo régimen de riego.

<sup>1</sup> La valoración solo se hizo para el agua superficial usada en la agricultura ya que no fue posible incorporar a la subterránea por falta de información.

La importancia del riego puede medirse en terminos de qué porcentaje del VBP agrícola se produce bajo régimen de riego. El 86.5% del VBP de trigo proviene de la producción que se realiza bajo riego, seguido de la producción de frutas y vegetales con un 73.1% y otros cultivos con 59.2%. Por medio de observar estos datos se puede prever cuáles cultivos se verían más afectados por el incremento en el precio del agua (ver cuadro 5).

Por el lado de las exportaciones, solo destacan el caso de las frutas y vegetales, y otros cultivos, que conjuntamente representan el 92.65% de las exportaciones. Y en el caso de las importaciones, otros cultivos y el maíz representan el 87.3% del valor de las importaciones que realiza la economía (ver cuadro 5).

Al interior de las regiones destaca el papel de las frutas y los vegetales, siendo los cultivos que más valor generan al interior de todas las regiones, seguido por otros cultivos y el maíz (con excepción de la región Río Bravo). El caso del trigo es importante únicamente en la región Norte, debido probablemente al nivel de importancia que tiene el cultivo en el estado de Sonora. El caso del frijol es análogo al anterior pero en la región Centro, donde representa el 9.85% del VBP de esa región. En el caso de la región Río Bravo la producción de otros granos es importante al contar para el 32.81% del VBP de la región, siendo la producción de sorgo la posible explicación de ese nivel de importancia (ver cuadro 6).

**Cuadro 6. Porcentaje del VBP de cada región desagregado por cultivo**

Cultivos	Norte	Centro	Suroeste	Sureste	Río Bravo
Maíz	11.61	18.29	25.57	14.83	3.26
Trigo	7.32	1.04	0.76	0.05	0.64
Frijol	5.85	9.85	2.29	2.43	0.85
Otros granos	3.45	10.27	4.63	0.49	32.81
Frutas y vegetales	56.52	30.51	34.70	38.87	40.9
Otros cultivos	15.25	30.05	32.06	43.33	21.54

Fuente: Yúnez, et al., 2006

Al realizar el desglose del VBP de cada producto a nivel regional se puede observar el nivel de importancia de las regiones Norte, Centro y Suroeste. La región Norte concentra la proporción más alta del VBP de trigo y frutas y vegetales. La región Centro registra las mayores proporciones del VBP de frijol y otros granos. Y por su parte la región Suroeste

posee las porciones más altas del VBP de maíz y otros cultivos. En el caso de la región Sureste, solo destaca un poco en los cultivos de frutas y vegetales, y otros cultivos (ver cuadro 7).

**Cuadro 7. Porcentaje del VBP de cada cultivo desagregado por región**

<b>Cultivo</b>	<b>Norte</b>	<b>Centro</b>	<b>Suroeste</b>	<b>Sureste</b>	<b>Río Bravo</b>
Maíz	15.70	26.90	42.60	14.66	0.15
Trigo	77.54	11.96	9.86	0.42	0.22
Frijol	27.62	50.53	13.33	8.39	0.13
Otros granos	15.85	51.34	26.19	1.64	4.98
Frutas y vegetales	34.84	20.46	26.35	17.52	0.83
Otros cultivos	12.72	27.28	32.96	26.44	0.59

Fuente: Yúnez, et al., 2006

Ahora que se ha definido las características principales de la MCS-2002, el siguiente paso es describir el procedimiento para estimar el valor/precio del agua para realizar las simulaciones. En el siguiente capítulo se asientan las bases teóricas para la estimación del precio del agua, se detalla el procedimiento que se siguió para realizar dicha tarea y cuales fueron las modificaciones realizadas a la MCS-2002.

## **Desagregación del precio implícito del agua de la MCS-2002**

Existen distintos mecanismos a través de los cuales podría buscarse un uso más eficiente del agua, tales como asignarla a partir de la productividad o con base en criterios de equidad. Sin embargo, la literatura económica sugiere que asignarle al agua un precio como el de cualquier otro insumo, es decir, ver al recurso hídrico como un bien económico, es el camino más adecuado para buscar su uso óptimo. Lo anterior se basa en el argumento de que tratar al agua como cualquier mercancía generará tres efectos positivos inmediatos, los cuales son: reducir su demanda porque su precio aumentará; se asignará eficientemente porque solo aquellas actividades lo suficientemente rentables utilizarán el recurso; y finalmente, se incrementará su oferta debido a que al asignársele un precio se evitarán las pérdidas por conducción.<sup>2</sup> En su conjunto esos efectos promoverían la eficiencia y sustentabilidad en el uso del agua como insumo en la agricultura (Rogers, 2002).

### **Una aproximación teórica para la estimación del precio de agua para riego**

La estimación del valor económico del agua de riego es un elemento clave en el diseño de una política que tiene como objetivo el uso eficiente del recurso hídrico, siendo que el objetivo final de imponer un precio es regular la demanda dicho insumo. En este capítulo se presenta el modelo teórico expuesto por Tsur (Tsur, 2005), quien realiza un planteamiento teórico básico de cómo se podría estimar el precio del agua por medio de funciones de producción individuales, y por ende la demanda de agua. Adicionalmente se presenta como alternativa un modelo que utiliza el enfoque de *shadow price* para estimar el precio del agua. Aunque ambos enfoques se encuentran limitados por la disponibilidad de la información, estas aproximaciones son la base del razonamiento por medio del cual se calculará el valor/precio implícito del agua en la MCS-2002.

Como punto de partida se supone un modelo simple de un solo agricultor que produce  $n$  cultivos utilizando como insumo solo el agua:

---

<sup>2</sup> Las pérdidas por conducción se refieren a aquella proporción del agua que es enviada desde el origen pero no llega al destino final debido a evaporación, filtración, etc.

$$y_j = f_j(q_j) \quad ; \quad j=1,2,\dots,n$$

donde  $f_j(q)$  representa la función de producción del cultivo  $j$ ,  $q_j$  es la cantidad de agua utilizada en el cultivo  $j$  y  $y_j$  es el rendimiento del cultivo.  $f_j(q)$  es una función creciente y estrictamente cóncava. Si  $p_j$  es el precio del cultivo  $j$ ,  $j=1,2,\dots,n$ , y  $w$  el del agua, entonces los beneficios se expresan:

$$\pi = \sum_{j=1}^n (p_j f_j(q_j) - w q_j)$$

además, se debe tomar en cuenta que  $q_j = q_j(w)$ , por tanto, la condición de primer orden es:

$$\frac{\partial \pi}{\partial q_j} = p_j f'_j(q_j(w)) - w = 0 \Rightarrow f'_j(q_j(w)) = \frac{w}{p}$$

$$q_j(w) = f'^{-1}_j\left(\frac{w}{p}\right)$$

donde  $q_j$  es la cantidad de agua que se utiliza para producir el cultivo  $j$  a precio  $w$ , y por lo tanto, la demanda de agua del agricultor es:

$$q(w) = \sum_{j=1}^n q_j(w) = \sum_{j=1}^n f'^{-1}_j\left(\frac{w}{p}\right)$$

Cuando se extiende el caso a para  $m$  agricultores la función  $f_{ij}(q_j)$  denota la función de producción del cultivo  $j$  y el productor  $i$ . Entonces la demanda de agua del agricultor  $i$  será:

$$q_i(w) = \sum_{j=1}^n f'^{-1}_{ij}\left(\frac{w}{p}\right)$$

y la demanda de todos los agricultores será:

$$q(w) = \sum_{i=1}^m q_i(w) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f'^{-1}_{ij}\left(\frac{w}{p}\right)$$



El planteamiento anterior presenta dos complicaciones básicas para llevar a cabo la estimación: primera, aunque bajo condiciones de producción arcaicas el supuesto del agua como insumo único no resulta simplificador, la realidad de la producción agrícola bajo riego en México se encuentra muy lejos de este escenario; y segundo, se requiere conocer funciones de producción que cumplan condiciones de regularidad para estimar de manera aproximada el precio y la demanda del agua.

Un método alternativo es estimar el precio sombra del agua para riego (*shadow price*). Se supone por principio que el agua se provee gratuitamente hasta cierto nivel  $x$  y a partir de ese nivel el recurso ya no está disponible. La pregunta central será entonces: ¿Cuánto está dispuesto a pagar un agricultor a cambio de que le sea proporcionada una cantidad  $\Delta$  adicional de agua (i.e.  $x+\Delta$ )?

Bajo el supuesto de que el agua para riego no cuesta hasta el nivel  $x$ , la producción del cultivo  $j$  genera los beneficios  $pf(x)$ , pero si el agricultor utiliza  $\Delta$  cantidad adicional de agua, los beneficios derivados por el incremento en el suministro de agua serán  $p(f(x+\Delta) - f(x))$ . El razonamiento anterior ilustra que lo máximo que está dispuesto a pagar el agricultor por  $\Delta$  unidades de agua es:

$$\frac{p(f(x + \Delta) - f(x))}{\Delta}; \text{ por cada unidad de agua adicional}$$

Tomando el límite cuando  $\Delta$  tiende a cero se obtiene que el precio máximo al que el agricultor está dispuesto a pagar una unidad adicional de agua es  $pf'(x)$ . A este enfoque se le denomina precio sombra del agua (o *shadow price*). Se debe notar que el precio sombra cambia con el nivel de  $x$ .

Una ventaja de este enfoque es que puede extenderse a escenarios donde hay otros insumos y restricciones. En el caso en el que el cultivo  $j$  requiere los insumos  $q_j, z_j$  y  $b_j, j=1, 2, \dots, n$ , se tiene que:  $q_j$  es la cantidad de agua utilizada;  $z_j=(z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jK})$  es el vector que expresa los  $K$  insumos sin restricción que son utilizados para producir el cultivo  $j$  (fertilizante, uso de maquinaria, pesticidas, etc.) y tienen los precios  $r_j=(r_{j1}, r_{j2}, \dots, r_{jK})$ ; y finalmente  $b_j=(b_{j1},$

$b_{j2}, \dots, b_{jL}$ ) que representa los L insumos con restricción que son utilizados en la producción (cantidad de tierra, mano de obra familiar, etc.) con las cantidades  $B=(B_1, B_2, \dots, B_L)$  (Tsur, 2005).

Siguiendo el razonamiento anterior se puede inferir que el precio del agua se encuentra correlacionado directamente con su productividad. Si este supuesto es cierto en un escenario donde el costo del agua es prácticamente nulo, y si hay diferencias en los precios de arrendamiento de dos unidades de tierra que solo difieren en que una cuenta con riego y la otra no, entonces, se puede concluir que los agentes toman en cuenta la diferencia de productividad a partir del tipo de acceso al agua (con y sin riego) y lo incorporan a los precios de arrendamiento. Visto de forma simplificada, la diferencia entre los precios de arrendamiento de dos unidades de tierra, una de riego y una de temporal, que producen el mismo producto y poseen las mismas características, es una aproximación al precio de la diferencia en cantidad de agua que utilizan ambas unidades.

Con base en lo expuesto se propone que el precio de arrendamiento de una unidad de tierra que posee riego proviene de dos fuentes: el precio que se paga por la tierra y el precio que se paga por el incremento en la productividad de la tierra irrigada. Si fuera posible conocer la cantidad de agua utilizada y los precios de arrendamiento de todas las unidades de producción de riego y de temporal por producto y por región, sería posible hacer una aproximación al precio del agua a nivel regional con una base estadística robusta; sin embargo, no existen todos los datos requeridos, por lo que solo pueden hacerse aproximaciones bajo supuestos que no se alejen mucho de la realidad.

### **Metodología utilizada para estimar y desagregar el precio del agua de riego en México**

Bajo el supuesto de correlación entre precio de arrendamiento y productividad del agua, para poder estimar qué porción del precio de arrendamiento proviene del incremento de la productividad (precio del agua) y desagregarlo de la MCS-2002 original, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se obtuvieron los rendimientos promedio bajo riego ( $RRi$ ) y temporal ( $RTi$ ) de los seis grupos de cultivos que se incluyen en la MCS-2002 (donde  $i$  representa cada uno de los productos que ahí se incluyen).<sup>3</sup> En el caso de los grupos de cultivos: otros granos, frutas y vegetales, y otros cultivos, se calculó un rendimiento promedio entre los grupos de cultivos.
2. Se calcularon los cocientes del rendimiento bajo temporal sobre el rendimiento bajo riego de cada uno de los cultivos ( $RTi/RRi$ ). Se estimaron seis cocientes, uno por cada cultivo incluido en la MCS para todas las regiones.<sup>4</sup>
3. Cada uno de los valores del pago de riego para el producto  $i$ , en cada una de las cinco regiones de la MCS-2002, se desagregó en dos valores: primero, el valor que procede por el pago del arrendamiento de la tierra, que se obtuvo de multiplicar el valor de la celda por  $RTi/RRi$ ; y segundo, el valor que procede del incremento de la productividad, obtenido por medio de multiplicar el valor de la celda por el complemento del cociente ( $1 - RTi/RRi$ ).
4. Con base en estos cálculos, se modificaron las cantidades de las celdas de la MCS-2002 original correspondientes al valor agregado de los factores de producción tierra irrigada y agua, sin modificar la suma original de estos dos componentes.
5. Y finalmente, tras las modificaciones a los valores de la matriz, se realizaron los ajustes correspondientes para mantenerla balanceada.

Los cocientes calculados fueron los siguientes: 0.28 para el maíz, 0.37 para el trigo, 0.37 para el frijol, 0.46 para otros granos, 0.59 para frutas y vegetales, y 0.65 para otros cultivos.

---

<sup>3</sup> Los datos fueron tomados del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera para el año 2008. Además, se utilizaron los datos de 2008 en lugar de los de 2002 dado que los rendimientos no tuvieron variaciones significativas entre los dos años y porque los datos de 2008 son más confiables.

<sup>4</sup> Limitaciones en la información exigieron hacer el supuesto de que los valores de  $RTi/RRi$  no varían entre regiones. No obstante, se considera que es una aproximación aceptable para los fines de la tesis.

Estos resultados indican una mayor valoración del agua en la producción de cultivos básicos respecto a las frutas y vegetales y al resto de los cultivos.<sup>5</sup>

Tras los ajustes realizados para desagregar el precio y reestimar los valores de las cuentas de agua en cada una de las cinco regiones, fue necesario ajustar los valores totales de las cuentas que sufrieron modificación. Cabe señalar que las cuentas de cada uno de los productos no sufrieron cambios en los totales debido a que las modificaciones sólo fueron a su interior.

Las cuentas que modificaron su valor total después del ajuste fueron: las del agua (WATERAG<sub>j</sub>), las de tierra irrigada (ILAND<sub>j</sub>), las de los hogares ricos rurales (hhrr<sub>j</sub>) y la de la institución encargada de cobro del agua (RENTR). Los hogares ricos rurales es el único tipo de hogar que afecta sus ingresos debido a que las tierras de riego son de su propiedad, y al afectar el precio de arrendamiento se afecta directamente los ingresos que perciben por su arrendamiento.

No sorprende que al asignarle un precio al agua de riego aumente sustancialmente el valor agregado del agua y los ingresos de las asociaciones de usuarios de agua. Se debe recordar que el pago por el factor agua se transfiere a la cuenta RENTR, donde se utiliza para inversión en periodos subsecuentes. Así pues, dentro de las cuentas modificadas, las que sufrieron cambios más significativos fueron: las del agua (WATERAG<sub>j</sub>), donde las variaciones fueron desde casi 5000% hasta casi 42000% respecto su valor original; y la de la institución del agua (RENTR), que modificó su valor total en alrededor de 12000% respecto a su valor original. El resto de las cuentas no sufrieron modificaciones tan drásticas como las anteriores (ver cuadro 8).

---

<sup>5</sup> Los contrastes en productividad implican que el agua debería tener un precio diferenciado según su uso, lo que plantea un reto importante en términos de diseño de una política con tales características.

**Cuadro 8. Variaciones en las cuentas de la MCS-2002  
tras la desagregación del precio del agua**

<b>Nombre de cuenta</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor actual</b>	<b>Variación (%)</b>
WATERAG1	0.09278	661.416	7028.89
WATERAG2	0.02316	421.472	18097.50
WATERAG3	0.01105	464.373	41943.58
WATERAG4	0.00445	119.815	26819.00
WATERAG5	0.00935	0.47605	4988.81
ILAND1	1.379.574	727.435	-47.27
ILAND2	932.507	513.352	-44.95
ILAND3	1.051.960	588.692	-44.04
ILAND4	302.132	182.762	-39.51
ILAND5	101.788	0.55118	-45.85
RENTRE	0.14079	1.714.680	12078.87
Hhrr1	3.952.064	3.299.926	-16.50
Hhrr2	5.863.985	5.444.829	-7.15
Hhrr3	18.099.142	17.635.873	-2.56
Hhrr4	4.958.624	4.839.255	-2.41
Hhrr5	974.937	928.268	-4.79

1=Norte, 2=Centro, 3=Suroeste, 4=Sureste, 5=Río Bravo

Fuente: Elaboración propia

Con la MCS-2002 modificada, con una nueva estimación del precio del agua y sus respectivos ajustes, ahora corresponde exponer las principales características del Modelo de Equilibrio General Computado –MEGA-. con el que se realizarán las simulaciones.

## **El Modelo de Equilibrio General Aplicado**

Durante el último cuarto del siglo XX los MEGA se han utilizado como una valiosa herramienta para el estudio de las políticas públicas. Los MEGA son modelos capaces de simular choques exógenos o cambios de política para estimar sus posibles efectos directos e indirectos en el total de la economía dada una estructura de equilibrio general. La disponibilidad de datos y las mejoras tecnológicas en el plano de la informática impulsaron la utilización de los MEGA. Una de las principales aplicaciones de los MEGA fue como herramienta de análisis en diversos procesos de integración económica, como en el caso del TLCAN, y en la evaluación de reformas fiscales en distintos países.

Los MEGA tienen la capacidad de reflejar de una manera más realista la economía de una entidad por medio de la incorporación de mecanismos de mercado simultáneos que reasignan los recursos cuando un cambio de política (o choque exógeno) se ha llevado a cabo. Además de ser una herramienta útil para observar los efectos de las principales relaciones económicas y evaluar *ex-ante* los efectos de políticas, es posible incorporar características más allá de la dimensión económica, esta posibilidad es particularmente poderosa en combinación con la capacidad de estimar los efectos de equilibrio general.

El uso de los MEGA se basa en la necesidad de estimar los efectos finales de un cambio de política tomando en cuenta los efectos indirectos asociados a las relaciones entre los agentes y las características de la economía, ya que tales efectos muchas veces pueden escapar al análisis parcial. Sin embargo, es preciso señalar que los supuestos con los que se construye un MEGA son determinantes para los resultados finales que se obtienen al estimar los cambios de política.

La idea central detrás de los MEGA es convertir la estructura de equilibrio general de Walras (formalizada por Kenneth Arrow, Gerard Debreu y otros) de una representación abstracta de una economía en modelos realistas de las complejas economías actuales.

Un MEGA es esencialmente un grupo de ecuaciones simultáneas, lineales y no lineales, que explican los datos registrados por una economía en un periodo determinado y donde no existe una única función objetivo como tal. En realidad, las ecuaciones del modelo definen el comportamiento de los agentes descritos en la economía. Por tanto, un MEGA requiere una especificación completa de la oferta y la demanda de todos los mercados, incluyendo todas las magnitudes nominales en el flujo circular a un nivel de desagregación tal como se desee observar y estimar los efectos del cambio de política.

Un MEGA puede ser caracterizado por cinco componentes principales, los cuales son:

1. Un conjunto de agentes económicos (o grupos de agentes), como las empresas, los hogares y las instituciones de gobierno.
2. Normas de comportamiento de esos agentes que reflejan su motivación (funciones objetivo).
3. Un grupo de señales observadas por los agentes que afectan sus decisiones (en una economía de mercado estas señales son los precios, salarios, tipo de cambio, tasa de interés, etc.).
4. Las normas que los agentes deben seguir cuando interactúan, que representan los acuerdos institucionales que limitan el funcionamiento de la entidad económica (por ejemplo, en competencia perfecta se supone beneficio cero).
5. Un conjunto de condiciones de equilibrio del sistema que deben cumplirse para el conjunto de la economía, también conocidas como condiciones de cierre. La propiedad esencial de una economía está determinada por las condiciones de cierre (por ejemplo, cero déficit de balanza comercial o cero déficit gubernamental).

Con base en las características anteriores, un equilibrio puede definirse como el conjunto de señales por medio de las cuales se cumple la condición de que todos los agentes satisfacen conjuntamente las reglas de cierre actuando bajo sus normas de comportamiento (tales como la maximización de utilidad o beneficio). Las señales representan el equilibrio de las variables del modelo. En una economía de mercado, los precios, los salarios, la tasa de

interés y el tipo de cambio son las variables que afectan las decisiones de los agentes del mercado para llegar al equilibrio.

### **Características del MEGA utilizado en el trabajo**

El MEGA utilizado en el presente trabajo es una modificación del empleado por Yúnez y Rojas (2008) que se basa en una ampliación hecha por Thurlow (2004) del Instituto Internacional de Investigación de Políticas Alimentarias (por sus siglas en inglés IFPRI). Las estimaciones se realizaron en el software GAMS (acrónimo para el software *General Algebraic Modeling System*), cuyo código fue desarrollado por Xinshen Diao. Asimismo, el modelo utiliza la MCS-2002 modificada como la base de datos para realizar las estimaciones. El MEGA es de tipo neoclásico porque supone el pleno empleo de los factores de producción y que los agentes modifican sus decisiones ante cambios en los precios relativos.

El grupo de ecuaciones del modelo deben satisfacer en conjunto las restricciones en los mercados de productos, factores e insumos, además de cumplir los balances macroeconómicos en las cuentas de ahorro (inversión), gobierno y la cuenta corriente con el resto del mundo. Se supone una economía pequeña y en consecuencia los precios de las importaciones y exportaciones se toman como dados, mientras que el índice de precios al consumidor se toma como el numerario.

La principal condición a nivel micro es que el pago de cada factor de producción es la variable que permite el equilibrio del mercado bajo los supuestos de perfecta movilidad de factores entre actividades y de pleno empleo, aunque la tierra sólo es utilizada en actividades agrícolas. A nivel macro, el tipo de cambio se supone flexible con el objeto de mantener en balance la cuenta corriente. La cuenta del gobierno se supone flexible, por lo que no necesariamente debe estar balanceada y la propensión marginal a ahorrar del gobierno se supone constante a lo largo del tiempo. Con el objetivo de generar un nivel suficiente para financiar la inversión, que se supone exógena, las tasas de ahorro de las instituciones son escaladas. Por último, se supone que el ahorro externo, los impuestos y los subsidios son fijos.



Es necesario aclarar que dados los supuestos que se realizan y las simplificaciones asumidas para construir el modelo, los resultados de las simulaciones deben ser tomados como referencias y no como pronósticos.

## Resultados

Con el fin de elaborar las simulaciones, el MEGA tuvo que ser calibrado.<sup>6</sup> Las simulaciones se dividen en dos: incrementos exógenos en el precio estimado del agua; y la aplicación del impuesto al valor agregado de los cultivos contemplados en el modelo. En ambos grupos de simulaciones se obtienen las variaciones porcentuales respecto a la base (resultados del modelo calibrado) en: el producto total de la economía, la producción agrícola agregada y de cada uno de los seis grupos de productos por región; el ingreso y consumo de las instituciones (hogares, gobierno, etc.) y el pago a los factores.

### Simulación de incrementos en el precio estimado del agua para riego

Se simularon incrementos de 50, 100, 200, 400 y 900% en el precio del agua, equivalentes a multiplicar el precio original por 1.5, 2, 3, 5 y 10 respectivamente. Estas magnitudes fueron elegidas con el fin de conocer el grado de sensibilidad de las variables de interés ante distintos niveles de aumento en el precio del líquido. En cuanto a la variación de 900%, ésta se aplicó para conocer si el precio estimado del agua era demasiado alto; en cuyo caso, los resultados de la simulación correspondiente se habrían alejado considerablemente de la base.

En esta sección se exponen los resultados que corresponden a los cambios en la producción total, por cultivo y región, en los ingresos y consumo de los hogares, y en el pago a los factores. Los resultados de la producción incluyen los regímenes de riego y temporal.

Independientemente de su magnitud, el resultado de un aumento en el precio del agua impacta negativamente la producción nacional de todos los cultivos, con la excepción de grupo denominado “otros cultivos” (cuadro 9). El trigo es el cultivo más afectado por el incremento en el precio del agua. La reducción en su oferta oscila entre 4.67% y 19.94%. Se debe recordar que la proporción del VBP de trigo que procede de su cultivo bajo riego

---

<sup>6</sup> La calibración consiste en estimar un conjunto de parámetros y variables exógenas para las ecuaciones del modelo de tal manera que los valores registrados en la MCS puedan ser reproducidos exactamente como solución del modelo.

es la más alta entre los cultivos examinados, lo que explica en parte los resultados observados. En los casos del maíz, el frijol y otros granos, las reducciones no fueron tan grandes como en el caso del trigo; siendo el maíz el grano básico menos afectado, el cual registró reducciones en su nivel de producción en un rango de entre 1.51% y 5.07%. Por su parte, las frutas y vegetales no registraron reducciones muy significativas, siendo la más alta de 1.92%; incluso, cuando se simuló el incremento de 900% en el precio del agua, se puede apreciar que la producción comienza a reestablecerse tras registrar un mínimo cuando se simuló el aumento de 400%. En el caso de otros cultivos las variaciones fueron en sentido opuesto a la del resto de los cultivos. A todos los niveles de variación del precio del agua se registraron incrementos en la producción de este grupo, con un rango de entre 0.16% y 12.45% para incrementos de 50 y 900% respectivamente. Los incrementos en la producción de otros cultivos pueden ser explicados por el proceso de reasignación de recursos a favor de cultivos de más valor y que no requieran un gran volumen de riego. En conjunto los resultados sugieren que a consecuencia del choque exógeno los recursos se destinan a cultivos más rentables y menos exigentes del factor agua.

**Cuadro 9. Variaciones en la producción ante cambios en el precio estimado del agua**

Cultivo	Porcentaje de cambio en el precio del agua				
	50%	100%	200%	400%	900%
Maíz	-1.51	-2.42	-3.46	-4.38	-5.07
Trigo	-4.67	-7.81	-11.81	-15.94	-19.94
Frijol	-3.24	-5.01	-6.84	-8.20	-8.83
Otros granos	-2.74	-4.59	-6.95	-9.47	-12.08
Frutas y vegetales	-0.88	-1.41	-1.90	-1.92	-0.96
Otros cultivos	0.16	0.54	1.69	4.69	12.45
Producto agrícola	-0.95	-1.45	-1.75	-1.24	1.25
Producto de la economía	0.00	0.01	0.04	0.10	0.23

Fuente: Elaboración propia

Respecto al producto agrícola se puede apreciar que los datos describen un comportamiento en dos fases: inicialmente se registran pérdidas que alcanzan un mínimo de -1.75% tras incrementar un 200% el precio del agua, y luego se entra en una fase creciente que alcanza un incremento de 1.25% al simular 900% de aumento en el precio. Dado que el nivel de variación del producto agrícola fue mínimo, se esperaba que la variación del producto de la economía fuera casi imperceptible, fenómeno que sucedió ante variaciones pequeñas del precio, sin embargo, al simular aumentos de cuatro y nueve veces el precio del agua, la

economía registró incrementos de 0.1 y 0.23% respectivamente. Con base en estos últimos resultados podría inferirse que el establecimiento de un precio del agua traería como resultado una asignación más eficiente de los recursos no sólo al interior del sector agrícola, sino de la economía en su conjunto (ver cuadro 9). Una posible explicación es que parte de la fuerza de trabajo, que se libera al reducir la producción agrícola, migra a otros sectores de la economía traduciéndose en un incremento del producto total.

Cuando se observan los efectos de incrementar el precio del agua en el ingreso de los hogares se pueden hacer tres señalamientos generales: primero, el efecto en los ingresos de los hogares urbanos es prácticamente nulo, al disminuir en menos de 0.1% para los tres niveles de ingresos; segundo, el efecto en los ingresos de los hogares rurales es mínimo en los niveles pobre y medio, con reducciones en el rango de entre 0.026 y 2.75%; y tercero, el principal efecto del incremento del precio del agua se concentra en los hogares rurales ricos, siendo especialmente severo en el caso de aquellos de la región Norte, cuyas reducciones se encuentran en el rango de entre 3.1% y 16.9% (ver cuadro 10).

**Cuadro 10. Variaciones en el ingreso de los hogares ante cambios en el precio estimado del agua**

Tipo de Hogar	Porcentaje de cambio en el precio del agua				
	50%	100%	200%	400%	900%
Hogares Urbanos Pobres	-0.023	-0.037	-0.048	-0.048	-0.022
Hogares Urbanos Medios	-0.023	-0.036	-0.047	-0.046	-0.018
Hogares Urbanos Ricos	-0.032	-0.052	-0.072	-0.082	-0.070
Hogares Rurales Pobres 1	-0.491	-0.856	-1.377	-2.008	-2.752
Hogares Rurales Pobres 2	-0.230	-0.413	-0.692	-1.059	-1.533
Hogares Rurales Pobres 3	-0.102	-0.179	-0.288	-0.418	-0.561
Hogares Rurales Pobres 4	-0.054	-0.091	-0.141	-0.191	-0.226
Hogares Rurales Pobres 5	-0.093	-0.155	-0.232	-0.310	-0.387
Hogares Rurales Medios 1	-0.309	-0.540	-0.869	-1.258	-1.699
Hogares Rurales Medios 2	-0.043	-0.076	-0.123	-0.177	-0.229
Hogares Rurales Medios 3	-0.029	-0.050	-0.080	-0.111	-0.129
Hogares Rurales Medios 4	-0.026	-0.042	-0.060	-0.073	-0.063
Hogares Rurales Medios 5	-0.047	-0.071	-0.102	-0.126	-0.126
Hogares Rurales Ricos 1	-3.095	-5.367	-8.561	-12.385	-16.872
Hogares Rurales Ricos 2	-1.150	-1.967	-3.089	-4.419	-6.011
Hogares Rurales Ricos 3	-0.490	-0.849	-1.352	-1.946	-2.627
Hogares Rurales Ricos 4	-0.555	-0.963	-1.538	-2.206	-2.936
Hogares Rurales Ricos 5	-1.208	-2.056	-3.199	-4.472	-5.832

1=Norte, 2=Centro, 3=Suroeste, 4=Sureste, 5=Río Bravo

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las variaciones del nivel de consumo ante cambios en el precio del agua, los mismos señalamientos que se hicieron para el ingreso de los hogares pueden hacerse también para los niveles de consumo dada la similitud de resultados<sup>7</sup>.

Las variaciones en el pago de los factores refuerza la hipótesis de la reasignación de recursos, tanto al interior del sector agrícola como al nivel de toda la economía. El incremento al pago de los obreros a todos los niveles de variación del precio del agua, conjugado con la notable reducción en el pago del trabajo rural, evidencia el cambio de sector de la fuerza de trabajo (ver cuadro 11).

**Cuadro 11. Variaciones en el pago de factores ante incrementos en el precio del agua (%)**

Factor	Porcentaje de incremento en el precio del agua				
	50%	100%	200%	400%	900%
Profesionales	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0.08
Cuello Blanco	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.07
Obreros	0.04	0.07	0.14	0.25	0.43
No calificados	-0.02	-0.02	-0.01	0.03	0.14
Capital	-0.04	-0.07	-0.11	-0.14	-0.17
Trab. Rural 1	-4.94	-8.68	-14.10	-20.80	-29.00
Trab. Rural 2	-2.21	-4.01	-6.80	-10.61	-15.89
Trab. Rural 3	-2.94	-5.23	-8.64	-13.01	-18.58
Trab. Rural 4	-1.20	-2.13	-3.55	-5.34	-7.55
Trab. Rural 5	-1.00	-1.73	-2.76	-4.01	-5.49
Tierra Temp. 1	0.03	0.04	0.08	0.14	0.31
Tierra Temp. 2	1.18	2.07	3.36	5.04	7.38
Tierra Temp. 3	1.45	2.51	3.98	5.74	7.93
Tierra Temp. 4	0.50	0.88	1.41	2.07	2.98
Tierra Temp. 5	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Tierra Riego 1	-11.72	-20.29	-32.28	-46.59	-63.39
Tierra Riego 2	-11.57	-19.75	-31.05	-44.47	-60.71
Tierra Riego 3	-11.65	-20.21	-32.25	-46.66	-63.59
Tierra Riego 4	-12.52	-21.87	-35.10	-50.74	-68.34
Tierra Riego 5	-15.43	-26.13	-40.47	-56.26	-72.96
Agua de Riego 1	27.23	48.91	82.53	129.32	198.03
Agua de Riego 2	25.76	46.44	79.23	126.85	201.52
Agua de Riego 3	26.69	47.91	80.81	126.50	193.19
Agua de Riego 4	29.30	52.59	88.15	135.89	201.50
Agua de Riego 5	22.53	39.16	63.16	92.42	128.21

1=Norte, 2=Centro, 3=Suroeste, 4=Sureste, 5=Río Bravo

Fuente: Elaboración propia

<sup>7</sup> No se incluye la tabla de variaciones en el consumo dado que es muy similar a la de las variaciones en el ingreso.

La reducción del pago al trabajo rural es más fuerte en las regiones norte, centro y suroeste. Otro punto a destacar es el incremento en el pago a la tierra de temporal, especialmente en las regiones centro y suroeste, paralelo a la reducción del pago a la tierra bajo riego que afecto casi de forma homogénea a todas las regiones. Estos últimos dos efectos combinados pueden interpretarse como una reasignación de recursos a favor de los cultivos más productivos bajo régimen de temporal.

Por último, el incremento en el pago al factor agua se da a todos los niveles de aumento en su precio, por tanto, es posible que el precio del recurso que se ha calculado se encuentre aún lejos de su producto marginal.

### **Simulación de gravar los alimentos**

En este grupo de simulaciones se estima el efecto de gravar los alimentos a tres niveles de tasas, 5, 10 y 15%.<sup>8</sup> Aunque éste grupo de simulaciones no tiene relación directa con el precio del agua, es relevante en términos de las políticas que actualmente se debaten en México. Por lo anterior, resulta interesante conocer los efectos potenciales de llevar a cabo tales políticas. Las tasas que se eligieron corresponden a las tasas más comunes que se utilizan en distintos países, siendo de mayor interés la de 15% por corresponder a la tasa que se utiliza en México. Al igual que en el grupo de simulaciones anteriores se centra la atención en las variaciones del producto nacional, el producto agrícola agregado, el producto de cada uno de los cultivos por regiones, el nivel de consumo e ingreso de los hogares rurales y urbanos, y el pago a los factores de producción.

Los resultados de las simulaciones muestran que tanto el producto agrícola agregado, como el producto total de la economía se ven afectados negativamente por gravar los alimentos. Las reducciones del producto agrícola parecen mantener un comportamiento lineal, al reducirse alrededor de 0.55% por cada 5% de impuesto sobre los alimentos. En contraste, la

---

<sup>8</sup> El concepto alimentos que se maneja aquí únicamente se refiere a los seis productos agrícolas que contempla la matriz.

reducción del producto total de la economía presenta un patrón creciente respecto la tasa de impuestos sobre los alimentos (ver cuadro 12).

A nivel cultivos los efectos son diferenciados. En el caso del trigo y otros granos, el efecto de gravar los alimentos es especialmente severo, sobre todo en el último grupo donde, ante una tasa impositiva de 15%, su nivel de producción se reduce en 33.73%. Por su parte los efectos en el maíz y las frutas y vegetales fueron mucho menos severos, y notablemente parecidos entre si, las reducciones de estos cultivos oscilaron entre 1.73 y 5.83%. En contraste con los casos anteriores se encuentran las variaciones en los productos del frijol y otros cultivos, que resultaron positivas para todos los niveles de gravamen (ver cuadro 12).

**Cuadro 12. Variaciones en la producción ante diferentes niveles de impuestos sobre los alimentos**

Cultivo	Magnitud del impuesto		
	5%	10%	15%
Maíz	-1.82	-3.76	-5.83
Trigo	-6.73	-13.94	-21.66
Frijol	2.03	4.58	7.77
Otros granos	-10.71	-21.94	-33.73
Frutas y vegetales	-1.73	-3.56	-5.49
Otros cultivos	3.35	7.02	11.05
Producto agrícola	-0.58	-1.14	-1.65
Producto de la economía	-0.09	-0.21	-0.36

Fuente: Elaboración propia

Las variaciones en el producto de los cultivos muestran evidencia de una reconversión productiva en favor de cultivos más rentables sin que el nivel de utilización del factor agua sea decisivo en tales procesos. Este hallazgo es de suma importancia en el diseño de una política sustentable, dado que no basta gravar las actividades que utilizan el agua en general. En realidad es necesario diseñar políticas más focalizadas a gravar la producción de aquellos productos más exigentes del recurso. Otro resultado importante en términos de diseño de política es que, al parecer, hay una pérdida de eficiencia a consecuencia de establecer un impuesto a los productos agrícolas.

Las variaciones en los niveles de ingreso que resultaron de gravar los alimentos pueden resumirse de la siguiente manera: primero, aunque si existen un efecto menor entre los

hogares rurales y urbanos, los hogares urbanos si ven afectados sus ingresos en comparación con los aumentos del precio del agua; segunda, los efectos de gravar los alimentos afectan de manera homogénea a todos los hogares del sector rural (con algunas excepciones). Las reducciones más importantes en los ingresos fueron las de los hogares ricos y medios de la región Norte, y la de los hogares ricos en la Región Río Bravo. Una posible explicación para tales reducciones es la concentración de la producción de trigo y otros granos (especialmente sorgo) en las regiones Norte y Río Bravo (ver cuadro 13).

**Cuadro 13. Variaciones en el ingreso de los hogares ante diferentes niveles de impuestos sobre los alimentos**

Tipo de Hogar	Magnitud del impuesto		
	5%	10%	15%
Hogares Urbanos Pobres	-0.29	-0.61	-0.96
Hogares Urbanos Medios	-0.29	-0.61	-0.97
Hogares Urbanos Ricos	-0.31	-0.66	-1.04
Hogares Rurales Pobres 1	-0.80	-1.62	-2.47
Hogares Rurales Pobres 2	-0.82	-1.65	-2.52
Hogares Rurales Pobres 3	-0.56	-1.14	-1.75
Hogares Rurales Pobres 4	-0.45	-0.92	-1.42
Hogares Rurales Pobres 5	-0.71	-1.45	-2.24
Hogares Rurales Medios 1	-1.55	-3.12	-4.71
Hogares Rurales Medios 2	-0.65	-1.32	-2.02
Hogares Rurales Medios 3	-0.57	-1.16	-1.78
Hogares Rurales Medios 4	-0.46	-0.95	-1.46
Hogares Rurales Medios 5	-0.55	-1.12	-1.73
Hogares Rurales Ricos 1	-2.59	-5.17	-7.75
Hogares Rurales Ricos 2	-0.64	-1.31	-1.98
Hogares Rurales Ricos 3	-0.46	-0.95	-1.47
Hogares Rurales Ricos 4	-0.44	-0.90	-1.40
Hogares Rurales Ricos 5	-1.96	-3.95	-5.95

1=Norte, 2=Centro, 3=Suroeste, 4=Sureste, 5=Río Bravo

Fuente: Elaboración propia

Las variaciones del consumo en los hogares ante impuestos sobre los alimentos son prácticamente las mismas que las del ingreso.

Las reducciones en el pago de todos los factores a todos los niveles de impuesto muestran los efectos negativos que traería consigo el gravar los alimentos. En los casos del trabajo rural de las regiones Norte y Río Bravo las reducciones son de mayor magnitud comparadas con las del resto de las regiones, alcanzando contracciones de 13.9 y 16.1%



respectivamente. Por su parte, el factor tierra sufre disminuciones importantes tanto en temporal como en riego. El pago a las tierras de temporal se ve afectada de forma más importante en las regiones Norte, Centro y Río bravo. Por su parte el pago a la tierra de riego de la región Norte sufre la pérdida más significativa. Estos efectos podrían ser vistos como una caída en el producto de los cultivos menos rentables que se concentran en las regiones Norte, Centro y Río Bravo (ver cuadro 14).

**Cuadro 14. Variaciones en el pago de factores ante distintas tasas impositivas sobre los alimentos (%)**

Factor	Tasa sobre alimentos		
	5%	10%	15%
Profesionales	-0.34	-0.72	-1.14
Cuello Blanco	-0.37	-0.77	-1.21
Obreros	-0.28	-0.60	-0.95
No calificados	-0.46	-0.97	-1.52
Capital	-0.27	-0.58	-0.91
Trab. Rural 1	-4.66	-9.31	-13.94
Trab. Rural 2	-1.85	-3.65	-5.37
Trab. Rural 3	-3.31	-6.61	-9.89
Trab. Rural 4	-2.32	-4.61	-6.84
Trab. Rural 5	-5.40	-10.80	-16.15
Tierra Temp. 1	-5.58	-11.13	-16.67
Tierra Temp. 2	-5.56	-11.09	-16.58
Tierra Temp. 3	-3.83	-7.59	-11.28
Tierra Temp. 4	-1.98	-3.91	-5.79
Tierra Temp. 5	-4.88	-9.76	-14.63
Tierra Riego 1	-3.67	-7.30	-10.86
Tierra Riego 2	-2.67	-5.32	-7.91
Tierra Riego 3	-2.05	-4.08	-6.05
Tierra Riego 4	-1.48	-2.84	-4.16
Tierra Riego 5	-2.72	-5.44	-8.17
Agua de Riego 1	-4.33	-8.61	-12.87
Agua de Riego 2	-3.92	-7.81	-11.73
Agua de Riego 3	-3.04	-6.03	-8.98
Agua de Riego 4	-1.92	-3.84	-5.68
Agua de Riego 5	-4.63	-9.47	-14.32

1=Norte, 2=Centro, 3=Suroeste, 4=Sureste, 5=Río Bravo  
Fuente: Elaboración propia

Al contrastar los resultados de ambos grupos de simulaciones es posible hacer tres señalamientos generales. Primero, los incrementos en el precio del agua promueven la eficiencia en la asignación de los recursos y de la economía en su conjunto, mientras que gravar los alimentos crea ineficiencias en la producción que se traducen en una reducción

de los productos agrícola y nacional. Segundo, los efectos adversos en los niveles de ingreso y consumo derivados de incrementar el precio del agua se concentran en los hogares rurales de mayores ingresos, teniendo efectos casi nulos en los hogares rurales pobres y medios y en los hogares urbanos a todos los niveles de ingreso; en cambio, imponer una tasa impositiva a los alimentos afecta de manera negativa y homogénea el ingreso y consumo de todos los hogares, aunque es ligeramente menor en el caso de los hogares urbanos. Y tercero, en términos de políticas públicas sustentables los resultados sugieren que sería mejor imponer un precio al agua que imponer un impuesto generalizado a los alimentos. Lo anterior se basa en que el precio al agua promueve una asignación más eficiente del agua, mientras que un impuesto a los alimentos deprime en forma generalizada las actividades agrícolas sin que el nivel de utilización de agua sea decisivo en la reasignación de los recursos entre las actividades.

## **Conclusiones.**

Tras estimar los efectos de equilibrio general de las dos políticas evaluadas en el presente trabajo, es posible hacer las siguientes conclusiones:

1. El resultado más importante de incrementar el precio del agua para riego es un aumento de la eficiencia de la economía en su conjunto, especialmente del sector agrícola.
2. A nivel de los cultivos, la reasignación de recursos como resultado de un incremento del precio del agua se da en favor de cultivos más rentables y que no usan en forma intensiva el agua para riego.
3. El aumento del precio del agua trae consigo una disminución en los niveles de ingreso y consumo de los hogares rurales ricos, y de manera marginal en el resto de los hogares rurales. Los hogares del sector urbano casi no se ven afectados en sus niveles de ingreso y consumo.
4. Una política de gravar los alimentos tiene como principal consecuencia una pérdida de eficiencia global que se refleja en disminuciones de los productos nacional y agrícola, y del pago de todos los factores de la economía.
5. Si se gravan los alimentos, la reasignación de recursos entre los cultivos sería en favor de aquellos más rentables pero no específicamente en aquellos que requieran una cantidad menor de agua. Lo anterior hace evidente que esta política no es congruente con la búsqueda de un uso sustentable del recurso hídrico.
6. Los efectos negativos en los niveles de ingreso y consumo, a consecuencia de gravar los alimentos, se generalizan a todos los hogares sin importar los niveles de ingreso, tanto en el sector rural como en el urbano.
7. Las regiones Norte y Río Bravo son especialmente sensibles a las dos políticas simuladas. Este resultado se debe, tal vez, a que en dichas regiones se cultivan productos poco rentables y muy intensivos en el uso del factor agua.

## Bibliografía

Albornóz, L., 2006. *Actualización y Balance por Entropía de una Matriz de Contabilidad Social de las Regiones Rurales de México*. Tesis de Maestría, CEE-El Colegio de México.

Comisión Nacional del Agua . *Estadísticas del Agua en México 2008*.

Guerrero, Hilda, A. Yúnez Naude y J. Medellín (Coordinadores). *El Agua en México: Consecuencias de las Políticas de Intervención en el Sector*. Lecturas 100. El Trimestre Económico. Fondo de Cultura Económica. 2008.

Lee Harris R. 2002. *Estimation of a Regionalized Mexican Social Accounting Matrix: Using Entropy Techniques to Reconcile Disparate Data Sources*. TMD Discussion Paper No. 97, International Food Policy Research Institute.

Lofgren, H. Harris, R y Robinson, S. 2002. *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C

Pyatt G., 1988. *A Sam Approach to Modeling: An Introduction*. Journal of Policy Modeling. Vol. 10, No.3, pp.327-352.

Pyatt G. and J. Round, 1977. *Social Accounting Matrices for Development Planning*. Review of Income and Wealth. Series 23, No. 4; 339-364.

Robinson, Sherman, 1989. *Multisectoral Models*, in Hollis, Chenery and T.N. Srinivasan, *Handbook of Develepoment Economics*. Elsevier Science Publishing Co. Inc., Amsterdam y Nueva York. Vol II, pp. 885-947.

Rogers, Peter. Radhika de Silva. Ramesh Bhatia. 2002. *Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability?* Water Policy. Pages 1-17.

Round J. 2003. *Social Accounting Matrices and SAM-based Multiplier Analysis*. Tool Kit for Evaluating the Poverty and Distributional Impact of Economic Policies. The World Bank.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP*. 2009.

Shoven, J. and J. Whalley, 1992. *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press.

Thurlow, J. 2004. *A Recursive Dynamic Computable General Equilibrium (CGE) Model for South Africa*, Trade and Industrial Policy Strategies Working Paper, Johannesburg, South Africa.

Tsur, Yacov. 2005. *Economic Aspects of Irrigation Pricing*. Canadian Water Resources Journal. Vol. 30(1). Pages 31- 46.

Yúnez Naude A., *et.al.*, 2006. *Economic Assessment of Policy Interventions in the Water Sector of Mexico*, Banco Mundial, febrero.

Yúnez Naude A. y L. G. Rojas Castro. 2008. *Perspectivas de la agricultura mexicana ante reducciones en la disponibilidad de agua para irrigación: un enfoque de equilibrio general*. Capitulo 9 en *El Agua en México: Consecuencias de las Políticas de Intervención en el Sector*. Lecturas 100. El Trimestre Económico. Fondo de Cultura Económica. 2008. Pags. 183-211.

## Anexo 1. Matriz Macro de la MCS-2002

**Matriz Macro de la MCS-2002**  
(miles de millones de pesos)

	Actividades	Bienes	Trabajo	Capital	Tierra	Hogares	Empresas	Gobierno	Inversión	Resto del Mundo	Total
<b>Actividades</b>		9,876.34				14.93					9,891.28
<b>Bienes</b>	4,123.52					4,305.4		467.11	1,243.4	1,646.1	11,785.53
<b>Trabajo</b>	1,988.51										1,988.51
<b>Capital</b>	3,572.26										3,572.26
<b>Tierra</b>	87.41										87.41
<b>Hogares</b>			1,877.32		87.41		2,259.62	534.8		133.07	5,092.22
<b>Empresas</b>				3,412.8				116.9			3,529.7
<b>Gobierno</b>	119.44	147.95	111.18			369.27	281.08	267.4			1,296.33
<b>Ahorro</b>	0.14					402.62	789	136.03		187.68	1,243.4
<b>Resto del Mundo</b>		1,761.23		159.45				46.16			1,966.84
<b>Total</b>	9,891.28	11,785.53	1,988.51	3,572.26	87.41	5,092.22	3,529.7	1,296.33	1,243.4	1,966.84	

Fuente: Yúnez *et al*, 2008.