



## PRIMER COLOQUIO DE TEORÍA ECONÓMICA



# EQUILIBRIO GENERAL Y EXTERNALIDADES: EXPORTACIÓN VIRTUAL DE AGUA



**MIGUEL  
CERVANTES  
JIMÉNEZ**

Abril de 2011



## Introducción

- Al exportar jitomate no sólo se comercia el fruto; sólo se vende el 8% de materia seca porque el 92% es agua.
- El precio del agua pagada por los agricultores es una tarifa subsidiada que tiende a cero.
- ¿Acaso es México una nación sin presiones de escasez hídrica como para regalársela al mundo?



## Introducción

- Surgió a principios de los 90.
- J.A. Allan: “el agua que contienen los productos”.
- Consumo doméstico más importación de agua virtual menos la correspondiente exportación.
- El agua utilizada en el proceso de producción de un producto agrícola o industrial se le conoce como agua virtual (Hoekstra y Hung 2002).



## Metodologías

- Muestra seleccionada de cultivos (**Hoekstra y Hung, 2002; Renault y Zimmer, 2003**), otros ocupan al sector ganadero (**Hoekstra y Chapagain, 2007:1**), el comercio de alimentos (**Renault, 2003**), la producción de alimentos (**Haddain, 2003**); modelos de equilibrio general computable (**Barritella y Hoekstra, 2006**).
- Cereales en países de Asia y África (**Yang y Reichert, 2003**), en Holanda, café y té (**Hoekstra y Chapagain, 2007:2**), el comercio virtual de Marruecos y Holanda (**Hoekstra y Chapagain, 2007:3**); en Medio Oriente (**Allan, 2003**), Jordania (**Haddadin, 2003**), países del sur de África (**Earle y Turton, 2003**); en la Comunidad en Desarrollo de África del Sur (SADC) (**Meissner, 2003**), Japón (**Oki y Sato**).

## Objetivo

- Estimar estadísticamente en México el volumen de exportación virtual de agua contenida en los productos agrícolas de alto volumen de exportación durante el periodo 1995-2005, con la finalidad de establecer su costo de oportunidad.
- El sector agrícola mexicano utiliza el 78% de la disponibilidad de agua, cuya tarifa está subsidiada y lo que paga el productor agrícola por el recurso hídrico tiende a cero.

## ASPECTOS TEÓRICOS



## ¿El Agua es un Bien Público?

### UN BIEN PÚBLICO:

- **No Rivaliza**
- **No Excluye**

#### NO RIVALIDAD

- EL CONSUMO DE UNA PERSONA NO DISMINUYE EL CONSUMO DE OTRA.

#### NO EXCLUSIÓN

- ES IMPOSIBLE, O MUY COSTOSO, EVITAR QUE LAS PERSONAS DISFRUTEN DEL BIEN.



## El agua NO es un bien público

- En los principios de Dublin (conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente, 1992), se reconoció al agua como un bien económico.
- Su asignación debe regirse por el mercado; en este se comercian los derechos entre compradores y vendedores.
- Hay externalidades.
- El gobierno fija los derechos de propiedad y debe internalizar las externalidades.



## El agua es un bien común

- Un bien común generalmente conlleva al abuso y derroche del recurso.
- Cuando el agua para el consumo agrícola es gratuita y de libre acceso se usa excesivamente, lo que reduce el bienestar.
- Para preservar el recurso se deben establecer incentivos que propicien su uso eficiente. Generar mercados de agua.

## Equilibrio General: enfoque centralizado

$$\begin{aligned}
 & \max_{x_1^1, x_2^1, q_1, q_2, z_1^1, z_2^1} u^1(x_1^1, x_2^1) \\
 & s.a. \quad \bar{u}^{-2} \leq u^2(x_1^2, x_2^2) \\
 & \quad q_1 \leq f_1(z_1^1, z_2^1) \\
 & \quad q_2 \leq f_2(z_1^2, z_2^2) \\
 & \quad x_1^1 + x_1^2 \leq q_1 \\
 & \quad x_2^1 + x_2^2 \leq q_2 \\
 & \quad z_1^1 + z_1^2 \leq \bar{z}_1 \\
 & \quad z_2^1 + z_2^2 \leq \bar{z}_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \max_{x_1^1, x_2^1, q_1, q_2, z_1^1, z_2^1} \mathfrak{L} \quad u^1(x_1^1, x_2^1) + \mu \left[ \bar{u}^{-2} - u^2(q_1 - x_1^1, q_2 - x_2^1) \right] + \\
 & \quad + \lambda_1 \left[ q_1 - f_1(z_1^1, z_2^1) \right] + \lambda_2 \left[ q_2 - f_2(\bar{z}_1 - z_1^1, \bar{z}_2 - z_2^1) \right]
 \end{aligned}$$



## Equilibrio General: enfoque descentralizado

**Empresa  $j = 1, 2$ :**

$$\max B^j(z_1^j, z_2^j) \equiv p_j \cdot f_j(z_1^j, z_2^j) - w_1 z_1^j - w_2 z_2^j$$

$$s.a : (z_1^j, z_2^j) \geq 0$$

$$\left. \begin{aligned} p_j \cdot \frac{\partial f_j(z_1^j, z_2^j)}{\partial z_1^j} &= w_1 \\ p_j \cdot \frac{\partial f_j(z_1^j, z_2^j)}{\partial z_2^j} &= w_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow RMST^j(z_1^j, z_2^j) = \frac{w_1}{w_2}$$

**Consumidor  $i = 1, 2$ :**

$$\max u^i(x_1^i, x_2^i)$$

$$s.a : m^i(w_1 \bar{z}_1^i + w_2 \bar{z}_2^i + \theta_1^i \cdot \Pi_1(p_1, w) + \theta_2^i \cdot \Pi_2(p_2, w)) \geq p_1 x_1^i + p_2 x_2^i$$

$$(X_1^i, X_2^i) \geq 0$$

**Equilibrio**

$$Z_1(P^*, w^*) = x_1^1(P^*, w^*) + x_1^2(P^*, w^*) - q_1(p_1^*, w^*) = 0$$

$$Z_2(P^*, w^*) = x_2^1(P^*, w^*) + x_2^2(P^*, w^*) - q_2(p_2^*, w^*) = 0$$

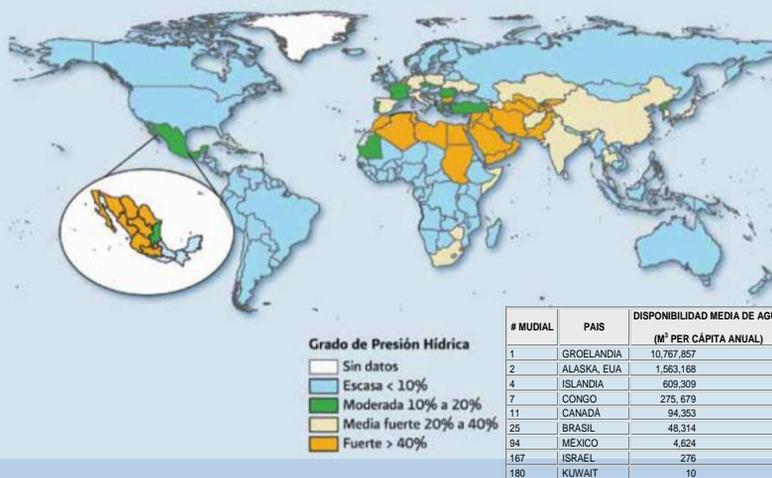
Micro-@conomía



## ANTECEDENTES DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO



## Mundo: grado de presión sobre los recursos hídricos, 2008



Fuente: Comisión Nacional del Agua



## Grado de presión sobre el recurso hídrico, 2008



Fuente: Comisión Nacional del Agua



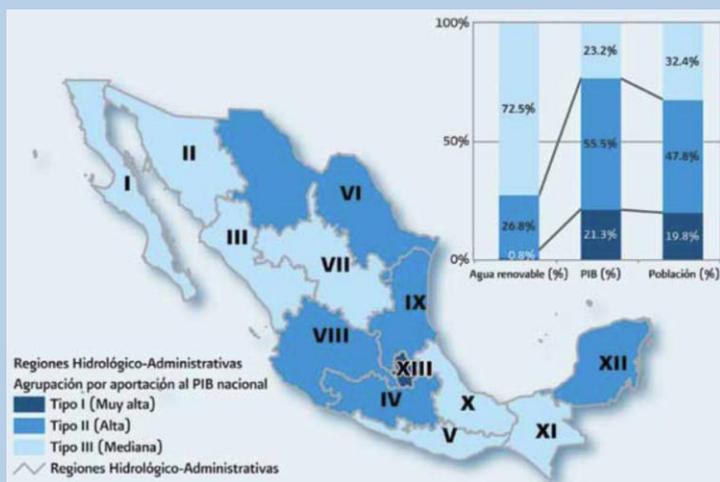
## Intensidad de los usos consuntivos del agua por municipio, 2008



Fuente: Comisión Nacional del Agua



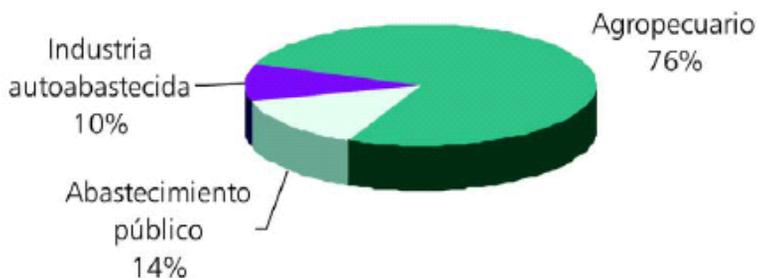
## Desarrollo y disponibilidad de agua, 2008



Fuente: Comisión Nacional del Agua



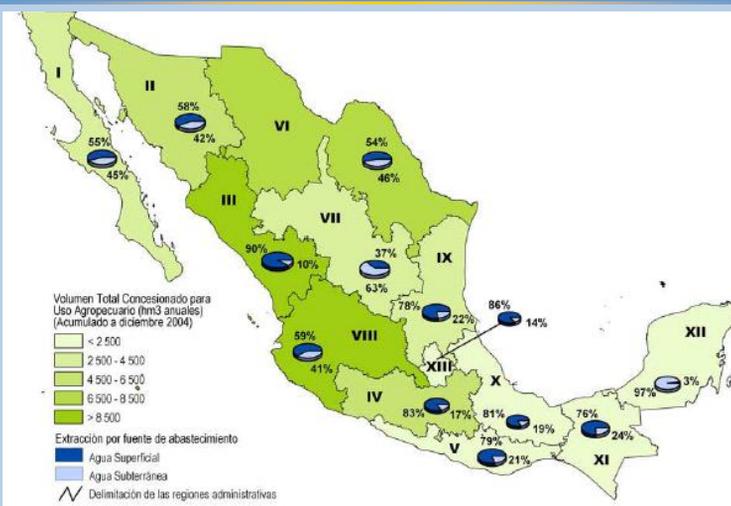
## Volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua



Fuente: Comisión Nacional del Agua



## Volúmenes concesionados para uso agropecuario por fuente de extracción.



Fuente: Comisión Nacional del Agua



## EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

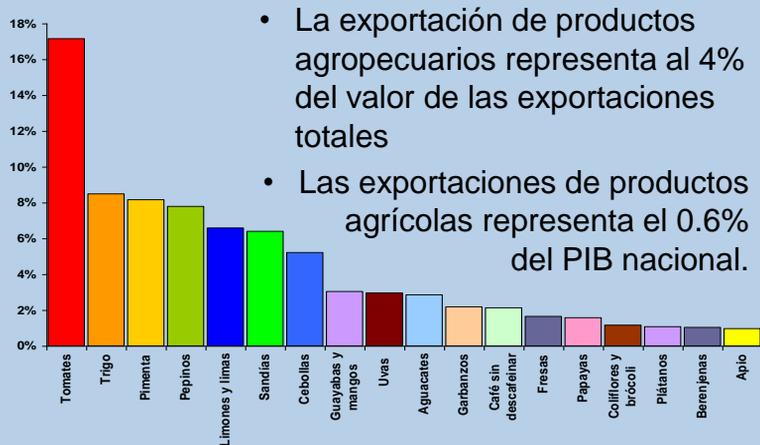


## Sector agrícola

- La superficie cosechada anual en México varía entre 18 y 22 millones de hectáreas, equivalente a 2% del PIB.
- El método tradicional de cultivo se utiliza en más del 80% de la superficie
- La eficiencia promedio del uso de agua se estima en 46%;



## México: Volumen de las exportaciones agrícolas por principales productos, 2002-2005

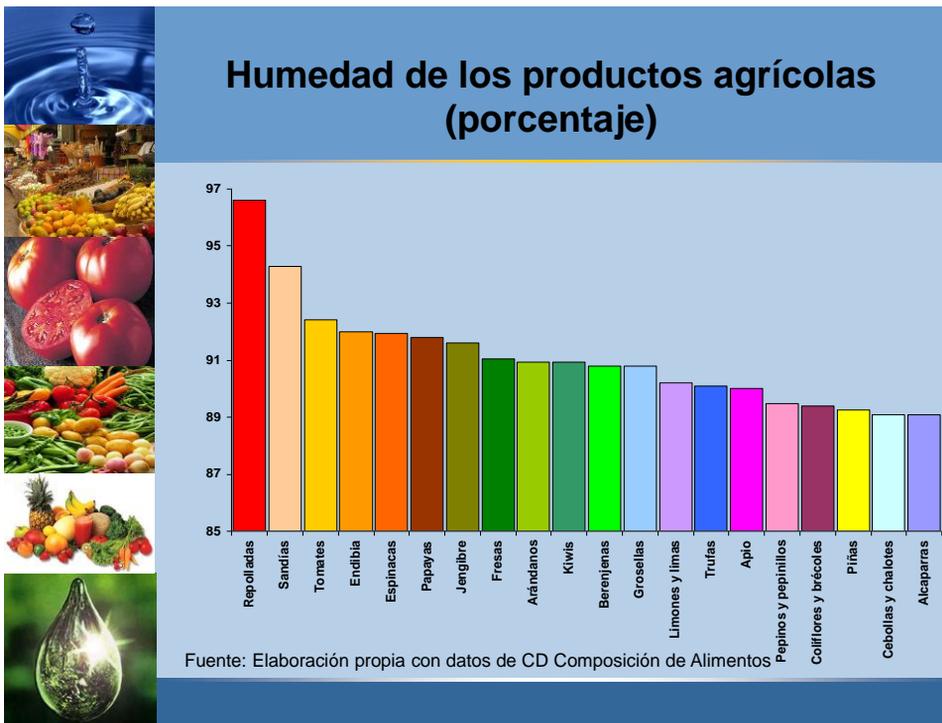


- La exportación de productos agropecuarios representa al 4% del valor de las exportaciones totales
- Las exportaciones de productos agrícolas representa el 0.6% del PIB nacional.

Fuente: Elaboración propia con datos del World Trade Atlas.



## ESTIMACIÓN DEL COSTO ECONÓMICO DE LA EXPORTACIÓN VIRTUAL DE AGUA



**Método**

$$CS = \sum_{i=1}^n [(Q_i)(\alpha_i)(\beta)] [p_j]$$

- **CS** = Costo social; **Qi** = cantidad del producto agrícola exportado i-esimo ( $i= 1,2,3,\dots,n$ );  **$\alpha_i$**  = proporción de humedad del producto agrícola exportado i-esimo;  **$\beta$** = 1 kilo = 1 litro;  **$p_j$** = precio del escenario j-esimo ( $j=A, B, C$ : A=precio del escenario 1 (0.024), B=precio del escenario 2 (4.200) y C= precio del escenario 3 (0.024)).



## Escenario 1: agotamiento del recurso

Año	Exportación Implícita de Agua (millones de litros)	Precio sombra (pesos por litro)	Costo de la exportación implícita (millones de pesos)	PIB (miles de millones de pesos)	PIB Agropecuario	Exportaciones Agrícolas	Participación del costo en el PIB (%)	Participación del costo en el PIB Agrícola (%)	Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)
1995	2,248	0.010	22	1,840	95	19	0.0012%	0.02%	0.11%
1996	2,716	0.013	35	2,530	144	23	0.0014%	0.02%	0.16%
1997	2,846	0.016	45	3,179	164	26	0.0014%	0.03%	0.18%
1998	3,934	0.018	72	3,848	185	31	0.0019%	0.04%	0.23%
1999	3,233	0.021	69	4,600	200	34	0.0015%	0.03%	0.20%
2000	3,192	0.023	74	5,498	208	33	0.0013%	0.04%	0.23%
2001	2,864	0.025	71	5,812	219	29	0.0012%	0.03%	0.25%
2002	3,318	0.026	86	6,267	226	29	0.0014%	0.04%	0.30%
2003	3,450	0.025	85	6,895	243	40	0.0012%	0.03%	0.21%
2004	3,469	0.027	94	7,714	272	49	0.0012%	0.03%	0.19%
2005	3,790	0.026	97	8,374	289	56	0.0012%	0.03%	0.17%



## Escenario 2: precio de agua embotellada

Año	Exportación Implícita de Agua (millones de litros)	Precio sombra (pesos por litro)	Costo de la exportación implícita (millones de pesos)	PIB (miles de millones de pesos)	PIB Agropecuario	Exportaciones Agrícolas	Participación del costo en el PIB (%)	Participación del costo en el PIB Agrícola (%)	Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)
1995	2,248	1.646	3,700	1,840	95	19	0.2010%	3.88%	19.48%
1996	2,716	2.212	6,009	2,530	144	23	0.2375%	4.17%	26.57%
1997	2,846	2.668	7,593	3,179	164	26	0.2388%	4.63%	29.76%
1998	3,934	3.093	12,169	3,848	185	31	0.3162%	6.56%	38.87%
1999	3,233	3.606	11,658	4,600	200	34	0.2534%	5.84%	34.52%
2000	3,192	3.949	12,606	5,498	208	33	0.2293%	6.06%	38.45%
2001	2,864	4.200	12,030	5,812	219	29	0.2070%	5.49%	41.85%
2002	3,318	4.411	14,635	6,267	226	29	0.2335%	6.46%	50.52%
2003	3,450	4.612	15,911	6,895	243	40	0.2308%	6.55%	40.17%
2004	3,469	4.828	16,751	7,714	272	49	0.2172%	6.15%	34.33%
2005	3,790	5.021	19,027	8,374	289	56	0.2272%	6.59%	34.21%



## Escenario 3: requerimiento de agua por producto

Año	Exportación Implícita de Agua (millones de litros)	Precio sombra (pesos por litro)	Costo de la exportación implícita (millones de pesos)	PIB (miles de millones de pesos)	PIB Agropecuario	Exportaciones Agrícolas	Participación del costo en el PIB (%)	Participación del costo en el PIB Agrícola (%)	Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)
1995	84,300	0.010	816	1,840	95	19	0.0443%	0.86%	4.30%
1996	101,850	0.013	1,325	2,530	144	23	0.0524%	0.92%	5.86%
1997	106,725	0.016	1,674	3,179	164	26	0.0527%	1.02%	6.56%
1998	147,525	0.018	2,684	3,848	185	31	0.0697%	1.45%	8.57%
1999	121,238	0.021	2,571	4,600	200	34	0.0559%	1.29%	7.61%
2000	119,700	0.023	2,780	5,498	208	33	0.0506%	1.34%	8.48%
2001	107,400	0.025	2,653	5,812	219	29	0.0456%	1.21%	9.23%
2002	124,425	0.026	3,227	6,267	226	29	0.0515%	1.43%	11.14%
2003	129,375	0.025	3,509	6,895	243	40	0.0509%	1.44%	8.86%
2004	130,088	0.027	3,694	7,714	272	49	0.0479%	1.36%	7.57%
2005	142,125	0.026	4,196	8,374	289	56	0.0501%	1.45%	7.54%

## Conclusiones

- México, es una de las regiones del mundo con mayor recarga de agua y amplia hidrografía, pero presenta problemas de escasez (zona norte del país).
- Las entidades federativas con mayor escasez hídrica son las que exportan el vital recurso.
- El 16% del valor de la producción agrícola nacional se exporta, principalmente a través de hortalizas y frutales, pero en esencia es agua, ya que su materia seca no supera el 10%.
- Entre 1995 y 2005 la exportación virtual de agua fue de 3,187 millones de litros de agua por año. Cantidad que asciende a 120 mil millones de litros en promedio anual durante el periodo al incorporar el requerimiento total de agua para la producción agrícola de exportación.

## Conclusiones

- **ESCENARIO 1: AGOTAMIENTO DEL RECURSO:** utilizando el precio sombra (0.024699 pesos por litro) el costo social de la exportación virtual representa 97 millones de pesos, 0.18% del valor de la exportación de productos agrícolas, el 0.034% del PIB agropecuario y 0.0012% del PIB.
- **ESCENARIO 2: A PRECIO DE AGUA EMBOTELLADA:** se ocupa precio del litro de agua embotellada. El costo social es de 19 mil millones de pesos; 34% de la exportación de productos agrícolas, el 6.6% del PIB agropecuario y 0.23% del PIB.
- **ESCENARIO 3: REQUERIMIENTO DE AGUA POR PRODUCTO:** Se cuantifica la cantidad requerida de agua para producir un kilo de producto durante el periodo de cosecha (referencia jitomate). El costo social representa 2.6 miles de millones de pesos, equivalentes al 9.2% de la exportación agrícola, al 1.2% del PIB agropecuario y el 0.05% del PIB.

## Conclusiones

- La externalidad negativa de las tarifas subsidiadas y su costo social asociado se pueden resolver por medio de la internalización del costo de la externalidad. La solución es simple, se le debe cobrar al sector agrícola precios de mercado por el uso del agua, sin discriminar a ningún productor; precios que eliminen el subsidio y que reflejen el costo social marginal del recurso hídrico.
- La creación de mercados de agua, a su vez, inducirán a los agricultores a abatir el desperdicio del vital líquido.
- Con los ingresos generados la Comisión Nacional del Agua tendría recursos para sustituir y ampliar la infraestructura hídrica.