



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Facultad de Economía  
*División de Estudios de Posgrado***

**TESIS PARA OPTAR AL  
GRADO DE DOCTOR EN ECONOMÍA**

***EL MERCADO  
DEL AGUA AGRÍCOLA EN MÉXICO***

**MC ERNESTO ABRAHAM TARRAB**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. AMÉRICO SALDÍVAR VALDÉS**

**MAYO 2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## **DEDICATORIA**

Debido a que esta tesis trata sobre el impacto causado por las pasadas generaciones sobre el ambiente y en especial sobre el agua, incluyendo a la que aún pervive, la dedico a los esfuerzos futuros que la humanidad debe hacer para disminuir o revertir la degradación ambiental, ya que soy consciente que las actuales generaciones no pueden ni quieren lograrlo.

También a mi mujer porque tuvo que convivir años con el suscrito, quién se dedicó a hacer cosas poco habituales en esta etapa de la vida, como lo es elaborar una tesis doctoral.

## **AGRADECIMIENTOS**

Es difícil nombrar a todas las personas que permitieron la consecución de este trabajo, ya que es producto de varios años de aproximaciones, en los que se fueron generando ideas complementarias a medida que se hacían intercambios de conocimientos para la investigación.

Pero debo mencionar a los tutores y sinodales que estuvieron supervisando el trabajo, ya que gracias a ellos esta tesis tiene no solamente una información sólida, sino conclusiones muy consistentes que, debo reconocer, no hubieran estado plasmadas sin su apoyo y propuestas: los Dres. Américo Saldívar Valdés director de la tesis; Benjamín García Páez, Fernando Rello Espinosa, Guadalupe de la Lanza Espino y Víctor Villalobos Arámbula.

También debo agradecer a compañeros de los seminarios del doctorado quienes, siendo los más críticos, permitieron reforzar la consistencia de la tesis y a muchos amigos y compañeros de trabajo, actuales y pasados, de diversas profesiones con los que tuve intercambios sobre fundamentos económicos, ecológicos, de hidrología y otras disciplinas que sirvieron para dar sustento a la tesis.

Finalmente a la Red de Investigadores Sociales sobre el Agua (RISSA), en especial a los integrantes que participaron en las polémicas sobre el tema del agua agrícola, gracias a lo cual pude consolidar una serie de conceptos que también aportaron a esta tesis.

# INDICE

<b>INDICE</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN:</b> .....	9
<b>LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LOS SERES HUMANOS</b>	15
<b>ESTRATEGIAS PARA EL USO DEL AGUA</b>	17
<b>LAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL AGUA</b>	18
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	21
<i>El costo social del riego</i> .....	24
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	25
<i>Objetivos específicos</i> .....	25
<b>HIPÓTESIS</b>	26
<b>METODOLOGÍA</b>	27
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	27
<b>CAPÍTULO 1. EL AGUA EN LA NATURALEZA Y SU USO HUMANO</b> .....	29
<b>EL CICLO HIDROLÓGICO</b>	29
<b>LAS DIMENSIONES DEL GASTO DEL AGUA EN LA ECONOMÍA</b>	32
<b>LA OFERTA Y DEMANDA MUNDIAL DEL AGUA</b>	33
<i>Precipitación, disponibilidad y extracción de agua</i> .....	37
<b>LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS</b>	39
<b>CAPÍTULO 2. EVOLUCIÓN GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL PAÍS</b> .....	45
<b>USO CONSUNTIVO, USO NECESARIO Y DESPERDICIO DEL AGUA</b>	45
<b>INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA DEL AGUA</b>	49
<b>LA DEMANDA Y EL DESPERDICIO DE AGUA DE LA AGRICULTURA</b>	52
<b>IMPACTO DEL RIEGO EN LOS CULTIVOS</b>	53
<b>VALORACIÓN DEL AGUA COMO RECURSO ECONÓMICO VERSUS BIEN PÚBLICO</b>	57
<b>LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA</b>	60
<b>LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA</b>	63
<b>MAÍZ; PRODUCCIÓN Y CONSUMO APARENTE 2007</b>	65
<b>EL RIEGO TECNIFICADO</b>	66
<b>EL EFECTO DE VARIEDADES DE ALTO RENDIMIENTO</b>	68
<b>CAPÍTULO 3. ECONOMÍA DEL AGUA AGRÍCOLA</b> .....	71
<b>TEORÍA Y DEBATE AMBIENTAL Y ECOLÓGICO SOBRE EL AGUA.</b>	71
<b>EL VALOR DEL AGUA AGRÍCOLA</b>	73
<i>Impacto de una política de valorización del agua en la producción agropecuaria.</i> .....	78
<b>CAPÍTULO 4. FUENTES DE LA OFERTA Y DETERMINANTES DE LA DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	83
<b>MERCADO DE AGUA VIRTUAL Y MERCADO VIRTUAL DEL AGUA.</b>	83
<b>EL MERCADO DEL AGUA EN MÉXICO</b>	85
<i>Participantes y sus motivaciones, fórmulas de precios o tarifas</i> .....	89
<i>Internalización de los costos ambientales del agua</i> .....	93
<b>LOS COSTOS POR LA COSECHA SUSTENTABLE DEL AGUA</b>	98
<b>LOS COSTOS DEL MANEJO DE LOS BOSQUES</b>	104
<b>VALORIZACIÓN DE COSTOS AMBIENTALES DE LA COSECHA DE AGUA</b>	107
<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA POLÍTICA DE DESCENTRALIZACIÓN EN MATERIA HÍDRICA INSTRUMENTADA POR LA CNA Y OTRAS DEPENDENCIAS COMPETENTES.</b>	110

## RESUMEN

El objeto de este estudio es elaborar propuestas de políticas públicas que permitan mejorar la eficiencia económica tanto privada como social del agua agrícola y contribuir con la reducción del impacto ambiental del riego a través medidas que incidan en el mercado del agua agrícola.

Esta investigación responde al hecho de que la producción de riego contiene una gran cantidad de subsidios perversos que promueven un gasto de agua mucho mayor que el necesario, por lo cual se genera dentro de la economía nacional un desperdicio de recursos económicos y de bienes naturales, que el autor estima mayor al valor generado por ese riego en la producción de granos básicos.

Se observa y analiza el efecto que los subsidios y los costos operativos y ambientales no pagados por los usuarios tienen en la rentabilidad privada y social de los principales cultivos realizados en México con el fin de reelaborar políticas públicas más adecuadas que permitan determinar la forma por la cual esos gastos operativos y ambientales puedan expresarse en los costos de producción de los agricultores.

## SUMMARY

Main subject of this study is proposals building of public policies that allow to improve private and social economics efficiency of agricultural water exploitation, and to contribute with reduction of environmental effects of irrigation throughout decisions that impact agricultural water market.

The research answers the fact that water in agriculture has a lot of perverse subsidies that promote waste of water, and generate damage to national economy and natural resources. Author estimates this waste higher than agricultural average value produced by irrigation on basic crops.

Analyses of subsidy's effects on social and private profits of from operative and environmental costs not supported by users are observed regarding the main crops. The subject is to elaborate adequate public policies to allow that both, operative and environmental costs, can be expressed on agricultural account.



## **INTRODUCCIÓN:**

La gestión del agua es un concepto relativamente nuevo, que sustituye otras formas de denominar el manejo del agua, tal como el de la administración o la gobernanza.

El tema deriva de que durante el siglo pasado existieron diferentes procesos en la administración de los recursos hídricos. Antes de 1970, a instancias de la FAO o del Banco Mundial, se ponía énfasis en el manejo de las cuencas o vertientes, para lo cual se desarrollaron las escuelas de ingenieros forestales o de bosques, pues se consideraba el asunto como un problema técnico que se debía solucionar con ese tipo de profesional universitario.

De los setenta a los noventa, se complementó esta idea con la inversión en infraestructuras hidráulicas que resolvieran problemas de abasto de agua para las zonas en que se tenían dificultades durante ciertas épocas del año porque el agua era vista como uno de los componentes del desarrollo económico. Por lo tanto en esa etapa era una materia que debía ser solucionada por ingenieros hidráulicos.

Finalmente en las últimas décadas del siglo XX el agua se toma como un recurso sustantivo para el manejo racional de las cuencas, para la biodiversidad y para los requerimientos sociales y económicos de un bien que ha mostrado poco a poco que se está haciendo insuficiente. Por ello entran también en escena los economistas generales y ambientales.

La economía política neoclásica actual, denominada por sus detractores como neoliberal, tiene una solución expedita para reducir el uso indiscriminado y el desperdicio del agua: el cobro de los costos de operación a los usuarios (Jones 2003). El presente estudio tratará de analizar, entre otros temas, si este precepto de la economía neoclásica se puede y se debe aplicar en las condiciones del campo mexicano para el uso del agua de riego.

En su libro denominado "Rescatando un planeta bajo estrés y a una civilización en problemas", Lester Brown plantea que si bien ya hay seis mil millones de habitantes que pueblan al mundo, después de haberse duplicado en el segundo medio siglo pasado, las medidas tomadas para alimentar a la población actual han sido insuficientes, ya que hay todavía más de 800 millones de personas que sufren hambre endémica. Y ello pese al mayor rendimiento de las nuevas especies de trigo y arroz, combinados con el crecimiento del área sembrada, el incremento al triple de la superficie de riego y en nueve veces el uso de fertilizantes, que en total permitieron triplicar la producción de granos. Ello significa, o que el hambre era todavía mayor en la primera mitad del siglo, o que ahora la parte más pudiente de la población consume más energéticos

totales por unidad de alimentos per cápita, que hace cincuenta años, en tanto el sector más desheredado de la población mundial sigue en la misma pobreza extrema.

Sin embargo desde el lado de la oferta, hoy los agricultores se enfrentan a la disminución de la disponibilidad de agua, el incremento de la temperatura, las pérdidas de tierras para usos no agrícolas, así como al crecimiento de los precios de los combustibles.

El autor plantea que es necesario repensar los conceptos de la productividad de la tierra a través de incrementar la productividad del agua y de producir proteínas en forma más eficiente, diferente de la actual que es realizada con animales rumiantes que requieren mayor cantidad de energía por unidad de proteína (Brown, 2006).

Por otro lado, un cierto número de estudios de la CEPAL confirman que la gestión integrada de los recursos hídricos en varios países, se encuentra obstaculizada por la estructura administrativa de todos los estados analizados (Dourojeanni y Juravlev 1999).

Según los autores, la capacidad real de los estados para regular el uso del recurso y hacer cumplir las normas es muy débil, y se agrava por la desarticulación institucional. Existen además importantes vacíos de gestión, politización de las actividades técnicas y sistemas administrativos fragmentarios. Aún en el caso de Chile, donde existe la mayor independencia del estado sobre el manejo del mercado del agua, se tiene todavía dispersión institucional, falta de autonomía y reducida capacidad operativa del sistema de aguas.

La gestión de los recursos hídricos es un proceso socialmente complejo en el cual se cruzan designios contradictorios se deben favorecer a los intereses públicos y a su vez a los múltiples intereses particulares. Pero todos estos aspectos deben ser respaldados en un presupuesto de legitimidad por un lado y de eficacia por el otro. Es necesario conciliar ambos conceptos, para que una excesiva importancia al factor gobernabilidad no reduzca la eficacia del proceso y un exceso en cuanto a imponer la eficacia no reduzca la legitimidad de las acciones (Nunes 2005). Para este autor la reforma y modernización del estado es un factor indisociable de la mejora de la gestión de los recursos hídricos.

FAO (2007) también reconoce que se critica al sector agropecuario por su alto desperdicio de agua, uso ineficiente en el punto de consumo causado por los bajos costos subsidiados del agua superficial o de la energía para el bombeo.

Hasta hace menos de dos décadas los costos ambientales no eran todavía el centro de los análisis de la economía ambiental. Y el agua no

se incluía entre los peores problemas, sino que se consideraba uno más de los temas ambientales (Naredo 1993).

Actualmente se está formando el consenso general de que todo el tema ambiental es uno solo, pero además, de que el agua es el tópico principal por el cual atraviesan todos los problemas del medio ambiente y un paradigma de lo que está bien o mal en el ambiente.

¿Cómo podríamos ubicarnos en el justo medio del problema ambiental del agua?

Para ello necesitaríamos preguntarnos cómo definimos un problema ambiental. Los seres humanos como cualquier ser vivo cumple con la característica de usar recursos naturales para vivir y a su vez de generar desechos. Pero existe una diferencia crucial entre los humanos y el resto de la biodiversidad, y es el hecho de que para vivir usamos mucho mayor volumen de recursos naturales que los demás animales y vegetales (Foladori et al. 2005).

Aún así esto no significaría un problema para el medio ambiente si el volumen de recursos utilizados o desechados pudieran ser reprocesados por el medio ambiente a la misma velocidad con la que el ser humano depreda o contamina al mismo. El fenómeno que ocurre en el mundo desde hace algunos siglos, es que el ser humano tiene una capacidad cada vez mayor para degradar que la que tiene la naturaleza para reprocesar sus desechos.

¿Cuándo empezó esa situación diferencial? No es posible definirla exactamente, pero es claro que el capitalismo ayudó al ser humano a gastar recursos naturales en una mayor proporción que hasta antes de su aparición. Hoy la economía requiere de muchos mayores recursos *per cápita*, no sólo por el crecimiento demográfico sino también por el inmenso crecimiento del uso de bienes naturales y de energía fósil del sistema capitalista.

En ese conjunto de bienes naturales utilizados, el agua no es la excepción. Si bien la economía moderna incrementó su eficiencia económica de manera descomunal, lo hizo a costa de disminuir su eficiencia energética y de recursos naturales. Para producir el mismo kilo de alimento se utilizaba en España a finales del siglo pasado, hasta nueve veces más energía que en los años cincuenta (Naredo 1998).

Actualmente, a comienzos de siglo XXI, el volumen de agua de riego utilizado es infinitamente mayor que el usado a principios del siglo pasado y la mayor parte tiene como destino el desperdicio por evaporación o infiltración al subsuelo.

Ello es debido a que el agua utilizada a principios del siglo veinte, provenía de la lluvia y sólo una pequeña fracción de la extracción de

agua dulce del subsuelo o de represas. En cambio en los comienzos del siglo XXI, la producción agropecuaria está utilizando más de las dos terceras partes del agua extraída en forma artificial de la naturaleza.

Las crisis por el agua están siendo cada día de mayor actualidad en los medios de información, debido a fenómenos climáticos que provocan inundaciones o sequía y ahora se ha hecho conciencia que la propia población mundial es la causante del cambio climático. También existe un creciente temor de los habitantes de las ciudades de procesos tales como la carencia y el deterioro del agua.

¿Pero que es lo que realmente está sucediendo con el agua? ¿Está faltando porque hay menos lluvias debidos al cambio climático o porque estamos extrayendo demasiada agua de los ríos y el subsuelo? ¿O es que el agua ya está tan contaminada que no puede utilizarse?

Estos son pues varios de los puntos que es necesario desarrollar, es decir, contestar a la pregunta de ¿qué cosas debemos conocer? sobre el ciclo hidrológico y los costos de operación del agua así como su interrelación con la agricultura para poder determinar soluciones que permitan la sustentabilidad del uso del agua.

Si se revisa la extensa bibliografía que existe sobre el agua, en la mayoría de los documentos se observará que lo primero que se afirma es que el agua es esencial para la vida humana (Shiva 2004).

Esta es la primera pregunta que deberíamos hacernos para comenzar a analizar el problema. ¿Realmente es necesario en un documento de análisis científico sobre el agua, decir que ésta es esencial para la vida? ¿Existirá alguien, algún científico que pueda decir lo contrario? Por supuesto que el agua es esencial para la vida, la vida no existiría sin el agua y por eso mismo es innecesario afirmarlo. Es tan innecesario como la aseveración de que uno es igual a uno o de que el aire es esencial para respirar.

Por otro lado, existen a últimas fechas movimientos sociales que intentan que se declare universalmente el derecho humano al agua. Pero habría que preguntarse: ¿Cual es el derecho humano que se quiere defender con el acceso al agua? Si se analizan los requerimientos biológicos de agua para los humanos, se observará que son sólo de dos a tres litros por día. En cambio la población actual utiliza entre cincuenta y cinco mil litros por día según el estatus o la capacidad de consumo de cada localidad del mundo.

El ser humano es el único ser vivo que utiliza el agua movida en forma artificial y la utiliza en volumen mucho mayor a los requerimientos vitales. Pero además cuando su costo es irrelevante la usa en forma excesiva en cualquier proceso productivo o doméstico.

El 98% del agua se usa en actividades no biológicas, y en la medida que mayor es el nivel de ingresos, mayor es el consumo de agua para necesidades cada vez más suntuarias.

En realidad lo que probablemente se está defendiendo con estos movimientos sociales es el que el agua no se privatice en sus fuentes de extracción.

El agua nunca va a dejar de existir, pero sí es cierto que los seres humanos estamos degradando en cantidad y calidad y a ritmos insostenibles las fuentes naturales disponibles donde la humanidad se surte del líquido.

Lo que en verdad está sucediendo entonces, no es que falte el agua, sino más bien que la precipitación en la cuenca es ya insuficiente para la población humana asentada en ella o para los requerimientos de la producción para el mercado y la solución que ha encontrado la humanidad es extraerla de otras cuencas. El caso de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey son ejemplos palpables de este fenómeno. Pero lo mismo sucede en las cuencas hidrológicas con destino agrícola.

A su vez, cuando el agua se contamina, debe pasar por un proceso de descontaminación. Ese proceso requiere la acción humana y una gran cantidad de energía que permita transformarla en agua útil nuevamente. La principal fuente de energía que realiza ese proceso, y la que no tienen costos económicos, es la del sol, con la cual se descontamina el 100% del agua al evaporarse. Sin embargo los seres humanos gastamos energía fósil para limpiar el agua que contaminamos y que sería mucho más fácil obtenerla limpia si se toman medidas de filtración o el uso de insumos biodegradables, para no contaminarla cuando va a las alcantarillas.

Dentro de esta vertiente, se observa que la contaminación del agua en la Unión Europea proviene principalmente del creciente uso de agroquímicos tales como pesticidas y fertilizantes. Según sus análisis los principales contaminantes son los nitratos, fosfatos y pesticidas. El problema que se presenta para controlar este tipo de polución proviene de la dificultad de identificar sus fuentes, ya que éstas son difusas y provienen de diferentes participantes, cuyas decisiones están afectadas por los precios del mercado de insumos y productos, así como de las políticas de apoyo para la agricultura. (Scheierling 1995).

En información sobre la calidad de las aguas interiores, la OCDE reporta que en México se encuentra el río más contaminado de los países que integran la organización, el Lerma. Este río está quince veces más contaminado medido en DBO (18.3 mg. de O<sub>2</sub>/lt de promedio en 17 años y con un máximo de 92.3 en 1998) que el que le sigue en

contaminación que es el Guadalquivir en España con 12.6 mg de O<sub>2</sub>/lt. En fósforo, el Lerma tuvo un promedio en ese periodo de 4.2 mg/lt. y le sigue el Támesis con 1.3 en el mismo lapso. El fósforo en los ríos proviene del exceso de fertilización y no del agua de desecho domiciliar; por ello también existe en México el lago más contaminado del mundo en fósforo, el Chapala, que tuvo un promedio de 0.61 mg./lt. en los últimos tres años; el que le sigue es el lago Arreso que está en Dinamarca con 0.22 mg/lt.

Hay también otros contaminantes industriales que son de largo plazo de degradación. Los metales, los plásticos, los pañales desechables y algunos venenos organoclorados o fosforados y los detergentes son más graves que la materia orgánica humana, pues seguirán contaminando por cientos de años las fuentes de agua. Existen cientos de miles de millones de botellas de PET, cubriendo las ciudades, campos, ríos y lagos del mundo, cuyo reciclamiento es no redituable y cuyo efecto ambiental todavía no está dimensionado.

Las conclusiones y recomendaciones del documento llamado Water and Agriculture: Sustainability and Recommendations, de la OCDE en 2006 indican que existe una compleja interrelación entre las demandas de la economía, la sociedad y el ambiente para el agua, pero que el problema más importante es el creciente sobreuso de agua en regiones con recursos escasos. El mayor reto se plantea en asegurar que los recursos usados por la agricultura se distribuyan de la mejor manera para hacer eficiente el uso del agua entre los cultivos. Se está entendiendo en los países de la OCDE que es necesario utilizar políticas públicas de reducción voluntaria o regulatoria del agua y de manejos económicos del mismo.

El ahorro de recursos naturales asociado al uso del agua es un fenómeno casi contemporáneo y solamente se comenzó a transformar en una política de estado luego que algunos países más avanzados hicieran llamados a un uso más sustentable del agua.

De manera que en esta tesis doctoral, el agua no se analizará desde el punto de vista de los derechos humanos, ni tampoco desde el punto biológico, como requerimiento básico para la vida. Tampoco se estudiarán los problemas de contaminación y abasto municipal, ya que son los problemas más analizados por un gran número de autores dedicados al tema.

El agua se estudiará aquí como un elemento dentro del proceso económico rural, como un bien económico, el único que interviene en todos los procesos productivos sin excepción. Como tal tiene un valor que no proviene de su ingreso al mercado formal, ya que gran parte del agua proviene de la lluvia directa sobre los suelos cultivados y otra

parte es otorgada por el estado como un bien público, apoyado con recursos de subsidio y es agua movida en forma artificial, a través de presas, canales, acueductos o tuberías. Por ello, el valor de uso del agua no se expresa como mercancía agua, pese a que es uno de los insumos esenciales de cualquier producción y sobre todo de la agrícola.

### ***Los requerimientos de agua de los seres humanos***

Existen 500 millones de personas en el mundo que viven con menos de 20 litros al día en un extremo, mientras que en el otro los 300 millones de estadounidenses consumen 400 litros al día para su uso personal directo (veinte veces más) y 5,100 litros por día cuando se incluyen todas las formas de uso, lo que representa cerca de 2 000 metros cúbicos al año per cápita (Shiva 2003). El documento de Shiva es un llamado de atención sobre los problemas que se tienen por el uso indiscriminado del agua, y sobre todo de su desperdicio.

Los cálculos realizados por diversos autores aproximan los requerimientos de lluvia realmente necesarios por persona a los 1,700 metros cúbicos por año (Myers 2001). Se incluyen en ellos el uso domiciliario, industrial y alimenticio (alrededor de 720 metros cúbicos por año) y el agua necesaria para mantener las corrientes fluviales (los restantes mil metros cúbicos). Estos cálculos fueron realizados teniendo en cuenta los requerimientos de habitantes de ciudades modernas y por lo tanto no es un parámetro para el promedio de la población mundial. Sin embargo es un volumen aceptado por casi todos los investigadores, sin que exista una propuesta alternativa, pero puede servir como un objetivo de requerimientos para los seres humanos en un mundo moderno. Varios autores consideran que un país se encuentra en stress hídrico cuando el agua precipitada per cápita en el territorio cae por debajo de esta cifra.

La humanidad ya utiliza el 54% del agua superficial disponible, y se espera que crezca un diez por ciento durante los próximos treinta años, tiempo en que la población crecerá un 40 por ciento (ibid). Ello implica que necesariamente los seres humanos deben reducir su consumo de agua per cápita.

Los subsidios por su lado, seguirán agudizando los problemas ya observados con consecuencias adversas para el ambiente:

- a) exceso crónico de la demanda, especialmente con un gran número de proyectos hidráulicos de gran escala y represas innecesarias o mal planificadas;
- b) pobre apoyo a la operación y mantenimiento de los sistemas de agua;
- c) desatención a la visión de conservación del agua;

d) se mantendrá el gasto fiscal en un servicio que no es utilizado para el bien común sino que aumentará la escasez en los sitios ya deprimidos de agua.

Finalmente, la falta de agua limpia y salubre, es también la causa de enfermedades y de una baja calidad de vida en los países en desarrollo. Ello trae además una baja en la productividad social por la deserción al trabajo causada por enfermedades relacionadas a la mala calidad del agua.

En el mundo, el agua agrícola representa 2.900 kilómetros cúbicos, más del doble del consumo industrial y municipal juntos, mientras que en México el agua de riego utiliza entre el 70 y 80% del agua total extraída. Este volumen de agua solamente genera el 2% del producto bruto interno. La industria, el comercio y los demás servicios utilizan el 10% del agua y generan 95% del PIB.

Pero no debe ser el volumen el que mida la eficiencia del agua, porque como se verá más adelante, el agua de riego tiene menores costos de suministro que el agua municipal o industrial, ya que no pasa por el proceso de potabilización que requiere el agua de las ciudades.

Sin embargo, el problema es que, debido principalmente al mal diseño de los subsidios, gran parte de la producción de riego con agua subsidiada en granos básicos, genera menor valor marginal que el costo del agua de riego.

A su vez el mal manejo repercute en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos de los cuales se toma el líquido para el uso agropecuario, municipal o industrial.

América Latina tiene una gran cantidad de acuíferos que no han sido explotados, ello sobre todo debido a que también el subcontinente recibe más del treinta por ciento de las precipitaciones pluviales del mundo. Sin embargo dentro de los países de América Latina, México tiene un déficit creciente de agua en sus acuíferos causados por la sobreexplotación de sus mantos, la degradación de áreas de cosecha y por un menor nivel de lluvias que el resto del continente (Antón 2006).

México tiene 320 cuencas hidrográficas con 70 lagos importantes y 14,000 reservorios de superficies menores a las diez hectáreas y la mayor parte de ellos ya está contaminada, según De la Lanza (2002).

Mientras que en los cincuenta prevalecía el optimismo de los ingenieros hidráulicos, por las grandes posibilidades que la expansión de los usos del agua abría al país, a principios del presente siglo se pasó a un pesimismo que llevó a declarar el agua un asunto de seguridad nacional (Aboites, 2004).



El uso del agua subterránea, que creció en forma exponencial en el medio siglo pasado, se puede correlacionar con el gasto realizado en energía eléctrica. Por ejemplo entre 1960 y 2000 el número de conexiones eléctricas se incrementó de seis mil hasta más de noventa mil, mientras que el gasto de energía se multiplicó por catorce veces (Scott, 2004). El autor consigna que se concesionaron las aguas subterráneas en forma irregular y demuestra cómo la recompra de derechos es muy difícil de realizar porque los poseedores de los derechos no tienen interés en el programa, ya que utilizan más agua que las que les fue concesionada, entre otras cosas por el bajo costo de la energía eléctrica.

### ***Estrategias para el uso del agua***

En el Informe sobre Desarrollo Humano 2006 del PNUD, se destacan entre las propuestas de políticas económicas más viables para efectos de un uso sustentable del agua, las siguientes:

1. Desarrollar una estrategia nacional para el uso del agua
2. Reducir los subsidios perversos y replantear la fijación de precios del agua.
3. Hacer que quienes contaminen paguen
4. Valorar los servicios ecológicos
5. Regular la extracción del agua subterránea.

Dentro del primer punto el informe propone que los gobiernos deben contabilizar los requerimientos del ambiente como otro usuario del agua al momento de planificar el uso sustentable de ésta estrategia en la que se enfatiza la necesidad de hacerlo en coordinación con la todavía no bien definida "gestión integrada del agua".

El informe señala que el uso del agua no deberá repartirse sólo entre los tres sectores ya conocidos de agricultura, industria y municipios, sino entre cuatro entre los que se sumarían los sistemas ecológicos del país; y no sólo como un usuario más, sino como el más privilegiado.

Pero a partir de nuestro análisis, consideramos que existe un quinto usuario más y que es el más privilegiado o perverso de todos, y se podría llamar el sector desperdicio, el cual tiene dos componentes, el consumo suntuario en volumen y las pérdidas causadas por el sobreuso, por efecto de los subsidios y por la contaminación consubstancial a su uso.

El desperdicio es una actividad propia de la economía moderna, que por un lado, da prioridad al uso excesivo de cualquier bien con el fin de incrementar las utilidades por parte de los productores y por otro se promueve el desperdicio por medio de políticas públicas aparentemente

destinadas a los estratos más pobres de la sociedad, pero que en realidad, terminan siendo consumidos por los que tienen mayores niveles de ingresos.

Sobre este punto, la presente propuesta fundamenta las razones por la que hay que quitar los subsidios que generan contaminación, extracción excesiva y degradación del medio ambiente. Pero a su vez se propone como resultado del estudio la necesidad de la elaboración de políticas de protección a los agricultores en general para que hagan un uso sustentable del agua.

### ***Las políticas públicas para el agua***

Las normas destinadas al manejo racional del agua no son nuevas, sino que es uno de los bienes que ha sido regulado desde el comienzo de la historia (Anexo 2). Las políticas propuestas para el uso del agua no varían en los diferentes autores. Ya es claro para todos los economistas que tratan este tema, que para que se racionalice en forma inmediata el uso del agua, es necesario pagar el costo real del servicio y sobre todo, es ya indispensable también que quienes contaminan el agua paguen por su restauración sanitaria.

Según Fanlo (2002) se deben diferenciar, en relación a la administración del agua las siguientes funciones:

1. las de asignación de recursos (concesiones, policías del agua, incluida la protección),
2. las de gestión de los aprovechamientos (abastecimiento a las poblaciones, regadíos, usos para la industria) y finalmente
3. las de construcción y explotación de obras hidráulicas.

En los tres casos se deben de administrar recursos hídricos, pero cada uno puede ser realizado por diferentes tipos de organismos. Alguno de ellos solamente pueden ser administrados por organismos públicos, principalmente en el de administración de las concesiones o de los drenajes; en otros pueden ser mixtos (estados – usuarios regantes o consumidores domésticos) como en la administración de la gestión de los aprovechamientos y finalmente en otros más, pueden ser totalmente privados.

En México se ha intentado fomentar el manejo privado de la gestión de los aprovechamientos, sin embargo todavía no se entiende bien cuál es la función que tienen los participantes y se sigue tutorando desde el organismo central del estado a los comités de cuenca y de aguas subterráneas. Ello hace que los organismos de cuenca todavía no funcionen correctamente en casi la totalidad de los casos. Se les llama organismos de cuenca pero en realidad son organismos de usuarios.

Esto significa que quienes se reúnen para decidir sobre el agua son quienes la usan por debajo de la cota, pero no quienes la cosechan en las cuencas sobre la cota de la represa.

Por ello, resulta muy difícil el proceso de valorizar el agua en un mercado de derechos. En el periodo del flujo en el que el agua se constituye en propiedad social, el estado se considera su propietario "original" y se hace cargo de su manejo. Cuando la procesa y la distribuye, el estado la entrega a precios que no tienen relación con los costos de su operación. Y cuando el agua es usada por los agentes privados, se la consume de una forma que no tiene concordancia con el costo social que significa su utilización como insumo o bien de uso.

Se insiste también que debe haber una mayor participación de los usuarios en la toma de decisiones sobre su manejo y que se mida su consumo. Otra medida imprescindible es la mejora del marco legal para impedir la actual sobreexplotación (Palacios 2004, en Jacobo et al. 2004)

Las políticas públicas para un uso sustentable del agua agropecuaria no pueden ser diseñadas y aplicadas en un solo país, porque el estado que las aplique dejará de tener el nivel de competitividad que venía asignando a sus productores agropecuarios.

Además la compleja red de subsidios otorgados al campo en los países desarrollados genera otra serie de distorsiones en los países dependientes, que los obliga a mantener los subsidios internos para así evitar posibles conflictos sociales en sectores que tienen un importante peso electoral. Un ejemplo es la leche en polvo subsidiada de Estados Unidos para la exportación, que mantiene desde hace décadas los precios sumergidos de la lechería nacional y que quiebra a las empresas lecheras del país cada determinado número de años y a su vez deben ser apoyadas nuevamente para volverlas a hacer funcionar.

Así, internacionalmente deberían signarse acuerdos para el uso sustentable del líquido, basándose en que es un recurso limitado y vulnerable, que su operación deberá ser resultado de un acuerdo entre los usuarios, los habitantes de las cuencas y las autoridades y que el agua tiene que revalorizarse para que se tenga un mejor control de su utilización por los agentes económicos.

Todos los países del mundo deberán realizar ingentes esfuerzos para invertir en programas de saneamiento y tratamiento de aguas servidas que contaminan los ríos y mares del mundo. A su vez se requieren acuerdos internacionales que aseguren una distribución justa del agua entre las naciones beneficiarias de las mismas cuencas hidrológicas con el fin de evitar conflictos internacionales por el agua.

Por otro lado, las respuestas nacionales que deben dar los países se deben ubicar dentro de los siguientes principios:

1. La ordenación de las cuencas hidrográficas,
2. la adecuación de la infraestructura a los requerimientos de agua real de la población,
3. elaborar o poner en vigor los reglamentos necesarios para un uso sustentable del agua y asegurar que se obtengan los recursos necesarios para reponer el gasto ambiental causado por el uso y abuso del agua.
4. estos procesos deberán estar sustentados por una valorización del recurso agua que impida un uso inadecuado del mismo.
5. Es necesario que los países asignen el agua en forma sustentable, para que no se utilice más de lo necesario en la producción agropecuaria, industrial y en el uso municipal.

Una de las políticas públicas esenciales es promover iniciativas locales para el mejor uso del agua. Cuando se logre que los usuarios cuenca abajo y los campesinos cuenca arriba se pongan de acuerdo, el uso de subsidios para apoyar los convenios entre estos grupos, será el dinero mejor invertido a los efectos de la mejora ambiental de la cuenca. En ese momento el apoyo a los estudios de la cuenca y las mejores formas de manejar los flujos de agua, serán recursos que darán una alta rentabilidad en el largo plazo, para la mejora en la cosecha de agua y la disminución de la degradación de los suelos y por lo tanto tendrá un efecto en la disminución del azolve de los cuerpos de agua.

No es fácil que los habitantes de las cuencas tomen la iniciativa para la realización de obras y prácticas de conservación productiva de los suelos, por ello es necesario que los gobiernos desarrollen una activa participación para la promoción de estos convenios intracuenca.

Finalmente, las nuevas políticas deberán estar dirigidas a reponer el desgaste ambiental a través de resolver el principal problema que existe para poder comenzar con las acciones de restauración de las condiciones de las áreas de cosecha de agua y de su depuración antes de verterla a los acuíferos: obtener los recursos económicos.

Y para ello se deben resolver los siguientes puntos:

- Diseñar procedimientos para la obtención de recursos y mecanismos de cobro
- Generar instancias administrativas gubernamentales, privadas y sociales para la operación de los programas.
- Definir el destino en los que se va a invertir los ingresos obtenidos por el cobro de derechos ambientales

- Elaborar medidas normativas complementarias

De manera que la elaboración de políticas públicas requiere de un desglose del conocimiento con mayor profundidad, para lo cual es necesario:

- a) Conocer el nivel de contaminación y los orígenes, especialmente fertilizantes, pesticidas, patógenos, sales y metales pesados.
- b) Desarrollar sistemas de contabilidad ambiental para conocer los volúmenes y flujos de los sistemas y de la dinámica de los acuíferos, cuanta agua se usa y su eficiencia.
- c) Conocer el capital social utilizado en el contexto de la agricultura y manejo de cuencas.
- d) Analizar el concepto de agua virtual para ser utilizado como herramienta en el diseño de políticas públicas, y con ello comprobar la eficiencia del uso del agua en la agricultura.
- e) Explorar los efectos del cambio climático, la variabilidad e incertidumbre en la agricultura y los recursos hídricos, incluyendo las respuestas de política, la consecuencia en la distribución y la necesidad de examinar la conexión entre los recursos hídricos y la emisión de gases de efecto invernadero.
- f) Medir los efectos de distorsión provocados por las actuales políticas, medir el nivel de los subsidios y los precios para el agua de riego.

La presente investigación trata de responder a la mayor parte de estos cuestionamientos.

### ***Planteamiento del problema***

Los problemas del agua son resultado de acciones humanas sobre las fuentes de extracción, de las áreas de cosecha o de los cuerpos receptores y aún sobre el clima.

Ya que la mayor parte de los estudios se preocupan solamente del agua potable, la presente tesis comenzará por describir y analizar la situación real del agua en el mundo y en México particularmente en relación al riego agrícola.

Esta investigación responde al hecho observado de que la producción de riego contiene una gran cantidad de subsidios perversos que promueven un gasto de agua mucho mayor que el necesario, por lo cual se genera dentro de la economía nacional un desperdicio de recursos económicos y

de bienes naturales, que el autor estima mayor al valor generado por ese riego en la producción de granos básicos.

Se considerará como costo social, a todos los gastos que la sociedad realiza para que los agentes privados generen una producción de bienes de consumo básico para la población. Estos gastos pueden ser de infraestructura de almacenamiento de agua, canales, instalaciones, maquinaria y equipo, así como de insumos y gastos de operación de los servicios necesarios para la producción y comercialización. En su mayor parte estos costos sociales pueden catalogarse como subsidios.

El subsidio es un forma de soporte gubernamental extendido a un sector económico (o institución, negocio o individuo), generalmente con el propósito de promover una actividad que el gobierno considera benéfica para la economía sobretodo y a la sociedad en general (Myers y Kent, 2001).

Tiene el objeto de fortalecer actividades que si de dejan solas al mercado puede terminar en un monto menor o desfavorable que el socialmente óptimo.

Existen tres grandes tipos de subsidios,

1. De tratamiento preferencial a un sector particular de la Sociedad. Ej. Educación.
2. Fortalecer actividades o procesos que de otra manera no lograría el suficiente nivel. Gasolina sin plomo, energía eólica, etc.
3. Asegurar la sobrevivencia y estabilidad de ciertas industrias estratégicas, defensa o agricultura.

Según estos autores, los subsidios se transforman en perversos cuando tienen impactos negativos sobre el desarrollo de la economía o sobre la degradación del ambiente.

Los subsidios al agua de riego son el ejemplo más contundente del tipo perverso pues como se comprobará, promueven una reducción del PIB e impactan negativamente a las fuentes de provisión de agua, tanto en calidad como en cantidad.

Así, la producción subsidiada de riego ha estado provocando en el país una disminución del PIB, que se mantiene por décadas. Entre 2003 y 2006 se subsidió el consumo de energía con 8 mil millones de pesos, se entregó apoyos a dos mil millones de litros de diesel a través de 2,683 gasolineras del país, a 243 mil productores agropecuarios, más los subsidios de PROCAMPO, y otros que en total se fueron incrementado durante el sexenio 2000 – 2006 hasta tener actualmente más de treinta mil millones de pesos dirigidos a la agricultura (SAGARPA 2006). El promedio de apoyos por hectárea a los productores, sumando el total de

subsidios al campo del año 2006, representan más de mil seiscientos pesos.

El desperdicio del agua está ligado a su precio casi inexistente. Por ello la valoración del agua a través del establecimiento de un mercado de derechos del agua, el pago del costo de operación más los ambientales y la eliminación de los subsidios permitirá redirigir el recurso agua hacia los cultivos más rentables, mejorar la eficiencia por unidad de volumen y reducir el uso consuntivo innecesario en los cultivos con riego, tanto de granos básicos como de otros más productivos.

Los costos ambientales son aquellos que se generan antes y después que el agua se transforma en parte integrante de los procesos económicos. Ex ante, porque es cuando se cosecha el agua y se tiene que lograr que esta se obtenga en la cantidad y calidad adecuadas sin que se degrade la superficie ni se agoten los mantos subterráneos. Ex post, porque es cuando el agua se desecha contaminada; el costo de descontaminarla es parte del costo ambiental y se relaciona con los gastos requeridos de su restauración, es decir de volverla agua utilizable. Existen muchas formas de valoración de los costos ambientales, pero los más adecuados para valorar el desgaste ambiental con el fin de generar las bases para la elaboración de políticas públicas para el agua, son aquellos que se relacionan con las labores necesarias para restaurar las condiciones de cosecha del agua en las cuencas para que esta aumente en calidad y cantidad tanto superficial como subterránea.

Una vez que se suma a los costos del riego un valor del agua calculado a su verdadero costo de operación, se observa que los ingresos brutos marginales van a ir disminuyendo hasta transformarse en negativos cuando se estima un costo de mercado máximo igualado al valor promedio nacional del agua a costo de factores y sin subsidios. En este caso la mayor parte de los Distritos de Temporal tendrían pérdidas por el exceso en el uso del agua.

De modo que el valorizar el agua por cualquiera de los métodos conocidos, tales como cobro a costo de factores o a través de promover mercados de derechos del agua, lograría estimular un uso más sustentable y a la vez más productivo en términos de valor agregado.

En los cuadros de análisis de la producción de riego se observará que la mayor proporción de los ingresos en esta modalidad se compone de los subsidios directos de los programas destinados a la producción agropecuaria y de los indirectos dados a través del agua, infraestructura, y de los combustibles y otros insumos.

Si no se incluyeran estos ingresos en la producción y se agregaran los costos ambientales y sociales (infraestructura y subsidios) en el

resultado económico de la sociedad en su conjunto, la producción de maíz sería antieconómica para la mayor parte de los productores de los distritos de desarrollo rural.

Esta investigación permitirá sentar las bases para determinar políticas públicas más adecuadas a las necesidades de la población tanto rural como en las ciudades, con lo cual se podrá incrementar el PIB agropecuario con medidas estrictamente económicas. Además se obtendrá una mejora sustancial en el medio ambiente que se verá menos desgastado en tanto se realice una producción agropecuaria de igual o mayor nivel del que se venía desarrollando, utilizando para ello un menor volumen de agua, energía y tierras abiertas al cultivo a partir de áreas silvestres.

El proyecto se ubica dentro de la disciplina de la economía ambiental, y tiene además sustento en varias ramas del conocimiento como son la ecología, la agronomía, la biología y el derecho.

Se estudiará el impacto del riego en la producción del maíz, sus costos de producción privados y los costos de servicios sociales que contiene su producción, como son la infraestructura hidroagrícola, los costos ambientales y los subsidios a la producción, así como la productividad lograda por metro cúbico de agua y por hectárea en relación a esos apoyos.

Esta investigación es de utilidad primordial para mejorar la gestión integral de los recursos hídricos, tanto en el nivel nacional como estatal y municipal. Tiene además como objetivo la elaboración de políticas públicas para el rediseño de los subsidios agropecuarios destinados al riego.

Es una investigación original, que realiza un análisis crítico de los fundamentos teóricos con los que se valoriza al agua de riego, y propone una metodología más completa que las revisadas para el cálculo de los costos privados y sociales en la producción agropecuaria comparativa entre riego y temporal.

### ***El costo social del riego***

El análisis de la presente tesis pasa por comprender cuál es el beneficio social de invertir en riego. La ventaja social de invertir en subsidios al riego es contribuir a abastecer los requerimientos de la población de bienes agropecuarios de consumo básico, que en México incluyen los de consumo directo, maíz blanco, y los indirectos tales como la producción de grano, pasturas y alfalfa para la producción de carne, leche y huevos a través del consumo animal.

La pregunta que corresponde formularse en este punto, es ¿cuánto recibe la sociedad por los subsidios que destina a la producción



agropecuaria y qué necesita realmente la sociedad de productos básicos? Un análisis del uso del maíz muestra que de los 22 millones de toneladas que entran al mercado, casi ocho se utilizan en alimentación animal, principalmente bovino, que es una especie de muy baja eficiencia de transformación de energía a carne, comparada con el pollo o el cerdo.

Por lo anterior es necesario revisar las políticas observando cuanto le cuesta a la sociedad cada nueva tonelada de maíz introducido al mercado, y cuanto podría costar esa misma tonelada con otras políticas de producción.

Estos cuestionamientos son los fundamentos con los que se debe analizar la racionalidad de las políticas públicas. Si esa tonelada extra se puede producir en algún municipio con 900 pesos más de subsidios, ¿por qué la sociedad debe gastar 6 000 en subsidios en otro?

Esta investigación se dirige justamente a buscar soluciones para corregir la irracionalidad en el uso de los subsidios.

### ***Objetivo General***

Elaborar propuestas de políticas públicas que permitan mejorar la eficiencia económica tanto privada como social del uso del agua agrícola y contribuir con la reducción del impacto ambiental del riego a través medidas que incidan en el mercado del agua agrícola.

Para lograr este objetivo se desarrollarán los siguientes:

### ***Objetivos específicos***

1. Determinar el efecto que los subsidios y los costos operativos y ambientales no pagados por los usuarios tienen en la rentabilidad privada y social de los principales cultivos realizados en México con el fin de elaborar las políticas públicas adecuadas que permitan determinar la forma por la cual esos costos operativos y ambientales puedan expresarse en los costos de producción de los agricultores.
2. Analizar las consecuencias que producen en el ambiente las actuales políticas macroeconómicas y sectoriales para el agua y determinar las que pudieran mejorar esta situación.
3. Determinar cuál es y cómo medir el desgaste ambiental que debe ser internalizado en los costos de las actividades económicas que los provocan.

Con base en estos planteamientos se pueden asentar los siguientes presupuestos de trabajo:

- Los usuarios del agua al aprovechar el agua como un bien público, la utilizan de manera indiscriminada como un bien privado con precio cercano o igual a cero.

- El uso indiscriminado del agua desperdicia recursos energéticos y contamina y agota las fuentes superficiales y subterráneas.
- El agua desperdiciada o no utilizada cambia de lugar inútilmente y ello destruye los ecosistemas de los que se extrae, y su exceso contamina los suelos y los acuíferos.
- Los subsidios al agua y demás insumos agropecuarios son mayores a las utilidades netas de ciertos cultivos básicos de bajo nivel de tecnificación y de bajo valor por hectárea, por lo que el valor incrementado por el riego de los productos de bajo rendimiento económico es menor que el valor total de los recursos económicos y ambientales invertidos para ese riego.

Pero, pese a ello, existen mecanismos para reducir en forma inmediata el consumo innecesario del agua, incrementar la productividad por metro cúbico utilizado, dar rentabilidad real a la producción y de paso obtener recursos para la restauración ambiental a través del cobro del precio del agua a su costo de factores y del costo ambiental.

### **Hipótesis**

- No existe una correlación entre el volumen de agua utilizada en el riego del maíz y la producción (un incremento del volumen de agua no incrementa el volumen de producción)
- No hay correlación entre el costo del agua y la producción generada (aún cuando se pague por el exceso de agua utilizada el monto en dinero es deleznable, lo cual no tiene efecto para que se constituya en un factor que controle el uso del agua).
- El valor total generado es socialmente menor que los recursos invertidos, cuando se contabilizan los gastos ambientales y otros gastos sociales no pagados por los agentes privados.
- La valorización del insumo agua de riego, a través del cobro de los costos de operación y ambientales tendrá como consecuencia un menor consumo de bienes ambientales, y permitirá de paso obtener recursos para la restauración de las condiciones naturales para la cosecha y manejo no contaminante del agua.
- La instrumentación de mercados del agua en donde se puedan desarrollar, permitirá valorizar el agua y evitar su desperdicio.

La solución de los problemas generados por el uso inadecuado del agua pasa por resolver los asuntos planteados en las hipótesis, y ello permitirá un uso más eficiente del recurso agua en el mediano y largo plazo.

## **Metodología**

Consiste la metodología en la comparación de la producción entre dos modalidades de cultivo, con y sin riego. Para ello se comparan las producciones en los mismos distritos de riego, en un solo municipio de cada distrito y para un mismo periodo, el de primavera-verano. En ellos se analizan los rendimientos económicos privados y sociales.

Es una investigación que analiza el impacto del agua en la agricultura y sus costos ambientales. Compara el riego en la producción de maíz respecto del cultivo en temporal y sus costos privados y sociales. Dentro de los privados se incluye el aporte de los subsidios gubernamentales a los productores rurales, dentro de los sociales se incluyen los costos de infraestructura y los subsidios al agua.

El procedimiento a utilizar en la presente investigación constará de los siguientes pasos:

- Recopilación, enumeración y análisis de las aportaciones más importantes realizadas sobre las causas de la crisis del agua agrícola
- Evolución del problema.
- Identificación de los costos evaluados y su internalización.
- Teoría y debate ambiental, ecología sobre el agua.
- Elaboración de una metodología para el cálculo de los costos ambientales específicos del agua.
- Antecedentes teóricos
- Definición de la metodología de la tesis

## **Resultados esperados**

Se demostrará como:

- No hay correlación entre costos del agua y la producción generada y cómo, el costo privado del agua es irrelevante en la producción.
- La rentabilidad privada en la producción de maíz existe en tanto no se expresen los costos sociales no pagados.
- La manera en que se aplican los subsidios los transforman en estímulos perversos para el uso de los insumos en el riego

Finalmente se presentarán:

- Conclusiones y
- Anexos teórico metodológicos

Es un estudio en todo el territorio de México. El universo es la producción total nacional y el total de Distritos de Riego y de Distritos de Desarrollo Rural. La muestra son 20 municipios de Distritos de Riego en

otros tantos estados que representan entre el 7 y 9% de la superficie, la producción física y el valor total de la producción de maíz.

Es una investigación elaborada con información institucional de la producción y el riego. Se obtuvieron de los reportes del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA 2006 y de la Comisión Nacional del Agua (CNA) para el periodo 1990 - 2002.

Se elaboraron cuadros comparativos relacionando la producción de riego con la de temporal, su gasto de agua por hectárea, su rendimiento económico y el diferencial de producción, valor y costos entre ambos cultivos. Se incluyeron los ingresos provenientes de apoyos gubernamentales y los costos sociales de producir con riego.

Los supuestos iniciales de trabajo parten de la idea que el subsidio al precio del agua ha provocado en el país:

- El uso ineficiente en todas las formas de consumo intermedio y final.
- Un desperdicio mayor al necesario por el uso sobredimensionado de agua y de la energía asociada.
- La degradación complementaria e innecesaria de recursos naturales para mantener este abastecimiento del uso consuntivo sobredimensionado.

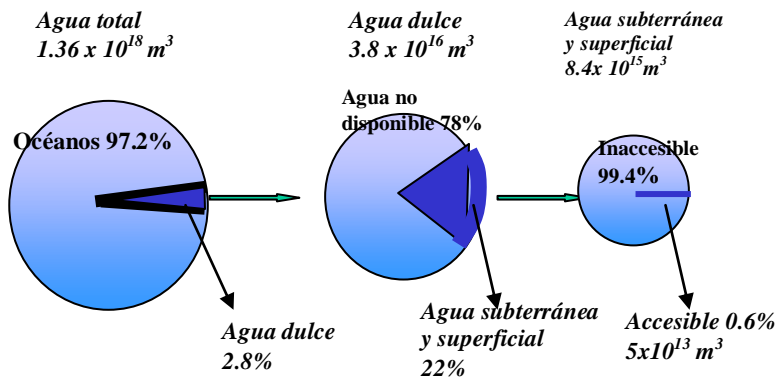
# CAPÍTULO 1. EL AGUA EN LA NATURALEZA Y SU USO HUMANO

A continuación se hará una descripción del ciclo del agua en el mundo para observar que en realidad solamente utilizamos fracciones ínfimas del agua total del mundo en la producción. Toda el agua en la cual se gaste energía para su uso es a la larga un uso no sustentable, y por lo tanto es importante entender que su desperdicio es una pérdida social, económica y ecológica. El agua se comenzará a usar en forma sustentable solamente cuando para su consumo se observen las leyes del movimiento del líquido sobre las cuencas.

## El ciclo hidrológico

El agua en la superficie terrestre está en estado líquido en su mayor parte como resultado de la distancia a la que se encuentra el planeta Tierra del Sol y esto permite que los océanos tengan una temperatura constante entre los 0 y 30 grados centígrados en la mayor parte de la superficie del planeta; de no ser así el agua permanecería en estado sólido. Es probable que sean pocos los lugares del universo donde los planetas tengan esas condiciones, y todavía son desconocidos. Esta temperatura generó la circunstancia físico química para que se formara la vida.

El agua se encuentra establecida en un 98% en los mares y océanos. Solamente un dos por ciento está en forma dulce, y dos terceras partes de ella están fijadas en los casquetes polares, por lo que solamente menos del uno por ciento esta en forma de agua dulce disponible. Ella está continuamente reciclándose a través de la atmósfera, entre los océanos



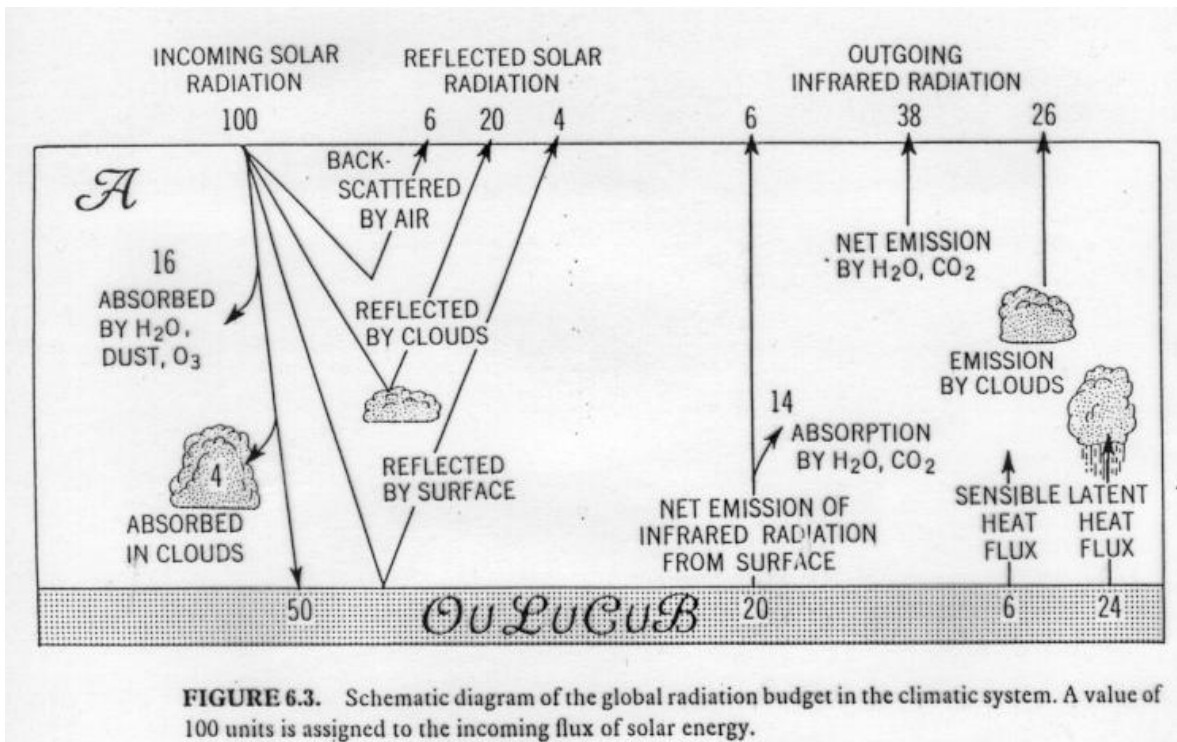
y los continentes, por lo que el agua dulce no es una fracción separada, sino que es una componente de los océanos que parte del tiempo está circulando con bajos contenidos salinos sobre la superficie continental. Es a este proceso que se le

Gráfica 1

llama el "ciclo hidrológico".

El agua dulce en el mundo además, no está distribuida de manera uniforme. Para llegar a la superficie de los continentes en la forma de lluvia, el agua debió haber realizado un proceso de evaporación, traslado en forma de nubes y precipitación a partir de la energía solar. Esta energía solar que llega a la tierra corresponde más o menos a 1,300 trillones de kilocalorías anuales.

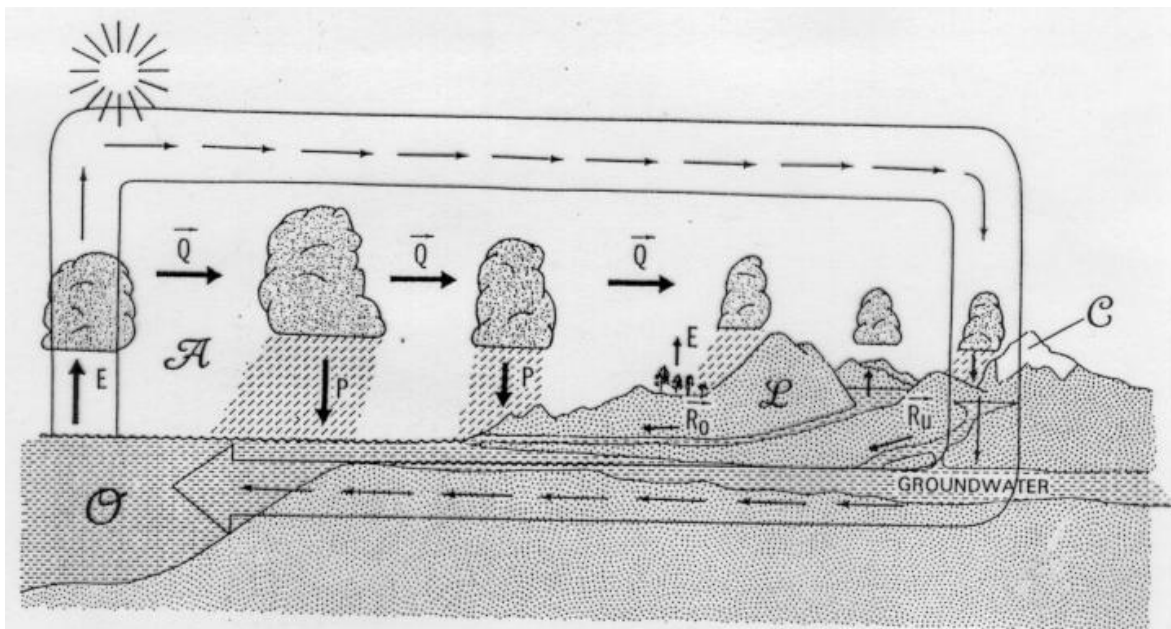
Un treinta por ciento de esta energía es reflejada otra vez fuera de la Tierra por el albedo en forma de luz visible. El resto tiene como primera función calentar el agua marina para mantenerla en estado líquido, y luego a la atmósfera y con ello evaporar el agua y moverla junto con las masas de aire.



Se utiliza pues en estas dos funciones el resto de la radiación solar. Solamente una fracción menor a un milésimo de esa energía es finalmente transformada en biomasa (Producción Primaria) por la acción de la fotosíntesis (Anexo 3). Después de todas estas funciones, la energía se despidió de la Tierra en la forma de radiación infrarroja, con una larga longitud de onda.

Una idea de la intensidad de la energía que recibimos desde el sol, la da el hecho que toda la energía fósil comprobada y probable que hay en el subsuelo equivalen a unos 100 trillones de Kilocalorías, lo que corresponde al monto de la energía solar que llega a la Tierra en menos de un mes.

Esta energía evapora agua superficial de los océanos, mares, ríos, lagos y lagunas, así como de la superficie del suelo y de los vegetales y animales que recibe la luz del sol, y le hace cumplir el citado ciclo.



**FIGURE 12.1.** Schematic diagram of the atmospheric and terrestrial branches of the hydrological cycle showing the importance of evaporation  $E$ , advection of water vapor in the atmosphere  $Q$ , precipitation  $P$ , river runoff  $R_0$ , and underground runoff  $R_u$ .

La energía que tiene acumulada el agua evaporada, se condensa en la estratosfera en forma de nubes a razón de 1,400 km cúbicos por día, unos 518 mil kilómetros cúbicos por año y una vez que se dan las condiciones meteorológicas, se descarga esa energía en forma de lluvia al precipitar en los continentes u océanos y termina perdiéndola al golpear contra la superficie del mar, del suelo o sobre la vegetación. La

energía cinética que trae el agua precipitada es la principal causa de la

**Cuadro 1.**

CICLO HIDROLÓGICO	POR AÑO		POR DÍA	
	MAR	TIERRA	MAR	TIERRA
En kilómetros cúbicos	518,000		1,419	
EVAPOTRANSPIRACIÓN	456,000	62,000	1,249	170
LLUVIA	410,000	108,000	1,123	296
ESCURRIMIENTO AL MAR		46,000		126

llueve.

A los continentes le llegan por precipitación 108 miles de kilómetros cúbicos de agua, 62 mil vuelven a evaporarse y los 46 mil restantes

erosión geológica y geomorfológica. El efecto erosivo sobre los suelos depende del porcentaje de cobertura vegetal existente, del estado de conservación y tipo de suelo sobre el que

vuelve al mar por escurrimiento superficial o subterráneo, si no hay diferencia en la recarga de acuíferos (Cuadro 1).

El suelo es el primer filtro del agua, y la cosecha superficial y subterránea depende de la salud fisicoquímica y biológica del suelo así como de su cobertura vegetal.

Una vez sobre los continentes el agua se mueve por los lugares que le permiten la configuración geográfica, geológica y edafológica, cumpliendo con las leyes de la gravedad y por los caminos formados por la memoria histórica del agua sobre el paisaje (Antón 2002). Este movimiento puede preverse conociendo la forma de los terrenos, fundamentalmente la conformación de las cuencas hidrológicas y es lo que permite su manejo, conservación y utilización en periodos diferentes a los de lluvias por medio de la infraestructura que se construye con ese fin.

### Las dimensiones del gasto del agua en la economía

La demanda total de agua en el mundo es de 4.2 por  $10^{12}$  metros cúbicos al año, mientras que el volumen de agua accesible, del total de agua dulce disponible es de 5.0 por  $10^{13}$  metros cúbicos, es decir que el inventario accesible permitiría el consumo actual de agua por doce años seguidos o se puede entender que hay doce veces más agua dulce disponible que la actualmente necesaria para la humanidad. Sin embargo es claro que la distribución sobre los continentes es desigual y la concentración de la población en mega ciudades, que no se establecen necesariamente en sitios con agua suficiente, hace que este exceso aparente no se exprese en ciertos sitios sobrepoblados o con un uso excesivo en áreas agrícolas.

A continuación se describe la distribución del agua en el mundo, entre océanos y agua dulce.

**Cuadro 2**

AGUA	
TOTAL DEL MUNDO (ATM)	$1.4 \times 10^{18} \text{m}^3$
DULCE (AD)	$3.8 \times 10^{16} \text{m}^3$
DULCE DISPONIBLE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	$8.4 \times 10^{15} \text{m}^3$
DULCE ACCESIBLE (ADA)	$5.0 \times 10^{13} \text{m}^3$
DEMANDA GLOBAL (DG)	$4.2 \times 10^{12} \text{m}^3$
ADA/ATM	Aprox. 1/30000
ADA/DG	Aprox. 12

En el cuadro 2 se observa que el agua dulce accesible (ADA) del mundo es una fracción infinitesimal del total de agua (ATM) (1/30,000). A su vez, la demanda global (DG) de la población está usando la duodécima parte de toda esa agua accesible.

Los estudios de los requerimientos de agua, demuestran que el principal gasto de agua que realiza la población es el de la escorrentía necesaria para diluir y extraer el agua servida de las ciudades, las industrias y la agricultura.



Por ello los niveles de crisis de agua no se refieren al consumo directo, sino al del total de lluvias. Se expresó anteriormente que el requerimiento promedio de agua para que no exista un stress periódico de la población debe ser de 1,700 m<sup>3</sup> por persona por año. Con lluvias menores a esta cifra per cápita se tendrán crisis periódicas y con menos de 1,000 m<sup>3</sup> al año el stress es crónico. En México el promedio per cápita es de 4,600 m<sup>3</sup> al año, de manera que se puede considerar que está fuera del nivel de stress, aunque eso no sea cierto para las grandes ciudades, ni para áreas de riego.

De los 108 mil kilómetros cúbicos que llegan a los continentes, se vuelve a evaporar un 60% por efecto nuevamente de la energía solar. El agua realmente disponible es pues de alrededor del 40% (42 mil km<sup>3</sup>) y de ella se utiliza un monto de 4.2 miles de kilómetros cúbicos, de los cuales menos de una quinta parte (760 Km. cúbicos) se extrae de aguas subterráneas.

Para hacer un uso sustentable del agua es necesario usar su propia energía gravitacional para moverse, es decir de arriba para abajo. Esta conclusión tan simple no parece haber sido entendida por la mayor parte de la humanidad, porque se gastan millones de toneladas de combustible fósil y energía eléctrica para subir el agua del subsuelo para el riego y el consumo doméstico o industrial.

### **La oferta y demanda mundial del agua**

De la treinta mil avas parte del agua total disponible, la mayor parte de la humanidad la usa como agua de lluvia para la agricultura. En ninguno de los pasos enumerados, el agua tiene valor económico, si bien en todos los casos se debe considerar un bien de uso. El agua de lluvia caída directamente en un campo será parte de la economía en la fracción correspondiente que ayude en el desarrollo de la producción agrícola, pero sin costos para el productor. El resto seguirá su camino a través de las corrientes de agua hasta llegar a algún lago o al mar sin participar de la actividad económica.

¿En que momento entonces pasa el agua a tener valor de cambio y valor? Es en el momento que se le agrega algún tipo de trabajo humano, energía y capital.

Si tomamos como ejemplo el agua de un río cualquiera, ella no contiene ningún trabajo acumulado, porque su existencia en el río o su precipitación es resultado del movimiento que le agregó la energía solar. Ese movimiento es natural y no producto del trabajo humano. Por lo tanto el agua sobre un río, lago o laguna, no tiene valor intrínseco del punto de vista económico, salvo que este proceso termine en una

represa. En ese momento el agua pasa a tener valor intrínseco al ser cosechado artificialmente.

El hecho de que no tenga valor económico no significa que no tenga precio. Puede tener precio si alguien se lo apropia y la vende o comercia su derecho de uso. Sin embargo esta apropiación tiene una valoración diferente a la del trabajo acumulado de las mercancías convencionales.

Una vez disponible para los seres humanos en la forma de agua fluente sobre la superficie de la tierra y en condiciones naturales; pero conservada en forma artificial, en lugares específicos para el uso humano; el agua pasa entonces a tener valor trabajo acumulado.

El trabajo de traerla hasta la ciudad y los hogares, requiere de infraestructura, trabajo humano y energía fósil o eléctrica, así como la organización política del Estado y municipios. Todo ello hace que el agua en estado natural, que hasta el momento anterior no tenía valor intrínseco, pase ahora a tenerlo.

Así, el agua sin cambiar para nada su composición físico química, ni su valor biológico como componente obligado de la biodiversidad, sí ha cambiado su valor económico.

El agua en las llaves de las casas ha tenido un cambio cualitativo, ya no es agua natural movida por la energía solar en su ciclo hidrogeológico, sino que ahora, previo proceso de potabilización, se utilizó trabajo acumulado en infraestructuras para moverla y tenerla a disposición, trabajo vivo actual e insumos intermedios, de los cuales el más importante es la energía en cualquiera de sus formas.

Quiere decir que cuando hacemos abuso del agua, debemos pensar que no se pierde el líquido elemento, que, aunque es muy valioso para la vida, cada gota o molécula es siempre la misma, y va a ser la misma por millones de años, por lo que seguramente seguirá siendo utilizado por otros seres vivos. Lo que se pierde definitivamente en cambio es la energía, la parte proporcional de la infraestructura y el trabajo utilizados para llevarla desde sus fuentes naturales hasta la casa, la producción industrial o el cultivo que la esté desperdiciando.

El agua es el único bien que directa o indirectamente participa en la totalidad de los procesos industriales y agropecuarios. La característica del mercado mundial del agua es que, a diferencia de todos los bienes comerciados en el mercado global, ella casi no se intercambia económicamente entre países para su uso productivo.

En general los intercambios internacionales de agua son una fracción muy pequeña del consumo total de cada país. El transporte de agua para la producción no es económicamente rentable. Cuando no existe

agua en un sitio, no es posible instalar una industria que la requiera, aún cuando se dispusiese del resto de los insumos.

El movimiento de agua de los ríos que corren entre países no se negocia como mercancía sino que se concerta en términos de un reparto de volúmenes, pero no hay un mercado del agua internacional propiamente dicho.

Los flujos compartidos entre países cuyo origen está fuera de sus fronteras se pueden observar en el cuadro 3 en porcentaje del agua utilizada interiormente:

**Cuadro 3.**  
Flujo compartido con origen fuera de fronteras <sup>1</sup>

País	%
Turkmenistán	98
Egipto	97
Hungría	95
Mauritania	95
Bostwana	94
Bulgaria	91
Uzbekistán	91
Países Bajos	89
Zambia	86
Camboya	82
Siria	79
Sudán	77
Níger	68
Irak	66
Bangla Desh	42
Tailandia	39
Jordania	36
Senegal	34
Israel	21

Pero el mercado mundial del agua, como se observó, está determinado por su uso y sobre todo su costo y subsidios y lo que se comercializa a nivel internacional no es el volumen del líquido, sino su valor en las mercancías, lo que algunos autores dieron en llamar agua virtual o insumo directo e indirecto (Chapagain 2004).

Así, cuando un producto agropecuario entra al mercado mundial, será más o menos competitivo si su costo de agua fue lo suficientemente bajo para que no impacte en su costo total.

Lo mismo sucede, pero en menor escala con los productos industriales, aunque en estos casos el costo del agua es menos perceptible.

En el agua potable municipal, ésta tiene como objeto principal el consumo directo de la población y en menor proporción para la industria, servicios públicos y privados. En su mayor parte, el uso domiciliario del agua no integra su valor al costo de nuevas mercancías como un insumo productivo, por lo tanto tampoco al mercado local, nacional, ni mundial. El precio del agua en una ciudad cualquiera no afecta directamente el estándar de vida o el precio del agua de los habitantes de otra ciudad en el resto del mundo. Aún cuando se utiliza agua municipal en procesos productivos, su costo unitario es tan bajo por unidad de producto industrial, que su efecto económico es poco notable en el mercado internacional.

El agua agrícola por el contrario, se integra de inmediato a los costos de producción de los granos y carne, así como a los insumos agroindustriales, de modo que cualquier subsidio o impuesto que tenga integrado a su precio incidirá inmediatamente en el mercado mundial.

<sup>1</sup> <http://www.lenntech.com/espanol/irrigacion/Irrigacion-calidad-agua.htm>

Ello debido a que cada unidad de producto agropecuario requiere mucho más agua que el resto de los bienes industriales. Por ejemplo, un kg. de carne bovina incorpora quince mil litros de agua para su producción en todo el ciclo, incluyendo el agua consumida por día y el agua usada para producir los granos y forrajes con los que se alimentó.

Los subsidios destinados al agua agrícola pesan mucho en la producción debido a que los volúmenes utilizados por unidad de producto agropecuario es muy alta, tanto que muchos cultivos dejarían de ser rentables si los usuarios tuvieran que pagar por el costo real del agua, el cual muchas veces es mayor al valor de la producción, como se verá más adelante.

Es decir que una parte importante de la producción agropecuaria es rentable en función de que el agua, los insumos y las inversiones para extraerla no se cobran o tienen un precio subsidiado.

Por ello el tema del agua agrícola es más sensible que otros destinos, a las variaciones en las políticas públicas. Ello derivado de los factores ya mencionados:

1. El hecho de que el agua sea el bien económico más básico y universal, sin duda el más importante de los bienes básicos.
2. Que en la agricultura, su precio incide de inmediato en el mercado mundial, sobre todo ahora que está globalizado.
3. Que existe un gran sector campesino que mantiene determinadas producciones gracias al enorme subsidio al agua, por lo que un cambio en su precio determinará una inmediata reducción en estos cultivos y por lo tanto problemas sociales de magnitud inimaginable, como pudo constatarse con el precio del maíz y la tortilla a comienzos del año 2007.
4. Que el precio unitario casi nulo del agua subterránea, genera la sobreexplotación de los mantos acuíferos de los desarrollos agrícolas establecidos en zonas áridas.

Cualquier decisión sobre el agua pues, tanto en políticas restrictivas de su uso, como el cambio de precios, incidirá en estos cuatro factores y sobre todo en el mercado mundial de los productos agropecuarios.

Por la primera causa, los gobiernos no dudan en subsidiar su consumo municipal. Por la segunda causa quienes más pierden con los subsidios al agua son los países subdesarrollados, porque quienes más aplican subsidios son los países desarrollados y ello, junto al alto nivel tecnológico hace que muchos de sus productos entren al mercado a precios más competitivos que los de países con menor nivel tecnológico.

Por la tercera causa los gobiernos dudan en reducir los subsidios al agua en los países subdesarrollados, y como resultado se obtiene el uso indebido de los volúmenes de agua que provocan, entre otras cosas, la agudización de la cuarta situación de sobreexplotación.

El agua que se ofrece por parte de empresas a los consumidores, tanto sean para tomas domiciliarias como para la industria, el comercio, los servicios o la agricultura, ha sido generalmente un servicio que estuvo a cargo de los gobiernos.

Hace algunos años comenzó a considerarse en algunos países la importancia de privatizar el servicio del agua como forma de combatir el desperdicio por medio de su valorización en el mercado.

En la actualidad no son solamente los servicios públicos quienes abastecen a la población del agua, sino que un importante número de empresas del agua comienzan a hacer su aparición para competir por la distribución o por servicios conexos. Sin embargo estas se dedican a dos tipos de servicios, la venta de agua potable embotellada o la administración de ciertos sectores de los organismos públicos del agua, lo que en algunos países se llama "tercerización".

### ***Precipitación, disponibilidad y extracción de agua***

El cuadro 4 siguiente nos muestra como se distribuyen las precipitaciones, el agua disponible y la extracción en los diferentes países del mundo.

**Cuadro 4**

INDICADORES INTERNACIONALES

País	Extensión territorial (miles de km <sup>2</sup> )	Población 2000 (millones de hab)	Precipit. (mm/año)	Agua disponible (km <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural base media per-cápita** (m <sup>3</sup> /hab/año)	Extracciones de agua per-cápita** (m <sup>3</sup> /hab/año)	Extracción Total Bruta de Agua (km <sup>3</sup> )	Usos (%)				
								Agropecuario	Abastec. Público	Industria Autoabast.	Agua potable	Alcantarillado
Brasil	8 500.0	170.1	1 758	5 418	32 256	323	55	61	21	18	82	67
Canadá	10 000.0	30.7	493	2 740	91 567	1 466	45	9	11	80	99	95
China	9 600.0	1 300.0	648	2 812	2 257	405	526	77	5	18	90	21
Egipto	1 000.0	63.8	18	2	930	862	55	86	6	8	94	87
España	506.0	39.4	684	112	2 844	914	36	69	13	18	99	100
Estados Unidos	9 400.0	281.6	685	2 460	8 906	1 591	448	27	8	65	100	100
Francia	551.5	58.9	870	180	3 258	696	41	12	15	73	100	79
Indonesia	1 900.0	210.4	2 700	2 838	13 709	352	74	93	6	1	69	54
México	1 964.0	98.7	772	469	4 685	725	73	78	13	9	88	76
Turquía	774.8	65.3	647	196	3 162	551	36	73	16	11	80	87

Fuentes: CNA a partir de fuentes de Banco Mundial, OCDE, Censos de Pob. Y Viv., INEGI, SUIBA, AQUASTAT.

China es actualmente el mayor consumidor de agua dulce del mundo, más que Estados Unidos, sin embargo y a causa de su gran población tiene una extracción bruta per cápita menor que la de México.

Existe una vinculación importante entre el ingreso per cápita y la extracción total de agua como se observa en el cuadro 5.

La correlación entre PIB per cápita en dólares con la extracción de agua per cápita es de 0.89, mientras que con el porcentaje de uso agropecuario del agua es del mismo nivel pero negativo (-0.88).

Esto quiere decir que el consumo de agua es proporcional al ingreso medio de la población, mientras que la fracción del agua de uso agropecuario sobre el total de los destinos del agua es un indicador de bajo desarrollo económico.

**Cuadro 5. OCDE 2006**

Pais	Población 2000 (millones de hab)	PIB (millones de USD)	PIB per-cápita (USD/hab)	Extracciones de agua per-cápita** (m <sup>3</sup> /hab/año)	% Agropecuario
Brasil	170.1	760 345	4 470	323	61
Canadá	30.7	612 049	19 936	1 466	9
China	1 300.0	991 203	763	405	77
Egipto	63.8	92 413	1 449	862	86
España	39.4	562 245	14 270	914	69
Estados Unidos	281.6	8 708 870	30 926	1 591	27
Francia	58.9	1 410 262	23 943	696	12
Indonesia	210.4	140 964	670	352	93
México	98.7	474 951	4 871	725	78
Turquía	65.3	188 374	2 885	551	73

Fuente: OCDE 2006

¿Cual es entonces el verdadero problema del agua?

El primer y principal problema se presenta cuando se utiliza un mayor volumen que el que precipita naturalmente en la cuenca respectiva. Esta situación se hace más

compleja a partir de otros cuatro factores.

Uno de ellos, es causado por la humanidad pero no controlable a nivel de cuenca por los humanos. Se corresponde con el cambio climático, el cual hace que varíe la intensidad y volumen de las precipitaciones en cada región o localidad y por lo tanto puede llover a veces menos y a veces más que lo que requiere la población de una cuenca.

El segundo es el nivel de contaminación que provocan las actividades humanas sobre el ambiente y que el agua, por ser el diluyente universal, recibe y recicla. La contaminación proviene del sector agropecuario, la industria y de fuentes municipales. Una cuenca puede contaminarse por efecto de poblaciones que, aguas arriba, no realizan un adecuado manejo de las aguas de desecho.

Para que un material orgánico contaminante deje de serlo, necesita pasar por un proceso de degradación, para lo cual el agua es el principal componente químico biológico que le permite pasar de ser contaminante a material reutilizable o ecológicamente útil o neutro.

Para el caso de los contaminantes no orgánicos, estos pueden ser compuestos de minerales sólidos o líquidos, o de metales. En estos casos la participación de los suelos es esencial para neutralizar su acción contaminante.

Un tercero es la destrucción de las superficies de cosecha del agua, lo que reduce la infiltración e incrementa la velocidad del agua sobre la superficie, arrastrando un porcentaje de sedimento mayor que el normal.

Ello hace que, aunque las precipitaciones sean suficientes, la capacidad de almacenamiento del suelo y del subsuelo se reduce y las reservas son menores para ser utilizadas por la población de la cuenca.

A su vez, las cuencas se van degradando en la medida que, debido a esa reducción de la infiltración en el suelo, no se realicen acciones de reparación para impedir el movimiento de los sedimentos con las corrientes de agua.

El cuarto factor de los conflictos que se generan con el agua, es su uso productivo. El agua es el único componente que participa del 100% de los bienes y servicios producidos por el ser humano. No existe ningún producto que no requiera del agua en algún punto de su proceso productivo.

Así, existe una competencia por el uso del agua que tiende a ir hacia las producciones de mayor valor agregado, a no ser que los subsidios tiendan a distorsionar los movimientos económicos de los diversos usos del agua, como sucede en muchos países, entre ellos el nuestro.

De manera que, en todos los casos, los problemas del agua son resultado de acciones humanas sobre las fuentes de extracción, de las áreas de cosecha o de los cuerpos receptores y aún sobre el clima.

Del total citado de agua accesible del mundo, de  $4.2 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>, 2.9 de ellos se destinan al riego, 1.0 al consumo industrial y 0.3 al municipal. De estos números, entre China y EUA consumen el 24.5% del total, el 30.0% del agua destinada a la industria y el 26.7 % de la municipal, lo que representa el 26.2% del consumo mundial. México participa aproximadamente con el consumo promedio del mundo, con base en su población, ya que absorbe el 1.8% del consumo total de agua con una población del 1.7% del mundo (cuadro 6).

<b>Cuadro 6 Uso Global del Agua (km<sup>3</sup>)</b>							
Sector	Mundo	EUA	China	EUA/Ch	%	México	%
Agrícola	2,90	0,19	0,52	0,71	24,5	0,063	2,2
Industrial	1,00	0,21	0,09	0,3	30,0	0,009	0,9
Municipal	0,30	0,06	0,02	0,08	26,7	0,003	0,8
Total	4,20	0,47	0,63	1,1	26,2	0,074	1,8
% del agua mundial		11,2	15,0	26,2		1,8	

Fuente: OCDE 2006

## **Las Cuencas Hidrológicas**

Se denominan cuencas hidrológicas a las provincias fisiográficas cuyos límites se definen por los puntos de división de las aguas (INE 1999), es decir el límite teórico donde una gota de agua se divide hacia dos lugares opuestos. Tiene como características el que los cauces de agua

van siempre hacia un mismo punto que junta el agua de toda la cuenca. Este cauce final puede ser un río que termine en el mar, con lo que se denomina una cuenca abierta, o una laguna con lo que se está en presencia de una cuenca cerrada o endorreica.

Las cuencas están compuestas por subcuencas que en conjunto conforman la cuenca hidrológica mayor, estas subcuencas se organizan a partir de cuencas subsidiarias menores, y estas a su vez de microcuencas. Estas cuencas hidrológicas mayores, subcuencas, cuencas subsidiarias y microcuencas tienen áreas muy variadas. En paisajes muy planos, una microcuenca puede tener una superficie mayor a la de una cuenca subsidiaria o una subcuenca de una región muy quebrada. De manera que cada uno de estos conceptos es relativo en términos de superficie y tendrá que ser definido en cada región en concreto (Granados 2005).

La característica de las cuencas hidrológicas y sus componentes, es que el agua que cae en esa cuenca va a ser casi siempre la única de la que dispondrán los seres humanos y la biomasa existente en esa región delimitada y por lo tanto también los habitantes de la región, salvo que se transfiera el líquido de otras cuencas.

No toda el agua que llueve en una cuenca esta disponible, la mayor parte se evapora nuevamente, desde el suelo o por la transpiración del follaje vegetal.

David Seckler (1996) en su trabajo sobre lo que él llama una Nueva Era para el manejo de Recursos Hídricos describe las tres cosas que pasan con el agua en una cuenca:

En primer lugar parte se pierde por evaporación de las superficies abiertas y por evapotranspiración de plantas. En segundo lugar, el resto del agua drena sobre la superficie o al subsuelo. En tercer lugar, el agua puede ser contaminada, y estos contaminantes se concentrarán por evaporación.

Durante este proceso el agua puede ser utilizada y re usada por los seres humanos. Esta agua no está perdida en términos físicos. El agua "perdida" puede ser empleada por otros individuos o terrenos cuenca abajo. Aunque la dejemos escurrir, siempre será usada por otros consumidores en el sistema. El agua de riego rodado que no se utilice en el predio puede ser aprovechada aguas abajo por otro productor y la eficiencia total se irá aproximando al 100%.

La vida necesita del movimiento del agua pero participa en todo ese proceso indirectamente, transpirando el agua con ayuda de la energía solar, y generando microclimas que aceleran la evaporación o generan



temperaturas que permiten o retrasan la precipitación en determinados lugares.

Para el ser humano, el agua dulce es siempre un bien de uso, aún cuando está en forma de humedad y no pueda ser aprovechada totalmente durante su ciclo hidrogeológico. El agua dulce o fresca se aprovecha cuando está en forma líquida sobre la superficie de los continentes, cuando cae sobre los cultivos o cuando se concentra en sus lugares naturales de acumulación. Es en el proceso en el que el flujo del agua pasa por sobre los terrenos, que el ser humano aprovecha el líquido. No la usa ni en forma de hielos eternos, ni de humedad atmosférica, salvo casos excepcionales, ni cuando está formando nubes, ni aún cuando esta precipitando como lluvia y se utiliza, salvo excepciones, como agua fresca durante su ciclo sobre el suelo continental.

Para que se tenga una visión complementaria del tema se puede observar como en las trece regiones administrativas en que se divide el país (cuadro 7), se tienen cifras que van desde 5.1 miles de metros cúbicos por hectáreas por año en la región península de Yucatán, hasta 25.6 miles de metros cúbicos por hectárea por año en el Golfo Centro. Esto significa que el grosor de agua utilizada por ha. fue en Yucatán de 51 centímetros, contra 2.56 metros en Golfo Centro.

Dentro de la región Pacífico Sur existen distritos de riego como el 057, Amuco Cutzamala, de Guerrero, cuyo grosor promedio entre 1990 y

Cuadro 7 Región Administrativa / Distrito de Riego	LÁMINA DE RIEGO PROMEDIO 1990 - 2002						
	MÉXICO			Agua Total			
	cm Riego	% Subterr.	tmca	cm Lluvia	cm Total	desv est	CV
I PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA	112.5	39.2	0.7	18.3	130.8	10.7	9.5
II NOROESTE	87.7	31.8	1.0	39.7	127.5	5.8	6.6
III PACÍFICO NORTE	101.5	6.1	-0.5	59.7	161.1	11.1	11.0
IV BALSAS	196.5	2.4	0.8	83.8	280.3	10.2	5.2
V PACÍFICO SUR	187.7	0.0	0.2	116.8	304.5	18.1	9.7
VI RIO BRAVO	80.9	9.8	2.0	37.2	118.2	18.4	22.7
VII CUENCAS CENTRALES DEL NORTE	154.6	0.0	3.8	41.5	196.1	18.9	12.2
VIII LERMA SANTIAGO PACIFICO	96.8	16.9	0.9	60.4	157.2	7.6	7.9
IX GOLFO NORTE	93.7	3.3	-0.7	69.2	162.9	10.7	11.4
X GOLFO CENTRO	255.7	0.0	-0.1	178.9	434.6	26.4	10.3
XI FRONTERA SUR	130.0	0.0	-0.4	208.3	338.3	9.1	7.0
XII PENINSULA DE YUCATAN	51.4	100.0	0.3	113.7	165.1	9.6	18.7
XIII AVM Y SISTEMA CUTZAMALA	171.3	0.0	0.6	70.0	241.3	8.2	4.8
TOTAL	107.14	13.1	1.0	77.1	184.2	12.7	6.9
100 cm = 10,000 M3/HA	Fuente CNA, SUIBA. 2005						

2002 fue de 3.3 metros, con años en que se gastó hasta 3.7 metros. Cifras similares se observan en los distritos del Estado de Colima (2.8 metros), 097 Lázaro Cárdenas, Mich. y 016 Edo. de Morelos con 2.3 metros, 093 Tomatlán, Jal.

3.3 metros, 082 Río Blanco, Ver. 3.1 metros, y otros varios con cifras mayores a 2.0 metros de grosor.

El gasto de los distritos de riego como los citados son innecesariamente altos, tomado en cuenta que el gasto promedio del país es de 1.1 metros, que representan 11.000 metros cúbicos de agua por ha; cifra que es exageradamente elevada para los requerimientos de los cultivos, ya que la mayoría de ellos recibe también el aporte de la lluvia con un promedio de 7,000 metros cúbicos por ha.

El promedio de uso del agua por kg. de grano, con un gasto de 1.1 metros en cultivos como el maíz o trigo, es de 2.5 y 3.0 miles de litros por kg. de materia seca de granos. Con un gasto de 3.3 metros como las citadas, el gasto por kg, debe rondar los 8 mil litros por kg. de grano, agua que podría ser utilizada en una superficie tres veces mayor, aún manteniendo los mismos niveles de ineficiencia.

Entre las regiones administrativas, la de mayor consumo tiene un gasto cinco veces superior que el consumo de la del límite inferior. En el nivel de distrito de riego, las variaciones son de diez a uno. ¿Qué explicación puede tener este diferencial que está mostrando el desperdicio de recursos?

En principio la explicación está relacionada con el subsidio al agua de riego. Tanto el agua de las represas, como el agua del subsuelo se consideran bienes comunes por lo que se ha considerado innecesario, como política pública, el pago de los costos de almacenamiento y de distribución. Existe una política pública bien definida que establece que el agua es un recurso que debe ser aportado con el menor costo para los agricultores para hacer rentable las producciones agropecuarias.

Esta es la principal causa del uso consuntivo innecesario. Al aportar el insumo agua en forma gratuita, casi gratuita o con cualquier nivel de subsidios, estaremos permitiendo que se consuma agua en un nivel superior al que se utilizaría cobrando el costo real de abastecimiento. La curva de oferta del agua subsidiada se corre hasta un punto en que el consumo es mayor al que requieren económicamente los cultivos.

Toda el agua que se extrae por medios artificiales y gasto de energía fósil para ser usada por los agricultores, pero que excede los requerimientos del cultivo, es agua desperdiciada y el desperdicio está en relación con el subsidio otorgado. Habrá que observar en forma concreta, qué razones hacen que, por unidad de superficie, se gaste volúmenes de agua con diferencias entre cinco y diez veces entre distritos de riego.

Es necesario un estudio específico en los distritos de riego analizados para conocer las razones por las que se gasta un exceso de agua. Se podrán obtener las causas y las soluciones para reducir el consumo innecesario. Así, el agua que se ahorre será consecuencia de un manejo técnico y económicamente más sustentable.

El principal uso fisiológico del agua por parte de las plantas es la transpiración con el fin de mantener su temperatura. El resto del agua se evapora en las áreas sin cobertura vegetal. Ante esta situación debemos preguntarnos si realmente estamos haciendo uso sustentable del recurso agua, y sobre todo de los recursos materiales y humanos asociados al almacenamiento, extracción y distribución del agua.

Además aunado a ello, el exceso de agua diluye sales y arrastra sedimentos de una parte del suelo por donde escurre y lo deposita aguas abajo, reduciendo la fertilidad arriba y dejando salinizadas áreas de depósito. Es decir que usando energía fósil sacamos el agua del subsuelo, y de ella se evapora más del 50%, para luego volver otra parte al subsuelo contaminada por los elementos que diluye a su paso por los horizontes del suelo. El agua que se evapora y que se vuelve a infiltrar no se pierde, aún cuando no tenga un uso productivo, alimentará otra parte de la flora y fauna natural o exótica que esté presente en el lugar. Y el agua que se evapora tampoco se pierde, porque será transportada en la atmósfera y formará parte de las nubes y la lluvia y por lo tanto continuará con su ciclo hidrológico. Pero el agua que no se utilice, tanto la que se infiltra como la que se evapora fue transportada por un exceso de energía fósil, por ello, lo único que se pierde definitivamente durante este proceso es la energía usada para moverla. Y esta situación también se corresponde con el caso de las represas. El uso incorrecto del agua de las presas estará haciendo desperdiciar tanto los recursos utilizados para su construcción, como el costo ambiental y social asociado a los terrenos inundados por el espejo de agua.

Una característica que sobresale en el análisis de los cuadros de gasto de agua en los distritos de riego del país es la gran variabilidad en las cifras de algunos distritos. Esta variación, en ciertas regiones administrativas, es de 20 a 30 % más alta o más baja respecto de la media del gasto de la década. Por otro lado hay distritos con láminas de agua de dos a tres metros de grosor, en los cuales deberán controlarse el gasto en forma emergente para que no haya uso del agua en esas regiones, en primera instancia por medios normativos. Este alto coeficiente de variación en el uso del agua para los mismos cultivos es un indicador de desperdicio, porque significa que hay años que se gasta más que otros sin que cambie sustancialmente la productividad.



## **CAPÍTULO 2. EVOLUCIÓN GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL PAÍS**

### **Uso consuntivo, uso necesario y desperdicio del agua**

La Comisión Nacional del Agua define como uso consuntivo al volumen consumido de agua de determinada calidad, al llevar a cabo una actividad específica; la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad determinada que se descarga. (CNA, LAN, 2004). Es una medida que está relacionada con el total de agua que pasa por el proceso que lo utiliza, sea este agrícola, industrial o municipal, es decir doméstico. Solamente existe el concepto uso consuntivo cuando se utiliza agua de fuentes artificiales, es decir de presas, o de lagos, así como la extraída por medio de bombas hidráulicas. No se habla de uso consuntivo cuando el agua la provee la lluvia.

El agua no utilizada o desechada puede ser aprovechada por otros productores o usuarios aguas abajo. Sin embargo la parte llamada uso consuntivo es en realidad el agua que se evaporó a través de algún proceso biológico o directamente del suelo, o se infiltró al subsuelo. Toda el agua que no estuvo en alguno de los anteriores procesos se transforma en agua de desecho, casi siempre superficial, antes que se integre a las corrientes naturales o penetre al desagüe municipal.

El uso consuntivo se refiere al agua que tuvo un uso productivo, aun cuando la mayor parte del agua consumida no forma parte del proceso productivo, es decir del uso necesario, porque en los hechos más de la mitad de la que normalmente se emplea, es agua desperdiciada. Y usarse significa que la casi totalidad termine en forma de agua de desecho, evapotraspirada o infiltrada al subsuelo.

Pero además el agua no se consume físicamente, ella solamente puede llegar, usarse y desecharse. A diferencia de los combustibles, que se convierten en otros compuestos al utilizarse, el agua nunca se consume realmente, es decir nunca deja de existir como tal, porque aún cuando se transforma en materia orgánica, el agua vuelve a reconvertirse en sí misma como producto final de los procesos biológicos. Se constituye y "desconstituye" en parte de los seres vivos a un ritmo de varias veces al día. Así, el llamado gasto de agua no es en realidad un gasto en términos del conjunto de agua del mundo, como sí lo es el gasto de combustibles.

Y es justamente el uso consuntivo la parte que debemos analizar para elaborar políticas públicas con el fin de reducir su gasto. En realidad lo

que vamos a ahorrar o a dejar de gastar en última instancia no es el agua, sino la energía.

Cuando se plantea que debemos cuidarla, en realidad lo que se debe cuidar no es el agua en sí misma, sino los lugares donde ésta se deposita y se transforma en una fuente fresca de provisión para los seres humanos, pues son esos lugares que contaminamos, azolvamos o sobre explotamos, lo que da como resultado, junto con el crecimiento de la población, que haya déficit en un cada vez mayor número de cuencas y subcuencas. También se la debe cuidar porque toda el agua que llegue hasta el predio después de ser bombeada con gasto de energía fósil y no se utilice productivamente (es decir se desperdicie en evaporación o infiltración), da como resultado la pérdida de energía no renovable.

En todo el ciclo atmosférico el agua está libre de contaminantes o con muy bajos niveles de estos. Comienza a contaminarse fuertemente cuando llega al suelo y se mezcla con los desechos humanos municipales, agropecuarios e industriales.

El agua que requiere la agricultura, es la que necesitan las plantas para formar la materia verde y del punto de vista humano interesa el resultado útil de las plantas, es decir la parte comestible o la fibra vegetal. De manera que el gasto del agua se medirá con relación al volumen y valor de los productos agropecuarios y no siempre al total de materia verde producido. Solamente se utiliza esta relación cuando se trata de forraje, como la alfalfa y los pastos, o cuando se refiera a verduras en las que se utiliza el total de las hojas o la parte aérea, como ciertas hierbas o las lechugas, coles, espinacas, acelgas, etc.

El uso consuntivo (el agua incidente menos el agua excedente) es entonces el agua transpirada por la biota, es decir el total de los vegetales y animales ubicados en cada unidad de superficie e incluye además la parte evaporada del suelo y también la percolación subterránea. Dentro de la biota estarán comprendidos los cultivos y las malezas, los animales de granja, así como toda la naturaleza silvestre que utilice el agua consumida como diferencia de la extracción menos la descarga. Por ello, del uso consuntivo del agua, no todo es consumo productivo para los humanos.

El llamado gasto o uso consuntivo del agua es solamente la parte de la demanda del agua (sin incluir la de la lluvia), que se utiliza para los procesos biológicos, más la evaporación y la infiltración.

Toda el agua consumida (incidente menos excedente) que se utiliza para la producción biológica tiene un límite que llamaremos el uso necesario (del uso consuntivo total) y todo aquel que no fue requerido para la producción es un uso innecesario.

El uso necesario es más o menos constante, porque responde a los requerimientos fisiológicos de los seres vivos que necesitan los seres humanos. Por lo tanto, el uso innecesario será más grande cuanto mayor sea el uso consuntivo de agua.

El uso consuntivo puede ser surtido de dos maneras: por el movimiento hidrológico natural del agua en la superficie del terrenos, es decir usando su energía cinética provocada por la gravedad, a partir de presas, o por el movimiento forzado en contra de la gravedad, es decir, en sentido contrario a la pendiente desde ríos o lagos o por la diferencia de altura de un pozo.

En el caso de ser utilizada en el sentido de la pendiente, no existe gasto energético generado por el hombre. En cambio cuando se usa en sentido contrario a la gravedad entonces sí hay gasto de energía para moverla artificialmente.

Todo el gasto innecesario de agua, además de incrementar el costo social del agua en términos de dinero, hace desperdiciar la energía utilizada para moverla en sentido contrario a la gravedad.

Así, se podrá realizar un análisis del costo del agua desde el punto de vista del gasto energético, observando cuánta agua se utilizó, es decir cuál fue el uso consuntivo, para la producción y cuanta debió usarse realmente, es decir, cuanto fue el uso necesario.

La mayor parte del agua de riego utilizada en México y muchos lugares del mundo, es uso consuntivo innecesario. Un ejemplo es el caso del riego por aspersión, que proviene del agua subterránea generalmente. Durante el día, en regiones cálidas, el porcentaje de evaporación del agua asperjada es de más del 75%, incluyendo la evaporación de las gotas en el aire y sobre las hojas y el suelo. A ello se deberá agregar el agua que se infiltra al subsuelo y el que se evapora desde el subsuelo a través del suelo desnudo. Todos los casos anteriores son, sumados, el conjunto de lo que dimos en llamar el uso consuntivo innecesario.

De manera que;

Agua incidente = Uso consuntivo + agua excedente.

Uso consuntivo = uso necesario + uso innecesario o desperdicio.

El agua excedente puede ser utilizada por otro usuario aguas abajo, pero el agua desperdiciada por evaporación o infiltración, es decir la llamada uso innecesario, es pérdida neta de agua para la producción y por lo tanto de energía fósil. A ello hay que agregarle el correspondiente impacto sobre el medio ambiente.

Así, una parte del costo ambiental está bien definido y se relaciona con la energía gastada innecesariamente por el uso excesivo de agua.

La energía es una parte sustantiva de la producción agropecuaria moderna, es decir que de no haberse gastado energía fósil, no estaría en los niveles actuales de productividad y no se podría estar alimentando a la población de más de seis mil millones de habitantes.

En el cuadro 8 se observa cuanta energía se utiliza hoy y cuanta se utilizaba hace cincuenta años para producir una unidad de energía de alimentos. Según Naredo y Campos (1980), una estimación del gasto energético en menos de treinta años en la agricultura española, muestra que de casi seis unidades netas de energía que se lograban producir por cada unidad invertida en la agricultura en la década de los 50, se pasó a generar 0.75 unidades por la misma unidad de energía invertida hacia fines de los setenta.

### Cuadro 8

**Valor energético de los insumos externos de la agricultura y de la producción agrícola neta de la agricultura española.**  
10<sup>12</sup> kilocaloría/año

Insumos	Media	Media	Crecimiento
	1950 - 1951	1977 - 1978	%
Fertilizantes	2.46	17.48	725.0
Maquinaria	0.11	2.9	2,630.0
Combustibles	0.90	26.42	2,930.0
Electricidad	0.52	2.44	469.0
Pesticidas	0.43	1.90	441.0
Piensos importados		30.81	NA
<b>TOTAL</b>	<b>4.42</b>	<b>82.31</b>	<b>1,862.0</b>
<b>Producción</b>			
Vegetal	26.97	49.22	183.0
Animal	3.44	12.59	366.0
<b>TOTAL</b>	<b>30.41</b>	<b>61.68</b>	<b>203.0</b>
Relación Producción/ Insumo	<b>6.88</b>	<b>0.75</b>	<b>9.2</b>

Fuente: Calculado a partir de Naredo y Campos, 1980.  
Citados por Martínez Alier y Schüpmann. La Ecología y la economía.  
FCE. Méx. 1997

Como se observa en la tabla, el incremento en la energía gastada en la agricultura española con el uso de insumos industriales, hace que en términos de fertilizantes, se gaste más de siete veces que treinta años antes, mientras que en términos de combustibles y de maquinaria el gasto energético es 26 a 29 veces mayor. Esto no solamente es indicador del gasto energético incrementado sino de la reducción en el

empleo del sector agropecuario, ya que esta productividad se logra a costa de la sustitución de mano de obra por maquinaria e insumos industriales.

Esta situación no es exclusiva de la agricultura española, sino que por el contrario es la regla en el gasto energético mundial en la agricultura. Y no está excluida de este proceso de gasto incrementado el uso del agua en la agricultura. El riego de comienzos del siglo XX se realizaba por gravedad a partir de canalización de los ríos, mientras que en el correr de la centuria se invirtieron recursos económicos y sobre todo energéticos, en la construcción de represas y de infraestructuras de pozos profundos.

Se afirma que existe falta de agua, pero en realidad lo que sucede es que hay mayor demanda en la economía que oferta natural en la cuenca



en la que se ubica esa economía. No es que el agua falte, sino que hacemos un gasto mayor del que la naturaleza puede reponer en la cuenca a través de las precipitaciones pluviales.

Por ello, cuando hace falta agua en una cuenca, el ser humano realiza obras de infraestructura para manejar su flujo, o para extraerla del subsuelo o en casos extremos traerla de otras cuencas y para todo ello utiliza la energía fósil.

El gasto innecesario será inversamente proporcional al precio de mercado y a los subsidios que se apliquen a la energía fósil. Si la energía eléctrica está subsidiada, no hay ninguna razón para que no se extraiga más agua de la ecológicamente sustentable y se sobreexploten los mantos subterráneos.

Así el gasto ambiental innecesario para el agua se estructura con los siguientes componentes:

1. Para el agua incidente
  - a. Subsidios generadores de consumo innecesario
  - b. Costo real de la energía utilizada para mover el gasto innecesario
2. Para el agua saliente
  - a. Gasto para su desalojo
  - b. Costo de limpieza del agua contaminada por diversas fuentes.
  - c. Contaminación de las áreas donde se infiltra o evapora el agua de desecho.

Pese a no haber mercado del bien agua, se pueden medir igualmente los movimientos virtuales del agua en los mercados nacionales e internacionales, ya que cuando el agua no es pagada, lo que se transfiere entre agentes económicos es el subsidio con el que se dio uso a esa fuente de agua como insumo de la producción. Si se usó agua cuyo metro cúbico cuesta un peso y se la cobró a un centavo, se están transfiriendo 99 ctvs. de subsidios con el producto obtenido por cada mil litros utilizados para su producción.

### **Incremento de la productividad agrícola del agua**

La Productividad del agua de riego depende de varios factores, pero es importante conocer que menos del uno por ciento del agua transpirada por las plantas es realmente usada para las funciones de su fisiología, el resto del agua tiene la misma función que en los organismos animales, mantener su temperatura; es para ello que los vegetales necesitan la mayor parte del líquido, para disipar el calor.

Una idea de los distintos requerimientos de agua de un mismo producto lo da el caso del tomate rojo, con el que se pueden experimentar tres

modalidades de cultivo: temporal, riego a cielo abierto y cultivo en condiciones controladas de invernaderos. El gasto de agua en condiciones de riego a cielo abierto, es de alrededor de 700 litros por kg. y en condiciones controladas de invernaderos, se puede llegar a lograr un kg. con un gasto de solamente 70 litros de agua para una misma variedad de tomate rojo.

Con esta experiencia se comprueba que, tomando como gasto mínimo el de condiciones controladas, el uso de 630 litros de agua más por cultivar en riego, se gastan exclusivamente en evapotranspiración para mantener bajas la temperatura de las plantas para impedir su desecación o colapso.

La evapotranspiración potencial obtenible (Eto) (Sekler 2001), es una valoración específica de cada cultivo y depende de la temperatura, la humedad y el viento. Habrá por lo tanto diferente Eto en invierno que en verano, en estación seca que en estación lluviosa, y si es época de vientos o no y por lo tanto será resultado de la combinación de estos factores. Ello debido a que la principal causa de transpiración es la superficie foliar. La cantidad de agua utilizada por el cultivo tiene su más alta correlación con la superficie del follaje, más que con cualquier otro indicador de producción.

En cambio la evapotranspiración actual (Eta) es la variación relacionada con los diferentes estadios de crecimiento de las plantas en cada especie. No es lo mismo la transpiración de una plántula recién nacida, que en su momento de floración o de formación de granos.

Quiere decir que el uso óptimo del agua por kg. producido de material vegetal útil al ser humano, dependerá de que explotemos cultivos que requieran poca cantidad de agua para los efectos de evapotranspiración. Por lo tanto el uso del riego convendrá realizarse de preferencia en invierno, sin viento y con humedad relativa alta.

La diferencia en la Eto entre estaciones y entre regiones es mucho más grande que la variación de la Eta entre cultivos.

Por ejemplo, la razón por la cual el consumo de agua por unidad de grano de trigo es menor que en el grano de arroz y el de la remolacha azucarera menor que la caña de azúcar por tonelada producida del dulce, la causa no es la Eta sino la Eto, es decir, no la diferencia entre cultivos sino entre estaciones o climas.

Tanto el trigo como la remolacha azucarera son cultivos que maduran en el invierno, mientras que el arroz es por excelencia un cultivo de verano y la caña, que requiere entre 12 y 18 meses, crece fundamentalmente en el verano. En regiones donde el agua es escasa se puede lograr un gran ahorro de agua si los cultivos de verano se sustituyen por cultivos

de invierno. A su vez en regiones con vientos calmos se requerirá menos agua, para un mismo cultivo, que en regiones ventosas.

Los árboles a su vez tendrán una tasa de evaporación proporcional a la superficie de sus hojas y su altura, y también la altura relativa del terreno, debido al mayor movimiento del aire, que llevará la Eto a varias veces más gasto de agua.

Existen políticas de estímulos al retiro de cultivos de estaciones secas y calurosas en EUA y Europa, a través de motivar con subsidios y créditos el cultivo en épocas frías y húmedas, con el fin de fomentar el ahorro ecológico del agua.

Otra fuente de ahorro real de agua es el mejoramiento del manejo de las tierras en descanso, estas pueden evaporar agua desde dos metros de profundidad por efecto de la capilaridad. En estos casos el crecimiento de malezas es positivo para estas tierras en reposo, ya que cubren la superficie y reducen la evaporación capilar. La otra forma de ahorrar agua es mantener una capa de restos vegetales, o *mulch* sobre el suelo que producirá el mismo efecto sobre la evaporación, además de producir efectos benéficos contra la erosión en tierras con alta pendiente. Este es un problema específico de países subdesarrollados, porque en los desarrollados no se cultiva en pendientes demasiado empinadas.

La sustitución del riego por aspersión, por técnicas más moderadas de uso del agua, como el goteo o por gravedad por canales impermeables, técnicas que aplican el agua directamente sobre las raíces, o de invernaderos, permitirá un uso más eficiente del agua.

La aspersión, al dividir el agua en finas gotas es la forma más eficiente de evaporar el agua en medio del aire cálido, además de que una fracción del agua queda retenida en el follaje y por lo tanto se evapora también en su mayor parte.

El costo social no pagado del agua que incluye su precio de mercado o su tarifa más el subsidio estatal, hace que su utilización no sea la óptima para el cultivo. Este es uno de los motivos para que exista una sustitución de cultivos de bajo valor unitario por otros de alto valor unitario, de manera que el agua se use en forma económicamente rentable.

El uso excesivo de fertilizantes causado por los altos niveles de subsidios que tienen los insumos agropecuarios provoca necesariamente la reducción en la calidad del agua en la parte baja de la cuenca en términos de sales y agroquímicos.

El gasto energético subsidiado todavía permite que sea más barato usar agua de abajo hacia arriba que de arriba hacia abajo, porque su uso

agrícola está subsidiado entre el 50 y 90% en casi todos los países del mundo.

Existen entonces dos tipos de uso del agua desde la perspectiva del manejo termodinámico, el uso sustentable (de arriba hacia abajo, lluvia y riego por gravedad) y el uso no sustentable, que es el riego de pozo profundo o río arriba y para el cual se requiere energía fósil.

Cuando se utiliza el agua de abajo hacia arriba, cada unidad desperdiciada se corresponde con el gasto en energía que se requirió. Cada metro cúbico desperdiciado significa una pérdida de energía fósil proporcional a la profundidad o diferencia de altura desde la cual se extrae el agua.

El desperdicio en el agua tiene dos posibles situaciones; si es agua de lluvia directa no existe desperdicio energético en absoluto. Pero si está previamente represada su desperdicio tendrá relación con la amortización unitaria de la infraestructura en el agua usada innecesariamente, del costo de construcción y manejo de la represa utilizada.

La medida con el que se debe comparar el costo de la sustitución de tecnologías con la instalación de infraestructura por riego de goteo o subterráneo es el costo social, valorado respecto del monto de los subsidios con el que se apoya el gasto energético para el área rural.

### **La demanda y el desperdicio de agua de la agricultura**

El cuadro 9 indica las pérdidas de agua entre la presa y el predio, en algunos de los cultivos de mayor importancia en el país, y el gasto por tipos más importantes de cultivos, por ej. el frijol requiere solamente un grosor o profundidad de agua de 33 centímetros, en el maíz y trigo se gasta 69 centímetros y en alfalfa 133 centímetros. Pero el consumo es mucho mayor debido a las pérdidas por conducción (CNA 2004).

Las pérdidas de agua que se generan en el cultivo de maíz, por el desperdicio derivado de las fugas, infiltraciones y evaporación del riego de superficie o por aspersión, alcanzaría para cubrir los requerimientos de agua del resto de los principales cultivos analizados con un gasto de 45 cm. es decir con 4,500 metros cúbicos por hectárea.

Esta situación se reproduce en todos los cultivos más importantes. La CNA muestra en un análisis realizado entre 1990 y 2002, que el desperdicio hídrico en los cultivos más comunes es del

**Cuadro 9**  
Láminas promedio utilizadas en los Distritos de Riego (1990-2002)

Ciclo	Cultivo	Lámina* (cm)		% Eficic.
		Neta	Bruta	
Otoño- Invierno	Frijol	33	56	58.9
	Maíz	69	115	60.0
	Trigo	69	98	70.4
Primavera- Verano	Algodón	101	136	74.3
	Maíz	53	88	60.2
	Sorgo	30	51	58.8
Perennes	Alfalfa	133	191	69.6
	Caña de azúcar	83	146	56.8

orden del 35 al 40 por ciento solamente por infiltración y evaporación dentro de los canales, al cual deben sumarse las pérdidas dentro de los predios por uso excesivo e innecesario.

### Impacto del riego en los cultivos

De los 24 cultivos más importantes del país, para el análisis comparativo global entre riego y temporal se seleccionaron solamente algunos cultivos que cumplen con la condición de que haya siembras de temporal y de riego dentro de la misma especie vegetal, situación que permite poder compararlos entre sí.

Es claro que no se deben considerar que se encuentran en las mismas condiciones agro ecológicas, ya que seguramente los cultivos de temporal se realizan en regiones con buenos ciclos de lluvia, en cambio los de riego es probable que se concentren en regiones áridas o semiáridas o en periodos de estiaje, es decir en el ciclo otoño - invierno.

Así, los diferenciales de productividad entre ambas modalidades son solamente mostrados como una guía de los rendimientos entre ambos tipos de cultivo.

El comportamiento promedio del incremento en la producción de riego en términos de productividad en toneladas y valor por hectárea respecto al temporal fue del 188% para 2006, en los principales cultivos seleccionados en términos de volumen y de 217% en términos de valor, con una desviación estándar del 63 y 93% respectivamente.

Sin embargo esta variación está afectada por el diferencial de tecnologías existentes entre ambas modalidades. Los mayores impactos del riego en términos físicos se dan generalmente en los cultivos que utilizan tecnologías más atrasadas y a los cuales las variaciones en el clima afectan en mayor medida.

Los cultivos que más incrementan su productividad en términos porcentuales son la manzana, el maíz, chile, frijol y sorgo. Todos ellos, salvo la manzana, son cultivos con un uso extensivo de tierras y capital

en condiciones de temporal, pero que cuando se cultiva con riego, su tecnología es manifiestamente más desarrollada (Cuadro 10).

**Cuadro 10**

<b>Cultivos más importantes</b>	<b>INCREMENTO RIEGO SOBRE TEMPORAL EN PORCENTAJE Y VALOR POR HECTAREA</b>		
	<b>%TONS</b>	<b>%VALOR</b>	<b>Incremento \$ /HA</b>
<b>MÉXICO - 2006</b>			
MAIZ GRANO	318.7	247.2	4,747
PASTOS	159.5	207.0	5,497
CAÑA DE AZUCAR	140.4	142.0	24,041
FRIJOL	232.4	310.9	3,928
AGUACATE	122.4	133.2	75,724
SORGO GRANO	219.8	226.2	3,984
MANGO	88.9	113.0	22,140
AVENA FORRAJERA	190.3	218.1	3,756
NARANJA	129.4	227.7	8,941
PLATANO	172.0	183.9	39,056
MAIZ FORRAJERO	218.0	228.7	6,728
PAPA	135.9	201.9	71,489
LIMON	142.7	143.9	18,800
TOMATE ROJO	169.8	184.5	111,386
CHILE VERDE	233.6	154.3	36,119
TOMATE VERDE	106.6	98.1	46,309
SORGO FORRAJERO	191.5	230.2	5,157
TRIGO GRANO	251.5	224.5	4,402
PAPAYA	194.3	343.6	52,554
SANDIA	206.3	202.1	27,859
MANZANA	327.1	526.1	13,024
PROMEDIO	188.2	216.5	N.A.
DESV. STANDAR	63.0	92.6	

Fuente; SIAPP, SAGARPA. 2006; Elaborado por el autor.

En cambio el resto de los cultivos analizados tiene una alta inversión de capital por hectárea aún en temporal, por lo que en términos porcentuales, el riego afecta su productividad en un grado menor respecto de la original, porque estos cultivos son de por sí altamente tecnificados y por lo tanto con alta proporción de capital incorporado en ellos.

A pesar de ello, una vez observados los niveles de generación de valor por ha. se puede concluir que el uso del agua tiene una mayor

repercusión económica en estos últimos.

Por ejemplo, el uso del agua en tomate incrementa el valor por hectárea en 10 mil dólares, la papa en 6 500 dólares y el aguacate en cerca de 7 000, mientras que todos los cereales y leguminosas solamente incrementan los ingresos entre los 300 y 500 dólares por ha.

En México el impacto del riego sobre el maíz es mayor porque es el principal cultivo en superficie y valor dentro de la agricultura, tanto en riego como en temporal y es el alimento básico de la población.

En este capítulo se observará el impacto económico social y privado de considerar los costos de operación y administración del agua, los costos fijos y los sociales de los subsidios a la producción. Con ello se demostrará cómo, la producción de maíz en la que se utiliza agua subsidiada, está generando pérdidas económicas en la agricultura.

Con la información de esta base se realizaron relaciones entre variables, que permiten observar en cuánto se incrementa la producción de un cultivo en condiciones de temporal de primavera verano (pv) o en otoño invierno (oi) o perennes, contra el riego en los mismo casos.

El riego permite el incremento en volumen en forma importante en todos los lugares donde se aplica. Sin embargo es necesario convenir que la producción de un cultivo de riego se debe comparar con el cultivo de temporal en el mismo lugar, y en el mismo ciclo, ya sea el de primavera verano o el de otoño invierno, para obtener resultados comparativos válidos.

Los promedios, al tomar en cuenta la producción de riego y de temporal en diferentes regiones, nos darán una idea de conjunto de la importancia del incremento de la productividad en cada región.

Luego se observarán ejemplos de las relaciones entre el riego y el temporal en una misma cuenca o Distrito de Desarrollo Rural, que es la unidad geográfica más pequeña con la que se cuenta en la información referida de la SAGARPA, para observar como los diferenciales son mucho mayores al promedio nacional.

Para el año 1999, el maíz de riego en términos físicos incrementa los rendimientos en promedio desde 1.3 a 2.6 veces sobre el cultivo en temporal, mientras que en términos de valor, su crecimiento es de 1.2 a 2.2 veces. Ello no significa que se incremente en la misma medida las utilidades, ya que el costo por tonelada en el riego puede ser mayor que en el temporal. El frijol por su parte puede incrementarse desde un 50 a 200 por ciento.

Para la caña de azúcar el crecimiento puede ir desde el 40 al 70 por ciento, para las pasturas de riego el crecimiento puede ir de las dos a las once veces respecto del temporal y para el tomate rojo, el crecimiento puede ser 30 a 70 por ciento.

Pero si se analiza el valor total, se observará que el efecto no se corresponde con el aumento en volumen, porque por hectárea, el incremento de la producción de maíz con riego de 120 a 220 por ciento representa un valor de 3.6 a 5.4 miles de pesos más, mientras que el incremento de la producción de tomate de un 30 a 70 por ciento significan de 27.8 a 49.1 miles de pesos adicionales. Para la papa, los incrementos con riego van del 90 a 110 por ciento y el valor generado corresponde a 48.0 y 50.1 miles de pesos respectivamente. Es decir que en estos cultivos de alto valor por hectárea se logran ocho veces mayores ingresos con menores incrementos de producto. La diferencia de productividad dentro de una misma región es generalmente mayor que las proporciones entre los promedios nacionales de un mismo cultivo.

Por ejemplo en la región de Tehuacan, Puebla, la producción de riego representa un incremento de 5.3 veces el ingreso por hectárea que se obtiene en temporal., en el que está incluido este Distrito de Desarrollo Rural de Tehuacán.

En este distrito, la producción de maíz con riego fue de 2.7 toneladas por ha. mientras que en temporal solamente se obtuvo 0.5 toneladas. Aquí el incremento regional es de casi 500 por ciento, pero su valor generado en una hectárea apenas alcanza los 3,3 miles de pesos.

En cambio en el caso del frijol, el incremento pasa de los 202 kg. por hectárea a los 900 kg. El valor para esta producción crece en 5,2 miles de pesos con el uso de riego.

El trigo, que también se encuentra cultivado en las dos modalidades, tiene un incremento en producción que va de los 400 kg. por ha. en temporal, a los 1.9 ton. por hectárea en riego, con un incremento en valor de 2.4 miles de pesos.

Pero estos incrementos en los granos básicos no tienen comparación con los ingresos obtenidos en los cultivos intensivos, en los que, pese a crecer menos del 100% en volumen, todos superan los 20 mil pesos de incremento por hectárea, como el tomate rojo, 23 mil pesos, el verde, 28 mil pesos, la caña de azúcar, 24 mil pesos y la alfalfa 27 mil pesos, mientras que el ajo sobrepasa los 43 mil pesos por hectárea.

En otro caso, en Fresnillo, Zacatecas, la principal producción es la de frijol y chile, que representan el 50% del PIB. En el frijol el incremento diferencial del riego es de 720% sobre el temporal.

En maíz por ejemplo, el cultivo de riego multiplica casi por seis el valor por hectárea y en maíz forrajero diez veces, en manzana cinco y en durazno ocho veces.



### ***Valoración del agua como recurso económico versus bien público***

El agua se distribuye en México como un bien social, pero se utiliza como un bien privado, como un insumo más de la producción como se analizó anteriormente. A diferencia del resto de las materias primas de la producción agropecuaria, en México y en muchas partes del mundo, esta ha sido aportada por el estado como un sustituto del agua de lluvia, cargando el país con el costo de su operación.

El hecho de que exista una propiedad estatal del recurso, y que todavía no se regule la posible transacción en el mercado de este bien, da como resultado que cada distrito de riego tenga un gasto excesivo e innecesario de agua, que no tiene relación con los requerimientos reales de los cultivos, con sus consecuencias ambientales en la degradación de suelos, la contaminación del total del agua y de la reducción tanto de los mantos acuíferos subterráneos como de las fuentes superficiales.

La cantidad utilizada de agua en cada distrito pues, no responde a la necesidad real de los cultivos realizados en cada uno de ellos, sino al volumen existente en las presas. En tanto no haya quién reclame por la falta de agua, se usa ésta en exceso.

Por ello, es urgente la elaboración de políticas públicas más adecuadas para el agua, que cambien en forma radical los parámetros del uso de este recurso natural.

La mayor parte del mercado del agua no es real sino virtual, porque no solamente no se transfieren volúmenes de agua directos, sino que además se transfieren dineros públicos con el precio de los productos elaborados, usando agua subsidiada.

Los mercados directos del agua deben ser entendidos como la posibilidad de intercambiar derechos de uso, relacionados con los volúmenes concesionados. Estos mercados no pueden ser considerados como intercambios de mercancías comunes y corrientes, porque solamente pueden ser realizados entre productores de una misma cuenca hidrográfica, y ello dentro de una misma cota o aguas abajo, ya que cualquier movimiento para arriba transforma en incosteable su utilización.

Respecto de los mercados del agua, el problema más difícil de resolver es el del diseño institucional del sistema de asignación del recursos (Jouravlev, 2001). En principio los usuarios podrían obtener agua mediante la asignación de recursos no reclamados con anterioridad. Sin embargo esto no significa un derecho real, porque es probable que la mayor parte de los usuarios que no reclamaron con anterioridad su posesión, se deba a que no conocen sus nuevos derechos declarados por la Ley de Aguas Nacionales.

Existe la situación de la aparición de nuevos usuarios y la pérdida de importancia relativa de anteriores usuarios, así como del continuo incremento de la contaminación de las fuentes de agua que disminuyen los volúmenes disponibles.

Así se produciría en el mercado del agua (de haberlo en el país) una tendencia a la inelasticidad de la oferta del agua, y un crecimiento constante de la demanda, lo que necesariamente incrementará el precio del agua.

Aún cuando el agua no se pague, existe una renta diferencial transferida por la sociedad hacia los usuarios del agua que no se refleja en los costos de producción, y que además termina desperdiciando el recurso por un sobredimensionamiento de su uso consuntivo, debido a su actual costo cero. De esta manera la sociedad está desperdiciando los recursos presupuestales que destinó a la seguridad alimentaria, debido que no se hace un uso eficiente del agua.

Es importante señalar que los mercados del agua a nivel mundial no están realmente desarrollados más que en unos pocos países y en estos casos solamente en ciertas regiones.

Los mercados tienen como función, regular el valor del agua para que se utilice en los sectores económicos más rentables. La política de seguridad alimentaria en México, propone que el agua se use aún cuando no sea rentable, si ello genera alimentos básicos.

Sin embargo la contradicción no es exactamente ésta, porque si bien es cierto que producir alimentos básicos es una política correcta, no lo es el hacerlo con base en el desperdicio de recursos. Y la contradicción que trata de analizar esta tesis, es exactamente esa: producción contra desperdicio, o eficiencia *versus* pérdida de bienestar social.

Los mercados de derechos del agua no son tan fáciles de instalar como el mercado normal del comercio de bienes. Es un mercado segmentado por las cuencas hidrográficas, y afectado profundamente por las políticas públicas, los subsidios a la electricidad y el combustible destinados al sector rural y por los subsidios internacionales al agua en los países productores de bienes agropecuarios.

Así, el mercado del agua se estructura con varios componentes, el mercado segmentado de los derechos o concesiones de agua, mismos que no fueron distribuidos en forma legalmente constatable, mucho menos de manera eficiente o justa; el mercado virtual del contenido de agua de los bienes agropecuarios y el impacto del costo del agua en otros países productores de bienes primarios, tanto subdesarrollados como desarrollados. Y todos ellos están condicionados también por las políticas públicas destinadas al agua agropecuaria.

De manera que si se pretende analizar los mercados del agua reales o potenciales, habrá que diferenciar cuánto del valor intercambiado es mercado de volúmenes de agua, cuanto es intercambio de derechos de uso, cuánto de energía fósil y cuanto es de transferencias de subsidios entre agentes económicos. (Generalmente estos últimos son los que se privilegian o predominan)

En los casos en que se subsidien las fuentes de energía para el movimiento del agua para la producción agropecuaria, se estará influyendo en los mercados, generando movimientos de recursos económicos entre los particulares para el uso de energía.

El uso del agua de arriba para abajo puede ser asignado en una forma más racional si se crean los mercados del agua. El problema de los mercados del agua está ubicado más en el origen de los derechos de uso otorgados por las concesiones que por el mercado en sí mismo, o los títulos de propiedad.

Pero la pregunta es, si realmente el mercado va a ser capaz de corregir el gasto innecesario del agua utilizada de abajo para arriba. En este caso el mercado del agua está altamente influenciado por los subsidios a la energía y por la estructura de la propiedad de los derechos del uso del agua.

Para que existan mercados del agua es necesario que existan derechos claramente definidos, tanto de propiedad como de uso, de tal forma que la estructuración de mercados requerirá la adecuación (o readecuación) en primera instancia de estos derechos.

Por otro lado el agua líquida (no la virtual) para procesos productivos no es un bien que pueda ser comercializado en un mercado nacional y menos global. Solamente puede ser intercambiado dentro de una misma cuenca hidrológica y exclusivamente entre vecinos de una misma microcuenca. De manera que, pese a ser el principal insumo de toda la producción humana, el mercado de agua es el único que se mantiene dentro de rangos locales de cuencas y microcuencas. No puede comercializarse a nivel nacional y menos mundial.

Por ejemplo, si bien en el golfo sureste de México el agua es excedente, con ella no se podría abastecer los requerimientos de la península de Baja California.

## ***La Producción agropecuaria***

Gráfica 1

Como se observa en la gráfica 2, de las 170 millones de hectáreas

destinadas al sector primario en México, el censo de 1990 asigna a la producción pecuaria el 54% del territorio, (correspondiente a 94.0 millones de has.); 19% a la agricultura (32.7 millones de has.) y 27% a las áreas forestales (47.1 millones de has.).

Según la información de la SAGARPA, en el año 2006 había 5.4 millones de hectáreas con riego, y 14.8 millones trabajadas en la modalidad de temporal, es decir un total de alrededor de 20.2

millones de has. Sin embargo, por un lado no toda el área agrícola es utilizada para la producción, y por otro lado, hay también una gran superficie no agrícola, de vocación eminentemente forestal utilizada con cultivos anuales.

El valor total generado por el riego fue de 130.9 miles de millones de pesos, contra 101.8 miles de millones del temporal. Cerca de la mitad del valor generado en la agricultura que era de 232.7 miles de millones de pesos, fue producido por siete estados, Chiapas, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Sinaloa, Sonora y Veracruz.

La ganadería por su parte generó 184.9 miles de millones de pesos, de ellos, 50.6 miles de millones por carne bovina, 39.0 millones por leche, 22.0 y 39.0 porcinos y aves, y 20.2 miles de millones de pesos en la producción de huevos, más 3.2 miles de millones entre caprinos de carne y leche y la miel. (SAGARPA, 2006). La cuarta parte de la producción en este subsector se concentra en Jalisco y Veracruz. La ganadería tiene una importante participación en insumos de la producción agrícola, ya que casi un 20% de los cultivos tiene destino pecuario.

La producción forestal por otro lado tiene al pino como su principal producto que representa todos los años más del 80 por ciento del volumen y el valor de la madera producida.

Para el año 2003 el volumen de madera extraído en forma legal era del orden de los 6.7 millones de metros cúbicos, con un valor total de 5.3 miles de millones de pesos, un valor mucho menor que el de la producción agropecuaria (SAGARPA 2005). Sin embargo existe una extracción ilegal que no es posible valorar, pero que tiene un nivel de similar importancia dentro del total forestal y sobre todo es la de mayor impacto en la degradación ambiental de los bosques y selvas de los suelos.

Destino de los suelos en México

PECUARIO  
54%

AGRICOLA  
19%

FORESTAL  
27%

Fuente: INEGI 2004,  
Mex.

**Cuadro 11**

*La Formación Bruta de Capital Fijo en el sector primario*  
En miles de pesos constantes (1993=100)

PERIODO	Total formación bruta de capital fijo	Agropecuario, silvicultura y pesca	% agrop /total
<b>1988</b>	162,547,871	2,411,352	1.48
<b>1989</b>	171,896,265	1,913,988	1.11
<b>1990</b>	194,455,851	2,039,084	1.05
<b>1991</b>	215,833,078	2,128,361	0.99
<b>1992</b>	239,227,040	2,244,248	0.94
<b>1993</b>	233,179,391	2,228,791	0.96
<b>1994</b>	252,745,239	2,340,353	0.93
<b>1995</b>	179,442,050	2,069,452	1.15
<b>1996</b>	208,860,498	2,164,621	1.04
<b>1997</b>	252,797,408	2,362,753	0.93
<b>1998</b>	278,787,777	2,493,266	0.89
<b>1999</b>	300,278,567	2,588,760	0.86
<b>2000</b>	334,383,183	2,682,343	0.80
<b>2001</b>	315,531,688	2,867,039	0.91
<b>2002</b>	313,517,273	2,931,626	0.94
<b>2003</b>	314,733,383	2,855,425	0.91
<b>% Incr.</b>	<b>93.6</b>	<b>18.4</b>	

Unidad de medida: miles de pesos a precios de 1993.

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México

La producción forestal ha tenido un comportamiento variable, a causa de diversas regulaciones de control ambiental y otras que tratan de controlar la tala indiscriminada e ilegal. La producción forestal siempre está siendo monitoreada tanto por los organismos ambientales del estado, como por las ONG's y la prensa, debido a la importancia que la sociedad le da actualmente a todo lo referente a la cuestión ambiental y la cosecha de agua limpia.

La formación bruta de capital fijo en el sector agropecuario es un indicador indirecto de las mejoras en las fincas que pueden tener efecto en la

reducción de la degradación ambiental.

En términos reales la formación bruta de capital fijo total en el país en pesos constantes (1993=100) entre 1988 y 2003; pasó de los 162.5 miles de millones a los 314.7 miles de millones, es decir casi el 94 por ciento de incremento mientras que, con altibajos, la capitalización rural pasó de 2.4 a 2.9 miles de millones, un incremento de alrededor de 18 por ciento. En el año 2003 la formación bruta de capital nacional representó el 12.7 por ciento del PNB total, y en cambio en la agricultura fue de sólo el 2.2 por ciento del PBI respectivo (cuadro 11).

Ésta capitalización en mejoras rurales ha venido descendiendo en términos porcentuales respecto del total de la inversión fija nacional en ese mismo lapso.

**Cuadro 12**

PERIODO	PIB de la Actividad económica total	Agropecuario, silvicultura y pesca	%/ PIB
<b>1988</b>	1,415,557,252	97,257,116	6.9
<b>1989</b>	1,489,640,120	97,702,196	6.6
<b>1990</b>	1,578,660,517	102,417,241	6.5

<b>1991</b>	1,657,117,370	105,651,435	6.4
<b>1992</b>	1,730,212,266	105,083,425	6.1
<b>1993</b>	1,775,214,461	107,851,312	6.1
<b>1994</b>	1,868,595,641	108,365,308	5.8
<b>1995</b>	1,778,716,096	109,221,922	6.1
<b>1996</b>	1,890,971,821	113,315,832	6.0
<b>1997</b>	2,026,554,575	113,380,196	5.6
<b>1998</b>	2,152,388,017	116,787,071	5.4
<b>1999</b>	2,261,559,764	118,925,651	5.3
<b>2000</b>	2,426,747,290	119,848,454	4.9
<b>2001</b>	2,405,661,986	126,219,306	5.2
<b>2002</b>	2,437,137,782	125,537,782	5.2
<b>2003</b>	2,470,171,547	129,992,610	5.3
<b>% crec.</b>	74.5	33.7	

**Unidad de Medida:** Miles de pesos a precios de 1993.

**Fuente:** INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Mientras que el PIB agropecuario, silvícola y pesquero pasó de participar con el 6.9 por ciento del PIB nacional al 5.3 por ciento en el lapso analizado, la inversión en el sector ha variado su proporción del 1.5 al 1.0 por ciento en el mismo periodo con tendencia a la baja. Ni siquiera las políticas ambientales han logrado incrementar la inversión en mejoras

agropecuarias. De manera que se redujo 38.9 por ciento en la inversión fija, lo que provocó la reducción de un 23.4 por ciento la participación del sector agropecuario, forestal y pesquero en el PIB.

La disminución de un tercio en la participación de la inversión bruta dentro del total indica una descapitalización acelerada del campo que necesariamente se expresará en degradación de los recursos naturales, sobre todo considerando que el PIB total creció un 74.5 por ciento en el periodo, y el primario sin minería, solamente un 33.7 por ciento (Cuadro 12).

Indica también que cada vez se reduce más la posibilidad de que el sector primario incremente su aporte de valor al PIB nacional.

## La producción agrícola

**Cuadro 13**

Producción agrícola		En millones de pesos	
México – Distribución por modalidad y ciclo			
Año 2006	Temporal	Riego	Total
PV	48,394.2	39,342.4	87,736.6
OI	6,004.9	41,832.7	47,837.6
Perennes	47,430.1	49,704.8	97,134.8
Subtotales	101,829.2	130,879.9	232,709.0

La producción agrícola en el año 2006 en la modalidad de temporal generó un valor de 101.8 miles de millones de pesos, contra 130.9 miles de millones en riego. Por su parte en los cultivos

de primavera verano se produjeron 87.7 miles de millones de pesos y 47.8 durante el periodo otoño invierno. A ello se agrega la producción de cultivos perennes por un monto 97.1 miles de millones de pesos.

Los cultivos perennes por su parte han venido creciendo en forma persistente. En 1990 se registraban por el INEGI (2005) 3,777 miles de has. sembradas con estos cultivos, y pasaron a rebasar los 5,700 miles de has. en el año 2006. Esto significó un crecimiento de más del 50% por ciento en la superficie establecida (Cuadro 13).

En 2007 la producción agrícola de México, que incluye más de 250 especies vegetales diferentes y cientos más de sus variedades, alcanzó un valor de 25 mil millones de dólares. Pero veinte de esos cultivos, representaron las tres cuartas partes del valor y siete de ellos representaron más del 50% del valor total producido.

Por su parte el riego es actualmente de gran importancia para la producción agrícola, pues con el 26.5% de la superficie cultivada genera el 57.1% del valor producido. (SIAP, SAGARPA 2008)

**Cuadro 14**

Cultivo	RIEGO MÁS TEMPORAL			RIEGO			Porcentaje del Riego sobre Total	
	Sup. Cosech.	Produc.	Valor Producción	Sup. Cosech.	Produc.	Valor Producción	Sup. Cosech.	Valor
	(Miles de Ha)	(Miles de Ton)	(Millones de Pesos)	(Miles de Ha)	(Miles de Ton)	(Millones de Pesos)		
<b>TOTALES</b>	<b>20,054.6</b>		<b>269,951.0</b>	<b>5,308.4</b>		<b>154,061.3</b>	<b>26.5%</b>	<b>57.1%</b>
MAIZ GRANO	7,333.3	23,512.8	57,417.9	1,428.9	10,211.6	23,672.5	19.5%	41.2%
CAÑA DE AZUCAR	690.4	52,089.4	19,864.4	278.1	25,695.7	9,984.5	40.3%	50.3%
PASTOS	2,306.9	54,296.5	15,357.5	235.9	7,209.4	2,677.3	10.2%	17.4%
CHILE VERDE	142.1	2,259.6	12,021.1	122.3	2,151.7	11,191.9	86.1%	93.1%
AGUACATE	110.4	1,142.9	12,019.4	46.4	528.8	5,770.6	42.0%	48.0%
SORGO GRANO	1,775.0	6,202.9	11,935.5	486.3	2,877.0	5,605.2	27.4%	47.0%
TOMATE ROJO	64.8	2,425.4	11,527.7	55.2	2,215.0	10,389.2	85.3%	90.1%

SIAP, SAGARPA 2008

Dentro de los siete cultivos mencionados, el maíz representa el casi la tercera parte de la superficie agrícola y el 20% del valor total (riego más temporal) y significa la cuarta parte de la superficie y un séptimo del valor total generado en la modalidad de riego (cuadro 14).

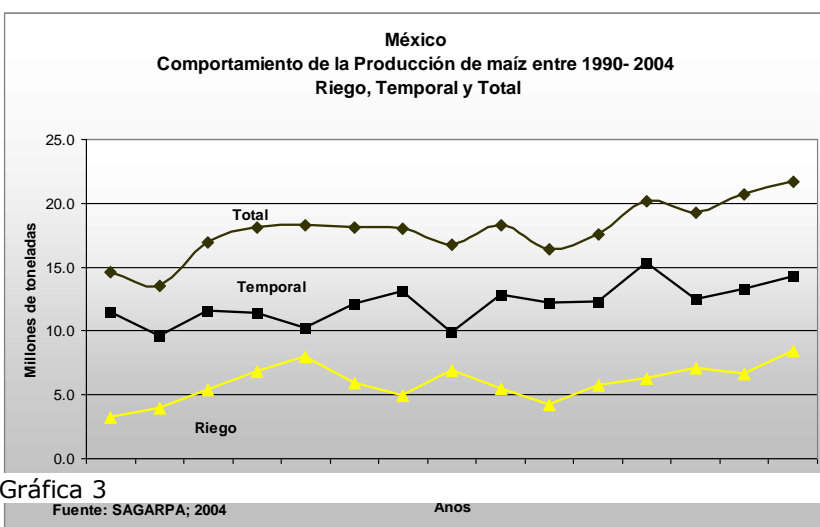
Sin embargo el impacto del riego en el maíz es bastante más significativo si se tiene en cuenta que aproximadamente una tercera

parte (ocho millones) de los 23.5 millones de toneladas es de autoconsumo, mismo que es cultivado en la modalidad de temporal, por lo que la proporción de la producción de maíz de riego es mayor al 60% del total comercializado. Por otro lado el consumo aparente requiere la importación de otras ocho millones de toneladas que se utilizan para la producción pecuaria.

La producción de maíz entre 1990 y 2004 se incrementó de 14 a 23 millones de toneladas, con un promedio de 17.9 millones de toneladas (SAGARPA 2004). El rendimiento por hectárea entre 1990 y 1999 fue de 2.2 toneladas, correspondiendo al riego 4.3 y al temporal 1.8 toneladas por ha., lo que significa un impacto del riego sobre el temporal de 234%. Pero en el periodo 2000 al 2004 el rendimiento promedio se incrementó a 2.7 toneladas por hectárea, con una producción de 6.1 toneladas en riego y 2.1 toneladas en temporal, lo que muestra un incremento diferencial de 295% por efecto del agua (gráfica 4).

El maíz se desarrolló durante ese periodo en forma continua en poco más de la mitad del territorio destinado a cultivos anuales, con un valor generado que significa una tercera parte del total.

De los más de ocho millones de hectáreas cultivadas con maíz, hay 1.1 millones de has. con riego (13.1 por ciento), pero el valor generado del



Gráfica 3

Fuente: SAGARPA; 2004

Años

total del grano es casi el 28 por ciento. Esta superficie representa un poco menos de la cuarta parte del total cultivado cada año en riego que es de 4.7 millones de has.

De manera que el cultivo de maíz es un indicador confiable para valorar el impacto del riego en

la agricultura, tanto por su importancia en la superficie cultivada, como en el hecho de que gran parte del total producido se obtiene bajo esa modalidad.

### **Maíz; Producción y consumo aparente 2007**

Según los datos de la SAGARPA, el riego generó en 2007, 10.2 millones de toneladas, mientras que en temporal se generaron 13.3 millones de



toneladas. Así, durante los dos ciclos del año, la producción total de maíz llegó a las 23.5 millones de toneladas, sobre un total de 7.3 millones de has cosechadas, lo que da un promedio nacional de 3.21 toneladas por hectárea (Cuadro 15).

La producción de temporal ocupó 5.9 millones de hectáreas, mientras que la de riego se realizó sobre 1.4 millones, de manera que en las áreas regadas con el 19.5% del terreno se generó el 43.4% de la producción total, como resultado de un rendimiento diferencial de más del 300% provocado por el riego.

La producción de maíz se localiza en 2,367 municipios, de los cuales durante el ciclo Primavera Verano (PV), en temporal se produce en más de dos mil doscientos y con riego en poco más de mil, mientras que durante el ciclo Otoño Invierno (OI) la producción de temporal se realiza en sólo alrededor de quinientos municipios, aumentando a setecientos en la modalidad de riego. Como se observa en el cuadro siguiente, existe una concentración de la producción de riego en este ciclo, durante el cual con menos del 10% del territorio cosechado se obtiene la cuarta parte de la producción anual.

**Cuadro 15**  
MEXICO Producción de maíz 2007

		No. Munic	COSECHADA	%/Tot	PRODUCCIÓN	%/Tot	rend/ha	Valor \$x1000
<b>TEMP</b>	OI	522	449,025	6.1	802,400	3.4	1.79	2,334,593
	PV	2,280	5,455,336	74.4	12,498,706	53.2	2.29	31,410,840
<b>Subtotal Temporal</b>			<b>5,904,361</b>	<b>80.5</b>	<b>13,301,105</b>	<b>56.6</b>	<b>2.25</b>	<b>33,745,433</b>
<b>RIEGO</b>	OI	709	691,595	9.4	5,710,003	24.3	8.26	13,399,070
	PV	1,063	737,320	10.1	4,501,644	19.1	6.11	10,273,400
<b>Subtotal Riego</b>			<b>1,428,915</b>	<b>19.5</b>	<b>10,211,646</b>	<b>43.4</b>	<b>7.15</b>	<b>23,672,470</b>
<b>TOTAL R-T</b>	<b>OI-PV</b>	<b>2,367</b>	<b>7,333,276</b>	<b>100.0</b>	<b>23,512,751</b>	<b>100.0</b>	<b>3.21</b>	<b>57,417,902</b>

SAGARPA; Siap, 2008.

Del total de la producción de maíz, el riego representa la cuarta parte en el ciclo PV y el 88% en el ciclo OI. El 50% de la producción de maíz con riego está concentrada en 43 municipios de los 1,063 que cultivan esta modalidad en el ciclo PV, con un rendimiento promedio de 8.23 toneladas por hectárea (el otro 50% de la producción con riego tiene un rendimiento de 3.92 ton/ha.).

En el ciclo OI la concentración es varias veces mayor, ya que el 83% de la producción total en este ciclo se realiza en 10 municipios del estado de Sinaloa, con rendimiento record en el país de 9.89 toneladas promedio (contra 3.32 en el resto del país), resultado del uso de variedades de alto rendimiento conjugado con los correspondientes niveles del resto de los insumos.

También en el estado de Guanajuato por la misma razón, en 10 municipios (el uno por ciento de los municipios con maíz regado) se produce el 13% del maíz en PV. Es de destacar que estos rendimientos que se logran con alta tecnificación y apoyos gubernamentales, son los que concentran en esos productores también los subsidios a los insumos en la misma proporción, desde el Procampo, hasta el diesel, fertilizantes, maquinaria, semillas, agroquímicos, apoyos a la comercialización y al precio objetivo.

Estas variedades, junto con la tecnificación de los sistemas de riego, han permitido lograr también rendimientos promedios mayores a las ocho toneladas en los estados de Chihuahua, Guanajuato, Querétaro y Sinaloa, y hasta de diez toneladas en varios Distritos como los de Cuauhtémoc en Chihuahua, de Celaya en Guanajuato y de Mochis en Sinaloa. (SIAP 2008).

El consumo aparente nacional de 2007 fue de 21.6 millones de toneladas, del cual 11.6 millones fue para consumo humano (58.7%), 5.5 millones para uso pecuario (23.7%), 2.4 millones fueron a la industria alimenticia (12.2%) y entre la merma y la semilla suman 1.0 millón de toneladas (5.4%). Hubo un inventario final de 3.3 millones de toneladas que estuvo disponible para el año 2008 (SIAP; SAGARPA 2008).

La diferencia entre la producción nacional comercializable de 13.5 millones y el consumo aparente estuvo cubierta por importaciones por un monto para 2007 de 8.0 millones de toneladas. A su vez la diferencia entre la producción total y el volumen comercializable nacional corresponde a la producción de autoconsumo, que según las cifras sería de alrededor de 10.0 millones de toneladas.

### ***El riego tecnificado***

Del total de 6.4 millones de hectáreas de superficie con infraestructura de riego, se utilizan actualmente poco más de 5.0 millones. De estos se han tecnificado 1.4 millones de ha. a partir de 1996 (SAGARPA 2008).

Hay en la actualidad casi tres millones de has. en las unidades de riego con 24.3 miles de unidades registradas en la CNA; que cubren 2.1 millones de has. De ellas, 1.2 millones están en ejidos y 904.3 miles en pequeña propiedad. Los usuarios ejidatarios registrados son 442.8 miles y los pequeños propietarios 155 mil, en total una cifra cercana a los 600 mil usuarios. Estas unidades de riego tiene una diversidad de fuentes, desde presas pequeñas de almacenamiento, derivación, manantiales, pozos profundos que son la mayor parte con un millón de has. y plantas de bombeo así como combinaciones de alguna de ellas. Por otro lado los distritos de riego representan alrededor de los 3.4 millones de has.

La tecnificación del riego tiene como objeto, además de ahorrar agua, ahorrar la energía utilizada en extracción no utilizada productivamente y reducir la contaminación que generan los fertilizantes que arrastra el agua hacia el subsuelo. En México se tiene una recarga inducida por el riego de alrededor de 15 km. cúbicos al año (Cantú, 2005), es decir 15 mil millones de metros cúbicos. Para mover este volumen de agua solamente un metro en forma vertical se requirieron anualmente millones de litros de combustible fósil que no tuvieron como resultado ningún uso productivo, sino la reincorporación del agua al subsuelo con los contaminantes que extrajo de los suelos. El gasto total de combustible es proporcional a la altura promedio que se eleva el agua no utilizada, que es cada vez más profundo, por lo que la perspectiva es que, de mantenerse ese uso improductivo del agua de riego sin mejorar la tecnología, el desperdicio de combustible tenderá a ser cada año mayor.

En congruencia con el contexto nacional e internacional de políticas ecológicas que persiguen el uso más sustentable de suelos y agua, la SAGARPA comenzó con un proceso de tecnificación del riego con el fin de ahorrar el agua. El mismo fue cambiando su perspectiva a medida que se obtenía nueva información sobre el tema. Así en los comienzos del programa por los años 1996, se llamaba tecnificación a la mejora en el sistema de compuertas o multicompuertas de los riegos superficiales, para reducir el gasto, sin embargo seguía desperdiciándose el líquido por mantenerse el riego rodado no regulado, el cual no reparte en forma homogénea el agua en la parcela y mantiene un alto desperdicio por infiltración al subsuelo, tanto durante el traslado por los canales, como dentro de la parcela.

También se consideró una tecnificación cambiar el riego rodado por la modalidad de aspersión tradicional que imita la lluvia, la cual genera una intensa evaporación que desperdicia también el agua probablemente en mayor medida que el riego superficial.

Finalmente en la presente década se fue promoviendo el uso de técnicas ahorradoras a través de los años y se está logrando que la tecnificación sea cada vez más eficiente, reduciendo la proporción de multicompuertas y aspersión e incrementando la microaspersión, el riego por goteo, la fertirrigación y otros mecanismos ahorradores de agua.

Estos sistemas de riego no se tienen contabilizados en forma completa, pero todavía la tecnificación de multicompuertas y riego por aspersión sigue representando la mayor parte de los 1.4 millones de hectáreas que se consideran tecnificadas.

Como consecuencia de este proceso de mejora, para el año 2008, el estado con mayor superficie tecnificada es Guanajuato, con 227 mil ha. de las 415 mil ha. que cuentan con infraestructura de riego y representa el 55% del total. Le sigue Sinaloa con 96 mil ha. sobre 789 mil totales, lo que significa solo el 12% mejorado. Otros estados con grandes superficies de riego son Sonora, Tamaulipas y Chihuahua, en los cuales se tecnificaron 91, 78 y 93 miles de ha. respectivamente (14, 12 y 26% del total de cada estado). El estado de Querétaro con 45 mil ha. tiene el 90% de la superficie de riego ya tecnificada. En estos estados se concentró el 45% de la superficie con riego mejorado.

La CNA está promoviendo la tecnificación del riego para llegar a los 4 millones de has. en 2012, meta que parece poco probable de poderse lograr. Una estrategia de este tipo permitiría un ahorro de agua equivalente a 18 km cúbicos, algo así como dos lagos de Chapala. Para la ejecución de este programa se están previendo destinar 43 mil millones de pesos.

Los costos de los sistemas de riego fluctúan entre 1000 y 3000 dólares por hectárea, según información del IMTA del 2007. Los sistemas tienen una eficiencia teórica de entre 60 y 95 %, siendo los más eficientes los de goteo y los menos los de compuertas.

En los programas de la SAGARPA, las solicitudes de apoyos para actividades de riego siguen concentrándose en los sistemas menos eficientes; sin embargo existe una tendencia de crecimiento hacia la inversión en técnicas más ahorradoras como las de pivotes y microaspersión (Anexo 8).

### ***El efecto de variedades de alto rendimiento***

El riego es mejor aprovechado cuando se tienen controladas las dosis de fertilizantes y demás agroquímicos, en proporción a los rendimientos esperados y al agua total distribuida uniformemente en la superficie cultivada y sobre todo con el uso de variedades de alto rendimiento.

Los rendimientos de maíz se han incrementado gracias al desarrollo de nuevos híbridos, mejores técnicas de cultivo y a un mejor entendimiento de los requerimientos del cultivo. Una producción de altos rendimiento en maíz, para lo cual se utilizan las citadas variedades, absorbe también muchos nutrientes y por lo tanto requiere que el suelo este bien suplido de elementos nutritivos.

Altos rendimientos también requieren de siembras tempranas, nutrientes suficientes y balanceados y de un excelente control de plagas, malezas e insectos. El cuadro 16 muestra la absorción total de

nutrientes en el grano y en tallo de un cultivo de maíz que rindió 11.3 ton/ha.

**Cuadro 16 .- Absorción de nutrientes por el cultivo del maíz con rendimiento de 11.3 ton/ha**

<i>Kg/ha</i>	<b>N</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>M.S.</b>
Tallo	190	78	54	18	16	9,774
Grano	78	34	215	38	18	8,960
<b>Total</b>	<b>268</b>	<b>112</b>	<b>260</b>	<b>56</b>	<b>34</b>	<b>18,734</b>
1 <sup>o</sup> . 50 días	115	34	140			
Siguientes	153	78	129			

INIFAP, 2002

El maíz requiere los nutrientes NPK durante cada período en diferentes proporciones. Durante los primeros 50 días la planta necesita 43% de sus requerimientos de N lo que representan 115.4 kg. periodo en que las hojas se desarrollan y la planta está formando la espiga. El maíz absorbe cerca del 30% de los requerimientos de P2O5 - 33.6 kg. durante los mismos 50 días. El fósforo es vital para el desarrollo inicial de la raíz y la plántula y su absorción depende en gran medida de la temperatura del suelo, la humedad y del nivel de disponibilidad. El desarrollo del grano requiere de unos 78.4 kg adicionales de fósforo en la forma de fosfato P2O5. Los requerimientos de K2O son de 140 kg durante los primeros 50 días. El maíz absorbe mucho de sus requerimientos de potasio durante el crecimiento temprano, absorbiendo el 75% del total de K2O antes de la época de formación de la mazorca. El potasio es vital para el buen funcionamiento de los estomas de la hoja, en la producción y translocación de azúcares a toda la planta y especialmente a los elotes en desarrollo.



## **CAPÍTULO 3. ECONOMÍA DEL AGUA AGRÍCOLA**

### **Teoría y debate ambiental y ecológico sobre el agua.**

*La degradación ambiental es un fenómeno de origen antrópico, que todavía está en proceso de estudio, no sólo porque es complicada la propia definición físico, químico biológica de las evidencias de degradación, que incluyen la entropía de los procesos productivos, sino que las medidas de restauración o rehabilitación que se pueden tomar dependerán del tipo de doctrina económica con la que se interprete esta degradación y de la capacidad político, económico, social y cultural de los países y regiones en que se aterricen.*

Existen concepciones que sustentan la idea de que el agua es un derecho humano, y quienes la defienden la contraponen a la idea de que sea un bien económico y por ello su resistencia a que el agua se "privatice". Pero un simple análisis de como se utiliza el agua nos confirma que toda ella se consume en forma privada y no social. Además casi toda el agua que se gasta en la actualidad, tiene como destino la producción agropecuaria, industrial o el consumo domiciliario. Menos del uno por mil del uso consuntivo del agua tiene como destino los requerimientos vitales de los seres humanos. De manera que el problema del agua como derecho humano representa menos del uno por mil del consumo total de agua del año 2007.

Por otro lado existen en el mundo seres vivos de otros millones de especies que requieren del agua, y ellas están desapareciendo porque hay seres humanos que requieren del mismo líquido para sus procesos productivos y por lo tanto están contraponiéndose al "derecho" de las demás especies a la vida.

Esto sucede porque tanto las doctrinas económicas como las concepciones sociales están influenciadas por los fundamentos éticos con los que enfrentemos el derecho a existir de las demás especies con las que convivimos en el planeta y los derechos de la propia naturaleza. Ello determina también la opinión de los análisis que se hagan sobre el tema por parte de los diferentes autores (Gilpin 2003, Azqueta 2002).

La degradación ambiental pues, mirada desde una concepción ética no antropocéntrica, es resultado no solamente de fallos en el mercado causados por una mala asignación de recursos como lo propone la economía neoclásica, sino que es una tendencia natural de la especie humana, cuando su número y presión sobre los recursos naturales va más allá de la capacidad de carga que la naturaleza puede permitir a los seres humanos.

Para compensar esta incapacidad, los humanos hemos acondicionado la estructura de la naturaleza a través de eliminar la vegetación y fauna de áreas, selvas y bosques naturales, para cultivar bosques artificiales, generar campos de cultivo e implantar praderas, con el fin de adecuar las áreas naturales a la producción de bienes específicos para los humanos, aún cuando la eficiencia energética de dichos bienes sea mucho menor que la producción de bienes naturales originales.

Para mantener nuestro nivel actual de vida cada día quemamos energía correspondiente a 10 mil días de energía solar almacenada, es decir 27 años; Hawken (1993). Nuestra especie humana, una entre varios millones de especies, reclama actualmente para sí el 40% de la producción de la biomasa de la tierra. Según estas cuentas en los últimos doscientos años hemos consumido la energía almacenada en millones de años en forma de combustibles fósiles.

El dilema que confrontan los negocios, continúa Hawken, es la contradicción que se establece de que, un sistema comercial que trabaja bien, bajo sus propias definiciones, viola la mayor parte de la más profunda ética de la biología.

El trabajo del autor llamado: "La Ecología del Comercio", es un antecedente indispensable para el estudio de los efectos de la ética del mercado sobre la sostenibilidad de los ecosistemas naturales. Según su análisis, realizado en 1993, al comenzar el nuevo milenio en los EUA, sus granjeros habrán diezmado noventa y siete por ciento de sus viejos bosques, extraerán cada día 70 millones de metros cúbicos de agua del subsuelo del acuífero Ogalala, el más grande del mundo, el cual se secará en 30 o 40 años. Se perderán 25 mil millones de toneladas de suelo fértil, el equivalente a toda la tierra de trigo de Australia.

El autor plantea que en el lenguaje tradicional de la contabilidad económica, un recurso económico no existe técnicamente hasta que no es cosechado, extraído, bombeado, o cortado; en la contabilidad biológica el principio es el inverso.

Los negocios tienen que encarar tres temas básicos, 1. qué toma, 2. qué hace y 3. qué desperdicia. Los negocios toman mucho más de lo necesario del ambiente y en forma destructiva. Requieren y generan excesivo monto de energía, toxinas y contaminantes, y producen por lo tanto un excesivo monto de desperdicios y daño ambiental para las presentes y las futuras generaciones.

Hawken propone que es necesario repensar todo nuestros mercados, ya que el aspecto más dañino de la presente economía es que el costo de destruir el ambiente está ausente totalmente en los precios de mercado.



Según sus polémicas cifras, se extinguen al año alrededor de 27 mil especies, una especie cada veinte minutos.

Con relación al tema del agua dulce, como uno de los recursos naturales más importantes, ese autor hace énfasis en que ésta requiere procesos de potabilización cada vez mayores, debido a que la acción humana sobre el ambiente ha contaminado fuertemente todas las fuentes naturales de provisión y además ha reducido la capacidad natural de aporte superficial y subterráneo.

A ello se agrega que la demanda de agua de las grandes concentraciones humanas ha crecido en forma más que proporcional al crecimiento humano, y sobre todo más que lo que pueden aportar las fuentes de provisión. Por ello se requiere tomar medidas económicas para reducir en primera instancia el consumo innecesario, y sobre todo el desperdicio consustancial de toda producción subsidiada.

En esta primera parte, pues, se verán conceptos generales sobre el medio ambiente y las teorías más importantes que buscan solución económica a los problemas que generan la degradación ambiental en los sitios donde se concentran los factores que impactan la cosecha del agua.

Se analizarán las perspectivas éticas que tienen diferentes filosofías, sobre la relación del ser humano para con la biodiversidad y el derecho de existir del resto de las especies que conviven en el planeta.

Y se sentarán las bases filosóficas con las que se deben definir y analizar los costos ambientales que pueden servir como bases para las políticas económicas que reviertan la tendencia humana a la destrucción indefinida del medio ambiente.

### **El valor del agua agrícola**

Ya se vio que el agua es el principal bien económico de la humanidad, ya que es parte inseparable de todos los procesos productivos. El consumo directo del agua por parte de los humanos para fines de subsistencia vital representa mucho menos del uno por mil del total utilizado. El resto tiene un uso exclusivamente económico, de gasto domiciliario o de desperdicio.

El agua agrícola no es la excepción, además de ser el principal sector consumidor de agua en el mundo.

El agua es un compuesto que, por tener el menor nivel de energía interna de toda la naturaleza, es el origen y medio en el que se desarrollan todos los procesos vitales y es además un insumo del total de los procesos productivos.

A diferencia de lo que sucede con las rocas, cuyos cristales permanecen en estado sólido por miles o millones de años mientras no afloran a la superficie, el agua fuera de los polos está siempre en movimiento, tanto en el subsuelo como en los seres vivos. Por ello el agua es un insumo y un desecho permanente. No existe una sola molécula de agua que sea la misma entre el nacimiento y la muerte de los seres vivos.

El uso consuntivo de agua (incidente menos excedente) es ni más ni menos que el agua transpirada por la biota, es decir el total de los vegetales y animales ubicados en cada unidad de superficie, más la parte evaporada del suelo y la percolación subterránea. Dentro de la biota estarán incluidos los cultivos y las malezas, los animales de granja, así como toda la naturaleza silvestre que utilice el agua consumida como diferencia de la extracción menos la descarga. Por ello, del uso consuntivo, no todo es consumo productivo para los humanos.

Pero además, la producción agropecuaria podría ser la misma si no se desperdiciara el agua. La contradicción principal de la producción, es que se realiza con base en un desperdicio de recursos. Se podría producir el mismo volumen de alimentos con menos agua.

Es a partir de estas definiciones que se logran determinar cuales son las causas que ocasionan los problemas en cuanto al uso del agua agrícola, y estas son económicas, sociales, culturales, técnicas y ambientales.

1. Dentro de las económicas la principal son los subsidios que se destinan a su extracción, transporte y distribución. Los consumidores no pagan el precio del agua, solo una muy pequeña fracción.
2. Dentro de las sociales, el gasto social que significa el desperdicio del agua de riego no queda registrado en los costos de producción de los productores agrícolas pero sí queda registrado en el resto de la economía como una pérdida neta social de recursos.
3. Las culturales están relacionados con los usos y costumbres, tradiciones, y que en la actualidad incluye el hecho de que se viene regalando el uso indiscriminado del agua y se ha convertido en un derecho consuetudinario de los usuarios, sobre todo de los agricultores.
4. Los problemas técnicos tienen como principal componente el desperdicio por fugas en los canales de conducción y por el uso excesivo en los predios por su costo muy bajo que provoca efectos negativos en la capacidad productiva de los suelos.
5. Las ambientales se relacionan con la destrucción de ecosistemas y la disminución de su diversidad biológica y de la resiliencia de los ecosistemas para contrarrestar el efecto que provoca el uso

excesivo e innecesario del agua. Tiene también efecto en la saturación y salinización de los suelos, incidencia en el aumento de plagas y enfermedades agrícolas asociadas a la humedad. El mal manejo del agua puede causar erosión, contaminar el agua superficial y freática con biocidas agrícolas, incremento de flora y eutrofización en los cuerpos de agua por aumento en la cantidad de fertilizantes y materia orgánica proveniente de los cultivos y agrícolas,

En este estudio se va a dirigir el análisis fundamentalmente a las causales económicas del uso sobredimensionado en la agricultura del agua que impactan a la economía y al medio ambiente. Con el manejo económico del agua se pretende disminuir la parte del agua usada en exceso y sin destino productivo y evitar así la parte de degradación ambiental y de pérdida de recursos sociales que provocan los subsidios mal asignados dentro de las actuales políticas públicas.

La valorización del agua ha tenido diversos procedimientos, pero en todos los casos el valor tomado en cuenta para el cálculo es la utilidad obtenida en los cultivos a los que se destina sobre el agua consumida (Agudelo 2001 y Kelman 2004). Sin embargo, tanto la utilidad como el volumen del agua utilizado se han medido de diferentes formas.

En algunos casos donde existen datos del consumo de agua, se toma el uso consuntivo, en otros, en los que no se tienen la medida del gasto por hectárea, se toma la evapotranspiración teórica del lugar con base en tablas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

La eficiencia del riego, tomado físicamente, puede definirse como la relación o porcentaje entre el volumen de agua efectivamente utilizado por las plantas u el volumen retirado en el punto de provisión, tal como una bocatoma o la cabeza de la presa. Existen sin embargo diferentes criterios para medir el agua efectivamente usada por las plantas, entre las cuales se puede tomar la evapotranspiración potencial ETP, el consumo al nivel del predio o al nivel de la presa y otros más.

Según Angella (2000) la eficiencia del riego se mide relacionando el volumen de agua necesario para una ETP que impida el stress de las plantas en todo su ciclo, sobre el volumen de agua de riego derivado a la parcela. Esta relación debe realizarse para una uniformidad de distribución constante sobre la superficie. El estudio del autor demuestra que la eficiencia del riego para la cuenca de Río Dulce en Santiago del Estero en Argentina, era del 36% y atribuye esta baja eficiencia al inadecuado manejo del agua al nivel predial y la falta de mantenimiento en la red de canales.

La eficiencia de conducción en otro estudio en Río Mayo en Sonora, México, demuestra que se perdieron 315 hectómetros cúbicos de 545

servidos a las parcelas, ello significa una eficiencia del 42.2% del agua utilizada (Palacios 1976). Las pérdidas de conducción medidas fueron por infiltración en cauces y canales, por evaporación en los canales, fugas por las estructuras, y pérdidas por manejo de la distribución. El otro tipo de pérdidas es por infiltración, fugas y defectos de manejo en el predio.

Existen otras medidas de eficiencia en el riego como la de "Agua usada de manera benéfica" sobre la aplicada. En ella se contabiliza la ETP de los cultivos, la remoción de sales, el control climático, la preparación del suelo, etc. Los usos no benéficos se relacionan con la evapotranspiración de las plantas freatofíticas, percolación profunda excesiva, escorrentía superficial excesiva, etc.

A este indicador se le asocia otro llamado "Perspicacia" de Riego, el cual se refiere a la proporción entre uso benéfico y el volumen total derivado desde la presa que es aplicado en los predios.

Dentro de los usos que no aportan beneficios hay usos razonables, como el agua para mantener estándares de calidad en drenes, precolaciones profundas debidas a incertidumbres en el manejo del riego y desuniformidad, y las pérdidas que no son económicamente viables ahorrarlas. Las no razonables se relacionan con percolación profunda o escorrentía superficial excesiva e innecesaria.

Según la FAO, el promedio de eficiencia en riego en 93 países en desarrollo para el año 98 fue de 38%, mientras que sólo en América Latina era del 25%.

Existe otra medición de la eficiencia, complementaria de las anteriores y se refiere al volumen de agua requerida por tonelada o kg. producido. Es la medida más importante desde el punto de vista de la sustentabilidad, porque indica cual es el mínimo necesario para producir un determinado alimento.

En EUA el rendimiento experimental de riego de punta, fue de 25.9 kg por cada 10 metros cúbicos de agua, es decir un rendimiento de un kg. cada 386 litros, mientras el gasto en México en riegos de punta es de 1,800 litros por kg, casi cinco veces más (IMTA, *ibid*).

Los rendimientos observados en experimentos en Uruguay, muestran para el año 2000 un rango de producción de maíz de los 7,300 a los 11,250 kg. por hectárea, con riegos de entre 4,000 y 5,000 metros cúbicos por ha. y en otros resultados un rendimiento de entre 7,500 y 10,000 kg. por ha. con 3,500 a 4,300 metros cúbicos, alrededor de 400 a 550 litros por kg. de grano (Cardellino, 2000).

Para el análisis de la eficiencia económica del agua, existen autores que valoran al líquido según las utilidades que se obtiene de los cultivos de

riego. Pero no se han encontrado estudios que relacionen los incrementos en la utilidad por diferencia en la productividad del riego sobre el temporal.

El defecto que tiene el valorar el agua a través de su producción directa, es que cada tipo de cultivo da un valor diferente al agua. Pero el valor de este recurso natural no puede ser dado por la diversidad de usos. Dos cultivos diferentes en un mismo suelo darán valores distantes y diferentes para la misma cantidad de agua. En realidad este método no evalúa el valor del agua sino la posibilidad de usarla en cultivos más redituables.

Por ello el método para valorar el agua en la presente investigación será el costo de operación, y será considerado similar para todos los casos, dándose la alternativa de tres niveles de valorización del gasto realizado en agua, a) el costo de los actuales derechos cobrados por la instancia administrativa, b) los costos reales de operación de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y c) el costo de operación total promedio de la CNA para el agua agropecuaria, municipal e industrial tomado como el costo de oportunidad.

La fórmula con la que se calcula el valor es la misma esencialmente que la usada por todos los autores, solo que el agua que se toma como denominador en unos casos es la evapotranspiración y en otros es el uso consuntivo.

En cambio, para esta investigación se utilizará el agua gastada por hectárea en cada distrito de riego, calculada con base en el gasto total por distrito y la superficie regada por año en el distrito, a partir de los registros anuales de la CNA. El uso consuntivo a utilizar es el que reporta la CNA en promedio para trece años para los 92 distritos de riego en los cuales se observa que existe una gran persistencia en los datos correspondientes a cada uno de ellos año con año.

Por otro lado la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), publica cada año el volumen de la producción de riego y de temporal de todos los municipios, y en muchos de ellos coinciden con los que se dispone de los datos de volumen de agua utilizado por hectárea

Con ambas fuentes se comparó el rendimiento diferencial del riego respecto del temporal y su productividad respecto el consumo de agua por hectárea.

### ***Impacto de una política de valorización del agua en la producción agropecuaria.***

El problema radica en que el agua de riego se desperdicia a causa del propio sistema regulatorio, el cual pareciera ser muy racional dado el

contexto en el que interactúan los usuarios, pero que en los hechos provoca serias perversiones en su utilización.

El uso ineficiente del agua tiene varias causales. Por un lado altas pérdidas en la conducción (40%) en las redes y en la parcela (40% de lo que llega), el uso de tecnologías de producción no actualizadas que distribuye el riego en forma irregular, y el uso excesivo de agua en las parcelas en general, que provoca externalidades como la sobre explotación de acuíferos, más de medio millón de hectáreas con problemas de salinidad y más de 800 mil hectáreas de riego ociosas. (CNA 2007)

El desperdicio de agua en general y en especial en las parcelas de producción de maíz está incentivado por un mal diseño de las reglas de operación de las concesiones de agua de riego, y de la inexistencia de precios en el uso del agua que envíen una señal equivocada sobre la escasez relativa de este recurso según cada región. Una concesión de agua es el acto jurídico mediante el cual el Estado delega en un particular o empresa su aprovechamiento –siempre y cuando ésta sea de propiedad nacional-; en el caso mexicano de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, la concesión se otorga a personas físicas o morales de carácter público y privado para que exploten, usen o aprovechen las aguas nacionales en actividades productivas; sin embargo para uso agrícola, estas también se extienden a quien las administre u opere<sup>1</sup>. (Mathus, 2004)

Las concesiones de derechos de agua de riego, se mantienen en forma histórica y por derecho de uso, es decir, si algún agricultor por alguna circunstancia deja de usar el agua a la que le da derecho su concesión, puede perder esta opción a futuro. Esto provoca que exista un derroche en el uso de agua y se riegue la superficie cultivada con toda el agua que se tiene reservada en la concesión aún cuando no sea necesaria al cultivo. Esto puede llevar a que en algunos estados se pueda utilizar cuatro veces más agua que en otros por hectárea (Cuadro 17).

---

<sup>1</sup> **ARTÍCULO 50.** Se podrá otorgar concesión con fines agrícolas a: I. Personas físicas o morales para la explotación, uso o aprovechamiento individual de aguas nacionales y II. Personas morales para administrar u operar un sistema de riego o para la explotación, uso o aprovechamiento común de aguas nacionales (CONAGUA, 2004b)

**Cuadro No. 17****Lámina de agua en Distritos de Riego**

PROMEDIO 1990 - 2002

<b>ESTADOS</b>	<b>Sup. Física X1,000</b>	<b>Total M3 X1,000,000</b>	<b>Lámina de agua en Centímetros</b>
<b>Total general</b>	<b>2,823.7</b>	<b>30,313.4</b>	<b>107.4</b>
Aguascalientes	9.0	87.9	97.4
Baja California	199.2	2 458.4	123.4
Baja Calif. Sur	41.6	250.5	60.2
Campeche	14.3	66.3	46.4
Coahuila	5.6	55.6	98.9
Colima	22.4	632.7	282.6
Chiapas	24.8	322.0	130.0
Chihuahua	102.5	1 509.3	147.2
Distrito Federal	0.0	0.0	0.0
Durango	16.9	140.7	83.2
Guanajuato	158.3	1 159.6	73.3
Guerrero	19.8	497.8	251.3
Hidalgo	87.6	1 502.3	171.6
Jalisco	46.8	747.8	159.7
México	32.1	148.0	46.0
Michoacán	177.1	2 190.8	123.7
Morelos	31.5	731.2	232.4
Nayarit	25.5	399.6	156.9
Nuevo León	12.5	158.1	126.3
Oaxaca	25.1	525.1	209.1
Puebla	25.1	312.8	124.8
Querétaro	9.3	75.9	81.9
Quintana Roo	1.9	12.5	65.8
San Luís Potosí	21.7	149.8	68.9
Sinaloa	784.9	7 854.0	100.1
Sonora	549.2	4 817.7	87.7
Tabasco	0.0	0.0	0.0
Tamaulipas	258.8	1 581.4	61.1
Tlaxcala	4.2	24.5	57.9
Veracruz	37.1	812.2	219.2
Yucatán	8.6	48.5	56.6
Zacatecas	10.6	117.7	111.1
Laguna	59.7	922.6	154.6

Fuente; Elaborado por el autor, 2007, con base en CNA 2004

La Ley Nacional de Aguas del 2004 cuando se refiere a los sistemas de riego en México, establece que si un usuario no hace uso de su concesión de agua por dos años agrícolas pierde el privilegio del uso de esta concesión<sup>2</sup>. El uso del agua concesionada es gratuita y solamente se le cobrará por el volumen excedente utilizado sobre el concesionado. A su vez en algunos casos debe pagar un monto de mantenimiento de la

<sup>2</sup> Ley de Aguas Nacionales, Mex, 2004. Art. 29 bis, Fracción VI.

infraestructura y la operación de la misma; pero este pago no se relaciona con el uso del agua en sí.

Esta normatividad está regulada también en los estados por Reglas de Operación de los Distritos de Riego, las cuales promueven que los usuarios usen el cupo histórico que tienen concesionados; independientemente de la superficie sembrada; porque esto no implica un costo adicional a su sistema de cultivo y además se asegura tener un cupo de agua para futuros usos y cultivos, ante la posibilidad de incrementar la extensión cultivada o cambiar el tipo de cultivo.

Lo anterior se puede constatar al comparar los volúmenes utilizados en los diferentes estados descritos, donde en algunos se usa un volumen cinco veces mayor que en otros, siendo en todos los casos el principal destino del agua los cultivos de maíz o frijol.

Los resultados de esta tesis sobre la economía del agua agrícola deberán contener propuestas estrictamente económicas, pero no escapa de cualquier analista del tema, el hecho que promover el cobro del agua significará un impacto social importante al sistema de subsidios rutinario y automático de los productores rurales de México.

El problema con que se enfrentan las economías en desarrollo es que el subsidio se transforma en la mente de los beneficiarios como un derecho inalienable, una vez que se comienza a hacer efectivo. Ello sucede con cada uno de los subsidios que los sucesivos gobiernos incrementan a los beneficiarios. Cada vez que se crea un subsidio se transforma en definitivo.

Si bien el subsidio al agua no es en sí mismo un defecto de un sistema económico, en muchos países y principalmente en México su utilización tiene un objetivo estrictamente político y no económico. Esto hace más difícil la toma de cualquier medida que pretenda corregir las desviaciones del mercado causadas por los subsidios.

Así, en medio de una lucha política entre partidos de izquierda, centro y derecha (diferencia poco precisa para definir las concepciones partidarias en este principio de siglo XXI) la posibilidad de tomar una decisión económica que permita el uso racional del agua en el corto plazo y el de rediseñar los subsidios para que reduzcan las señales que fomenten la degradación ambiental, es una tarea que tendrá grandes dificultades por un lado para ser aprobada por el poder legislativo y por otro para ser aplicada, por el ejecutivo.

Sin embargo no deja de ser real el hecho de que no existe otra solución al desperdicio de recursos económicos y energéticos que tomar la decisión de cobrar por el agua usada en forma excesiva e innecesaria. Pero, como se verá, la solución a esta controversia es que el cobro para



los primeros diez años sea solamente a aquellos que abusen del consumo, mientras que los que gasten menos de cinco mil metros cúbicos por ha. seguirán siendo subsidiados al 100%.

A su vez será necesaria una adecuación a la Ley de Aguas para que se deje de estimular en forma perversa el desperdicio del agua por la obligación que genera la legislación de gastar el total del agua asignada para no perder los derechos.

Los gobiernos han subsidiado el agua hasta la fecha a los productores agrícolas porque consideran que es una política de defensa de la seguridad alimentaria. La pregunta que se debe hacer es si el valor de la producción agropecuaria lograda con esta política compensa el costo de apoyar esta producción, y el costo de la crisis ambiental de repercusiones de largo plazo que producen los subsidios al agua.

Entonces; ¿se debe dejar de subsidiar el agua a los productores?

Esta es la pregunta que se hacen todos los economistas. La respuesta es que no, simplemente se deben redirigir estos subsidios a todos los productores que sean amigables con el ambiente. Este debe ser el cambio que se le haga a las políticas. El problema es, como lo dice Ikerd (2005), que "the lion share" (la parte del león) de los subsidios siempre se la llevan los grandes productores y las agroindustrias.

Una nueva política ambiental debe proponer que los subsidios al agua agrícola no deben ir a los productores pobres solamente porque lo sean, sino a los pobres y a los ricos que cuiden el ambiente, es decir a los pequeños, medianos y grandes agricultores que utilicen dichos subsidios para restaurar, conservar o mejorar el suelo, los bosques y las selvas, es decir las piedras angulares del medio ambiente.

El problema sigue siendo pues, cuál debe ser la manera de distribuir subsidios sin que estos siempre terminen en manos de quienes tienen la capacidad económica de atraerlos.



## CAPÍTULO 4. FUENTES DE LA OFERTA Y DETERMINANTES DE LA DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS

El volumen total de agua represada en México ha venido creciendo de 38.0 km<sup>3</sup> en 1950 a 225.4 km<sup>3</sup> en 2004, es decir casi seis veces (CNA, 2006), y esta última cifra representa el 50 por ciento del total de agua superficial disponible por año en el país, la mayor parte de la cual se destina a la generación de energía eléctrica. Solo entre 1980 y 2000, el consumo del agua se incrementó en México un 40.0 por ciento entre, algo más que el crecimiento de la población. La fracción de agua que se extrae para la producción (78.4 kilómetros cúbicos), es más o menos el 15 por ciento del total de agua superficial disponible proveniente de la lluvia, de la cual se destina al riego agrícola más de las tres cuartas partes (cuadro 18).

México	Uso consuntivo del agua		
	1980	2000	% Incr.
Total	56.003	78.402	40,0
Superficial	39.374	53.017	34,6
Subterránea	16.629	25.385	52,7

Inegi 2007

Como contrapartida al incremento del 500% en las reservas de agua durante ese medio siglo, la participación del valor de la agricultura dentro del PIB descendió del 13.0 por ciento al 4.0 por ciento, entre 1965 y 2006 (INEGI 2007).

El gasto en bombeo hidroagrícola representa el 4.2 por ciento de la energía eléctrica total usada en el país, con la que se genera alrededor del uno por ciento del PIB nacional. Esto significa que tanto el agua como las fuentes de energía se están usando cada vez en forma más ineficiente, al destinarse a la producción en el sector menos productivo de la economía (INEGI 2005).

El riego con fuentes subterráneas de agua está además sobre-explotando los mantos acuíferos, porque su uso está concentrado en áreas áridas y semiáridas en los cuales se extrae más volumen que la capacidad natural de recarga, misma que está disminuida en esas regiones por efecto de la deforestación y mal manejo de los suelos (CNA 2006).

### Mercado de agua virtual y mercado virtual del agua.

Existe un mercado de agua virtual, el descrito para el consumo real del agua para producir un bien cualquiera y no solamente la del contenido del producto (Chapagain 2004). El agua virtual es el monto total de agua real que se transfiere entre el oferente, que es el estado mexicano

a través de sus instancias político administrativas como la CNA, los estados y municipios, así como algunos pocos organismos privados concesionados a los consumidores productivos, tales como los agricultores y las industrias,

En este caso el agua virtual se refiere a que cuando se comercializan los productos, con ellos también se está comercializando el agua necesaria para que esos productos se transformen en mercancías.

Esa agua que se gasta para poder generar un producto, es por supuesto mucho mayor que el agua que contiene la unidad de producto. El caso extremo son los granos secos de los cereales y leguminosas como el maíz o el trigo o el frijol, que solamente contienen treinta gramos de agua por kg. mientras que cada kg. requirió de mil a tres mil litros de agua para su proceso productiva.

Por otro lado, un litro de leche, contiene 920 gramos de agua, pero la vaca requirió de 100 a 200 lts. de agua virtual, según el alimento haya sido, alfalfa, maíz o sorgo forrajeros (Cantú 2005). Un vaso de jugo de naranja requirió también de la misma cantidad de agua aproximadamente (220 lt.); una lechuga requiere 800 litros de agua, un kg. de alimento para aves 3500 lt. y para una hamburguesa se necesitan 2,885 lt. Esos son pues los movimientos virtuales del agua, es decir que cuando se vende un litro de leche se está vendiendo 200 lts. de agua virtual, un kg. de maíz moviliza un promedio de tres mil litros virtuales, y así con todos los productos .

Cuando nos referimos a la carne, esta requiere entre 10 y 15 mil litros por cada kg. En ellos están incluidos los litros requeridos para sus requerimientos diarios de alrededor de 40 a 60 litros, y el monto virtual de agua para producir el alimento, es decir dos mil litros por cada kg. en promedio, calculando un consumo de seis kg. por cada uno de carne obtenida.

Y existe también un mercado virtual de agua, que si bien no está establecido físicamente en México, rige sin embargo los movimientos económicos de la producción agropecuaria de riego, a través de las transferencias de valor vía subsidios y de los consumos sobredimensionados del bien agua por tener en ese mercado un precio deleznable para el agente económico.

Es virtual porque aparenta no existir debido a que el estado se reservó el monopolio de su propiedad original, de su extracción y de la distribución. Los usuarios no pagan el precio del bien en un mercado libre, sino que lo obtienen a través de pagar una tarifa o algo similar a los organismos encargados de su distribución. El agua es entregada a los usuarios a un precio mucho menor al costo de obtención.

El mercado virtual es el que redistribuye en forma perversa todos los subsidios aplicados al agua. Así, el subsidio a la electricidad estará generando un uso del agua mayor a los requerimientos económicamente adecuados, que si el precio fuera establecido en el mercado.

El subsidio a los fertilizantes y los energéticos, tendrá como resultado un excesivo consumo de los mismos que terminará generando un producto final que tendrá un menor valor que el invertido socialmente en los apoyos a esos insumos.

De hecho, el mercado virtual del agua es un mercado que no es del agua en sí misma, sino del costo no pagado de los bienes, la energía y los servicios utilizados para su extracción, conservación y distribución. Así, un kg. de maíz estará siendo producido con entre mil y cinco mil litros de agua, cuando esa agua utilizada provenga de fuentes con mayor o menor nivel de subsidios a la electricidad, los fertilizantes, las bombas de extracción, las represas, los canales, etc.

Por ejemplo, en el Distrito de Desarrollo Rural de Baja California, se produce un kg. de maíz con menos de mil litros, mientras en el Distrito de Colima, el mismo kg. de maíz cuesta cinco mil litros del líquido. Ello porque en el norte, se produce con riego de fuentes subterráneas para la cual se tiene que pagar una parte del costo de energía eléctrica, aún cuando ella está subsidiada. En cambio en Colima el agua es superficial y los productores la reciben casi sin ningún cargo. Así el mercado virtual del agua estará intercambiando derechos, subsidios e insumos con un valor real de mercado, en la forma de agua líquida para el riego, sin que esos costos se expresen para el productor con riego.

El mercado virtual es cada vez más perverso cuando se le suman al mismo los subsidios del resto de los insumos de la producción tales como a los fertilizantes, precios objetivos, combustibles y lubricantes, maquinaria y equipo agrícola, apoyos a la comercialización, etc. Todos ellos estarán incrementando el volumen de agua utilizado por encima del verdadero costo racional, haciendo que los incrementos decrecientes tiendan a cero.

### **El mercado del agua en México**

La oferta de agua en México está pues monopolizada por el estado, a través de un organismo central que es la Comisión Nacional del Agua (CNA), y por organismos operadores en los estados y los municipios. Algunos municipios concesionaron a empresas privadas la operación de la distribución del agua municipal, como son los casos de Aguascalientes y de Saltillo.

La administración del agua en México se realiza en forma centralizada por parte del estado a partir de la constitución de 1917 que considera propiedad originaria de la nación a tierras y aguas. Esta definición no es jurídicamente la más correcta, pero se la ha aceptado como sinónimo de propiedad del estado que tanto el agua como la tierra es por principio propiedad del estado. El estado será luego quien otorgue la propiedad a otros agentes de la sociedad.

En el caso de las tierras, ellas pasaron a tener diferentes formas de apropiación, pero en el caso del agua, la administración de su distribución ha sido durante todo el siglo veinte función del estado.

Así, durante muchos años se manejó el agua a través de estructuras del estado mexicano con diversas denominaciones.

En 1926 se creó la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), que fue reemplazada en 1946 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), misma que funcionó durante treinta años hasta que en 1976 se fusionó con la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SARH).

En 1989, con la intención de que la administración del agua se realizara por medio de una estructura especializada y separada de los organismos administrativos del estado, que tuviera una vocación sectorial, especializado en la gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos se crea la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Esta Comisión, en medio de los lineamientos de políticas ambientales internacionales que consideraban al agua como parte sustancial de la sustentabilidad ambiental, pasó a integrar la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en 1994.

Las funciones de esta instancia administrativa centralizada fueron en todos los casos la dirección, organización, control y aprovechamiento del agua, y la construcción de obras de riego, drenaje, abastecimiento de agua potable y defensa contra inundaciones, las cuales siguen siendo las mismas que cumple estando dentro de la actual SEMARNAT.

La Ley de Aguas Nacionales del año 1946 con las que nació la SRH, tuvo muy pocos cambios hasta que en 2004 se modificó sustancialmente con la nueva Ley de Aguas Nacionales (LAN).

La CNA tiene dos niveles de organización, uno nacional y otro regional. Al nivel regional la CNA ejerce su autoridad a través de organismos de cuenca con participación de los estados interesados en cada cuenca y tiene para su administración el apoyo de Consejos de Cuenca de integración mixta que incluye a representantes federales, de los gobiernos estatales, municipales y de usuarios y organizaciones ciudadanas.

Como se observa, su operación es muy engorrosa debido a que es necesario conjuntar periódicamente a estos diferentes representantes que tienen intereses contrapuestos.

Sin embargo la mayor parte del agua sigue siendo responsabilidad de organismos públicos.

La demanda agrícola del agua se establece en torno a los 60 kilómetros cúbicos por año, cantidad que podría reducirse si se pudieran reparar las pérdidas citadas.

El costo de esa reducción es uno de los costos sociales ambientales que causan el desperdicio del agua. Si se repararan, se transformarían en ahorros sociales que permitirían aumentar el área regada o reducir los costos de operación.

Esa demanda podría reducirse más, sin que se redujera la productividad, si el agua se consumiera pagando sus costos de producción y a su vez se incrementarían el producto bruto agropecuario.

Del total de agua disponible entre superficiales y subterráneas que representaron 471.9 km<sup>3</sup>, se extraen 77.3 km<sup>3</sup>, de los cuales el 74.6% se destina a la agricultura, el 13.9% al consumo potable de la población, el 9.3% a la industria y el 2.2% se destina a la ganadería.

**Cuadro 19**

Región Administrativa / Distrito de Riego	LAMINA DE RIEGO PROMEDIO 1990 - 2002						
	MÉXICO				Agua Total		
	mm	%	tmca	mm	mm	desv	CV
	Riego	Subterr.		Lluvia	Total	est	
I PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA	1,124.9	39.2	0.7	183.4	1,308.3	1.1	9.5
II NOROESTE	877.5	31.8	1.0	397.1	1,274.6	0.6	6.6
III PACÍFICO NORTE	1,014.7	6.1	-0.5	596.5	1,611.2	1.1	11.0
IV BALSAS	1,965.4	2.4	0.8	837.9	2,803.2	1.0	5.2
V PACÍFICO SUR	1,877.2	0.0	0.2	1,168.0	3,045.2	1.8	9.7
VI RIO BRAVO	809.4	9.8	2.0	372.2	1,181.6	1.8	22.7
VII CUENCAS CENTRALES DEL NORTE	1,545.7	0.0	3.8	415.2	1,960.9	1.9	12.2
VIII LERMA SANTIAGO PACIFICO	968.0	16.9	0.9	604.0	1,572.0	0.8	7.9
IX GOLFO NORTE	937.1	3.3	-0.7	691.6	1,628.7	1.1	11.4
X GOLFO CENTRO	2,557.5	0.0	-0.1	1,789.0	4,346.5	2.6	10.3
XI FRONTERA SUR	1,299.9	0.0	-0.4	2,083.0	3,382.9	0.9	7.0
XII PENINSULA DE YUCATAN	514.1	100.0	0.3	1,137.4	1,651.5	1.0	18.7
XIII avm Y SISTEMA CUTZAMALA	1,713.2	0.0	0.6	699.9	2,413.1	0.8	4.8
T O T A L	1,071.4	13.1	1.0	771.0	1,842.4	0.4	3.7

1000 mm = 10000 M3/HA

Elaborado por el autor. Con información de CNA, 2004

Debido a que no existe un mercado formal del agua, en el cual este insumo tomara su valor real, se deberá asignarle un valor relacionado con los costos del servicio de aportar el agua a los productores. La producción agrícola en muchos países requiere de agua en épocas en los que no hay precipitaciones, situación que se establece en México en el ciclo otoño invierno en casi todo el país y también para los casos en que se quiera aumentar el periodo del cultivo; para lo cual se pueden realizar riegos "de punta"; es decir semanas antes o después del periodo de temporal de lluvias de primavera - verano.

El volumen precipitado en el país por unidad de superficie es muy variado. Por ejemplo en la península de Baja California, el promedio anual no rebasa los 200 mm. mientras que en Tabasco el promedio es de 2400 mm. La media nacional es de alrededor de 770 mm y en la mayor parte del país existen variaciones dentro de una misma cuenca, donde se tienen precipitaciones que varían un rango de hasta 500 mm entre la lluvia de la parte alta respecto de la parte baja (cuadro19).

Se podría suponer que el riego debería compensar la diferencia entre montos de agua llovida, pero la realidad no es así. Por ejemplo en el Distrito de Desarrollo Rural de Colima, pese a que la precipitación es de más de 880 mm, se utilizan gastos de 2 600 mm. mientras que en Baja California, donde las precipitaciones son de 200 mm, se utilizan gastos menores a los 700 mm. Es decir que en Colima, el total de agua que recibe una hectárea supera los 3 400 mm, mientras que en Baja California los gruesos totales no llegan a 1 000 mm. Este comportamiento hídrico de los diferentes Distritos de Desarrollo Rural del país no parece tener una explicación técnica racional, máxime que en estos dos casos se observa que el PIB generado por hectárea en Baja California más que duplica el valor generado en Colima (SAGARPA, 2007).

El gasto excesivo más bien aparenta depender de la voluntad de los responsables de los organismos operadores de surtir el agua, y que cuando se mantiene la compuerta abierta, los productores gastan el agua indiscriminadamente.

Una inversión para acondicionar los canales de riego, podría reducir a la mitad las pérdidas por desperdicios, se podría regar por lo tanto una superficie mayor y producirse una cantidad igualmente mayor de productos agrícolas o pecuarios (Aldama 2004).

**Cuadro 20 EFICIENCIA DEL USO AGUA POR KG Y PESO GENERADO — Promedios por Ha**

	Grosor de Lámina	Gasto	Ingreso.	Rend.	Eficiencia	
CULTIVOS	mm	m <sup>3</sup> /ha	\$/ha	Kg/ha	Lt/\$	Lt/kg
Frijol	550	5,500	6,000	1,600	917	3,438
Maíz riego	1,110	11,100	6,280	4,520	1,768	2,456
Maíz/riego de punta	910	9,100	6,280	3,000	1,449	3,030
Trigo	1,000	10,000	6,080	4,430	1,645	2,257
Sorgo	520	5,200	2,750	3,670	1,891	1,417
Tomate	2,070	20,700	104,600	28,600	198	724

Fuente: Elaboración propia con base en CNA – 2002 e INEGI – 2000.

A ello debe agregarse que las láminas de riego utilizadas son excesivas para las necesidades de los cultivos como se vio anteriormente, por lo que el cobro de una tarifa más racional y sustentable, provocaría ahorro de agua, cuyo excedente serviría para ampliar todavía más la cobertura de riego.

Por ejemplo, para producir un kg. de frijol se necesitan más de tres mil litros de agua, de dos a tres mil litros por kg. de maíz y más de mil por kg. de sorgo. En cambio para jitomate solamente se requieren alrededor de 700 litros (Cuadro 20).



Estos gastos pueden compararse con los datos analizados más arriba para EU, Argentina y Uruguay, en los que la eficiencia del uso del agua varía entre los 400 y 550 litros por kg. para el maíz.

Este desperdicio es resultado de una infinidad de causas relacionadas con las Políticas Públicas en México en los últimos 50 años, entre las cuales, que el precio cobrado al agua para uso agropecuario, es de cero pesos por metro cúbico extraído en el predio, y el gasto de energía eléctrica, está subsidiada en más del 80% para la agricultura.

### ***Participantes y sus motivaciones, fórmulas de precios o tarifas***

A consecuencias de la historia con la que se conformó la legislación de aguas en México, el ciclo institucional del agua se constituye de cuatro fases,

1. Comienza siendo por ley un bien público, establecido en el Art. 27 de la Constitución, cuando está ubicado en las fuentes de abastecimiento, los cuerpos receptores.
2. Luego, cuando es extraído y conducido es monopolio en manos de la federación, estados y municipios a través de la infraestructura de captación, procesamiento, conducción y distribución por la Ley Nacional de Aguas (LNA).
3. Se transforma en bien privado una vez que entra dentro de los predios particulares y se utiliza para consumo doméstico, industrial y agropecuario.
4. Vuelve a ser un bien social a través de los monopolios municipales y estatales de la infraestructura de drenaje y tratamiento de las aguas de desecho por la misma Ley de Aguas.

De manera que el agua pasa por varias formas de propiedad, de las cuales en la primera fase de su circulación se considera un bien público, es decir que nadie, dentro del territorio nacional, puede ser propietario del agua en forma individual en los lugares físicos que se consideran fuentes de abastecimiento y cuerpos receptores. También debería considerarse bien público a la constituyente ambiental que permita la cosecha limpia y de calidad del agua de lluvia, tal como los bosques y selvas, el suelo agropecuario bien manejado, la recuperación de áreas degradadas. Sin embargo todavía no entra esta parte en la legislación.

En la segunda fase, cuando el agua se moviliza en forma artificial, para dirigirla a los lugares en donde se encuentran los consumidores, ese proceso se realiza a través de un monopolio nacional, la Comisión Nacional del Agua y por otros monopolios estatales y municipales que dan el servicio a los consumidores.

Como tercera fase, una vez que el agua entra a circular dentro de los predios, casas o naves industriales privados, el agua se convierte en un bien privado. Es en esta forma en que la economía utiliza una parte importante del agua, y es cuando su contenido de valor y la suma de sus subsidios guían el comportamiento de los usuarios. Pese a que no existe un mercado real del agua, en los hechos, los agentes privados le darán un uso acorde a los costos con que les llega. Es en ese momento en que los subsidios contenidos en su estructura de costos hacen que la mayor parte del agua tenga como destino el desperdicio, debido a que se utiliza un volumen mucho mayor al requerido económicamente por la producción.

Una gran parte del agua también se usa en forma social en las represas de la Comisión Federal de Electricidad, para transformarse en energía eléctrica. Todos estos pasos del agua en la forma social de uso, es un conglomerado de movimientos económicos de subsidios y transferencias de recursos que no tienen un manejo económicamente rentable, y sobre todo son energéticamente no sustentables.

Finalmente, cuando el flujo del agua sale de estos lugares privados hacia la infraestructura de drenaje, entonces el agua vuelve a ser manejada como un bien público, ya que debe ser trasladada fuera de la ciudad, predio o industria y tratada para su descontaminación, misma que no se realiza más que en una reducida proporción del 18% (CNA, 2007).

Este proceso es todavía más perverso en el caso del agua rural, ya que todos los desechos de fertilizantes, agroquímicos, pecuarios y otros contaminantes rurales, que se utilizan en exceso a causa también de los subsidios, que son removidos y movilizados tanto por el agua de lluvia como la de riego, pasan a contaminar las fuentes naturales de agua de las cuencas en que se encuentran ubicadas las empresas rurales, tanto las superficiales como del subsuelo. En estos casos los efectos están mucho menos controlados que en las áreas urbanas debido a que las fuentes de contaminación son difusas, no concentradas.

Revisando el proceso se reconfirma que en todo lo relacionado con el agua, los beneficios económicos de su utilización son privados, tanto sea a los usuarios de las industrias, como a los domésticos o los agropecuarios, mientras que los costos son sociales, es decir atendidos con recursos públicos o como externalidades no pagadas por los causantes del deterioro.

En la cosecha, la extracción, la operación y la distribución, así como cuando los agentes privados la descargan contaminada, siempre es el estado el que se encarga de los gastos de su manejo. Los agentes privados no solamente no pagan el costo de su operación antes de llegar

a los hogares o centros de producción, sino que tampoco pagan el costo real de la contaminación que se le agrega al momento de su disposición final.

Todo este proceso es el que, distorsionando el mercado, hace que siempre existan señales equivocadas en la economía para el uso sustentable del agua.

Otro antecedente importante a la gestión integrada del agua proviene de los llamados principios de Dublín de 1992. Estos plantean que el agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para el sostenimiento de la vida, el desarrollo y el ambiente. Que el manejo del agua dulce debería basarse en una participación que incluya a los usuarios, los planificadores y los que elaboran y ejecutan las políticas públicas.

Contiene otras definiciones tales como que las mujeres juegan una parte central en la provisión, manejo y salvaguarda del agua.

Y finalmente la parte más polémica es la aseveración de que el agua tiene un valor económico en todos sus usos y este debería ser reconocido como una mercancía.

Los principios de Dublín han sido interpretados posteriormente por algunas corrientes, como los fundamentos o principios básicos para el manejo integrado de los recursos hídricos. En cambio los movimientos sociales modernos integrados en esa otra gran corriente llamada globalifóbicos, plantean por el contrario que el objetivo de los principios de Dublín es la privatización del agua. Hay pues una gran polémica sobre el punto que afirma que el agua tiene un valor, independientemente que entre o no al mercado, o su posesión sea pública o privada.

Sin embargo, en todos los demás temas existe más de una puntualización que hacer. Por ejemplo el declarar que es un recurso finito es una aseveración completamente incorrecta, porque si existe un recurso en el mundo que es renovable por excelencia, ese es el agua dulce. Todos los días circulan en la atmósfera miles de kilómetros cúbicos de agua que precipitan de manera regular en todo el mundo.

En todo caso habría que aclarar que en algunos lugares la población que lo utiliza gasta mayor volumen que el que precipita, pero eso no significa que el recurso sea finito, sino que se le está dando un uso no racional al recurso o porque vive un número de personas en la cuenca que consume directa o indirectamente un volumen mayor a la que recarga su precipitación.

Respecto que es un recurso vulnerable se puede confirmar por diferentes fuentes y ya fueron descritas. En un estudio del Banco

Mundial en la Unión Europea se expresa que los problemas de contaminación detectados para el agua provienen principalmente del creciente uso de agroquímicos tales como pesticidas y fertilizantes. Según sus análisis los principales contaminantes son los nitratos, fosfatos y pesticidas.

El problema que se presenta para controlar este tipo de contaminación proviene de la dificultad de identificar su fuente, ya que ésta generalmente es difusa y se origina en diferentes participantes. Y además porque las decisiones de los productores están afectadas por los precios del mercado de insumos y productos, así como de las políticas de apoyo para la agricultura. (Scheierling 1995).

Las conclusiones y recomendaciones del documento llamado Water and Agriculture: Sustainability and Recommendations, de la OCDE en 2006 indican que existe una compleja interrelación entre las demandas de la economía, la sociedad y el ambiente, pero que el problema más importante es el creciente sobreuso de agua en regiones con recursos escasos. El mayor reto se plantea en asegurar que los recursos usados por la agricultura se distribuyan de la mejor manera para hacer eficiente el uso del agua entre los cultivos. Se está entendiendo en los países de la OCDE que es necesario utilizar políticas públicas de reducción voluntaria o regulatoria del agua.

Se reconoce ya la necesidad que los grandes usuarios manejen el uso del agua a través de los precios de mercado, mercado de derechos o algún otro tipo de instrumentos de mercado.

Otro de los retrasos se ubica en el conocimiento científico y de información sobre la relación entre las fuentes de agua y la agricultura que impide la toma de decisiones de los elaboradores de políticas.

La sobreexplotación del agua está provocando la reducción del caudal ecológico en ríos y lagos (Anexo 4), de la recarga de agua en los acuíferos, competencia entre agricultores y otras demandas de agua, incluyendo a los ecosistemas y además un gran gasto creciente de la energía para mantener el uso del agua.

Finalmente, el análisis de la OCDE también demuestra que los subsidios a la producción y los insumos son responsables de agravar el sobreuso y la contaminación en varios de los países del grupo. Los apoyos a los precios objetivo de los productos agrícolas, así como a la infraestructura del capital fijo para el riego, los costos de operación y mantenimiento (incluyendo los costos institucionales) los que, junto a los subsidios a los derechos y al uso consuntivo del agua, desestimula su uso eficiente.

El subsidio a la energía agrava la reducción de los acuíferos e incrementa el uso de energía por unidad de volumen de alimento

producido. Además, permite que los cultivos marginales de una zona de riego persistan, provocando con esto una mayor sobre explotación de los acuíferos. Los cultivos redituables continuarán generando prácticas de sobre explotación del acuífero hasta que estos se vuelvan marginales o se llegue a una profundidad máxima de bombeo. Así bajo un criterio económico la sobreexplotación actual de los acuíferos puede ser evitada en gran medida, si no totalmente, retirando el subsidio a la energía eléctrica. (Paz et.al, 2005)

### ***Internalización de los costos ambientales del agua***

#### **Los costos ambientales del agua**

Aquí se analizarán los otros costos no pagados del agua, es decir los costos sociales que incluyen los ambientales directos, los subsidios y las pérdidas o externalidades que la degradación de suelos por mal manejo provoca sobre la infraestructura hidráulica.

Estos costos también incluyen a los de la contaminación urbana y rural, sin embargo no hay una evaluación que permita hoy en día, valorar su costo para sumarlo a los de la erosión. Esta contaminación proviene de las aguas negras o servidas de la ciudad, de la contaminación industrial y de la escorrentía agropecuaria. Para todos los casos el tratamiento de las aguas para el consumo humano o el riego es más costoso que el control de las fuentes de contaminación.

El tratamiento de aguas negras o grises antes de enviarlas a los cauces de los ríos es la medida más apropiada. Pero en el largo plazo es necesario educar a la población y a las industrias a utilizar insumos limpios, tales como detergentes biodegradables, así como filtros para la retención de contaminantes antes de entrar en la red de desagüe.

Por costos ambientales se entiende entonces todo el proceso de recuperación de las cuencas donde se obtiene el agua superficial y subterránea antes de comenzarla a extraer a través de mecanismos físicos, para luego potabilizarla y llevarla a la red de distribución o para conservarla en las presas para su utilización en la agricultura o en la generación de electricidad (Anexo 5).

En relación a la cosecha de agua, el costo ambiental no puede ser muy diferente en una misma región si se utiliza para el riego, la acuicultura, el consumo humano, la electricidad, el turismo o el riego agrícola. En todo caso la diferencia estará relacionada con el número y tipo de campesinos que pueblan las cuencas, con el tipo de agricultura, con las pendientes y el porcentaje de bosque o selvas y sobre todo con el régimen de lluvias de cada región.

Así el costo ambiental de este elemento se constituirá en una limitante de importancia en la estructura del producto interno bruto, tomando en cuenta la participación porcentual del agua en cada una de las actividades humanas.

Los costos ambientales del agua serán definidos aquí como aquellos gastos que debe realizar la sociedad para resarcir a la naturaleza los efectos que los procesos productivos y las actividades antrópicas en general ejercen sobre los recursos naturales y afectan e impactan en forma específica a la calidad y cantidad del agua cosechada como por ejemplo:

1. El uso y manejo degradatorio de los suelos en los predios
2. El uso no sustentable de bienes maderables y no maderables del bosque y las selvas
3. El impacto en la infraestructura hidroagrícola por el mal manejo de las cuencas hidrológicas.
4. La contaminación provocada por la agricultura, la industria y las ciudades.
5. El efecto de los subsidios perversos.

En el Compendio Básico del Agua en México-2002 de la CNA-SEMARNAT se observa que solamente un 5% del agua se puede considerar de calidad para ser consumida sin tratamiento. El 22% tiene una calidad aceptable y puede ser consumida con tratamiento convencional y el 49%, casi la mitad, solamente puede consumirse con tratamiento avanzado. El 24 % restante no se puede utilizar porque tiene un alto nivel de contaminación que no permite su consumo. Es necesario aclarar que estos datos fueron cambiados en reportes posteriores de la misma CNA para el año 2004, llevando el agua de alta calidad al 45%. Esto es un indicador de la poca confiabilidad con la que se cuenta en términos de las mediciones de la calidad del agua.

Cuando el agua se usa en cualquier proceso, de inmediato se desecha la casi totalidad y va contaminada con residuos metálicos, orgánicos y derivados del petróleo que terminan contaminando las mismas fuentes de agua, u otras ubicadas en zonas más bajas, que se utilizan para alimentar a nuestras ciudades y para regar los campos. Así, cada día se requiere de más cantidad de trabajo, energía e infraestructura para poder restituir al agua contaminada su calidad de pureza necesaria para volver a ser consumida.

La industria moderna logra contaminar las fuentes de agua en proporción mayor al crecimiento del PIB, debido a que éste crece a costa de un aumento geométrico del gasto en energía fósil, que termina

expresándose en desechos descargados junto con el agua en las vertientes de los ríos.

Con el paso de los años, y sobre todo en el siglo XX, los desechos municipales e industriales pasaron de ser desechos reciclables, a desechos no reciclables. Cada vez la industria produce para el mercado más empaque y menos contenido de producto útil, y esos empaques son cada día menos reciclables por lo que la basura crece en mayor proporción que el crecimiento de la economía.

A continuación se observa el nivel de descargas de los centros urbanos en el país.

### **Cuadro 21**

#### **Centros urbanos**

<u>(Descargas municipales):</u>	
Aguas residuales:	7.95km <sup>3</sup> /año (252 m <sup>3</sup> /s)
Recolección vía alcantarillado:	6.40km <sup>3</sup> /año (203 m <sup>3</sup> /s)
Mat. Org. Medida en DBO*	2.15millones de toneladas de DBO <sub>5</sub> al año
Recolección vía alcantarillado:	1.73millones de toneladas de DBO <sub>5</sub> al año
Eliminación en los sistemas de tratamiento:	0.33millones de toneladas de DBO <sub>5</sub> al año
<u>Usos no municipales, incluyendo a la industria,</u>	
Aguas residuales:	5.39km <sup>3</sup> /año (171 m <sup>3</sup> /s)
Se generan:	6.30millones de toneladas de DBO <sub>5</sub> al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento:	1.10millones de toneladas de DBO <sub>5</sub> al año

Fuente: Inventario Nacional de Descargas de Aguas Residuales. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. Subdirección General Técnica. Mex. 2002

\*/ DBO. Demanda biológica de oxígeno.

Los basureros en México tenían en el año 2000 una composición de desechos de 50% orgánicos y 50% industriales (INEGI 2002). Pero la energía necesaria para producir los residuos orgánicos es principalmente la proveniente del sol y por esa razón resultan ser totalmente reciclables en el corto plazo, en cambio en el caso de los bienes industriales es a la inversa, su mayor composición material proviene de la energía fósil, y por ello muy poco reciclables.

Últimamente la introducción de los envases de PET, ha generado un incrementado explosivo del volumen de los desechos inorgánicos en los basureros municipales. Se estiman en cientos de miles de millones los envases que se mueven por las calles, campos y corrientes del mundo (PNUD 2006).

La contaminación del agua en sus reservas naturales, proviene de las aguas servidas urbanas, los desechos líquidos industriales y las agropecuarias. En todos los casos las causas son de origen antrópico y por lo tanto derivadas de la actividad económica agrícola, industrial y de

los efluentes domiciliarios. Sin embargo aún en este último caso, el origen es también industrial.

La solución propuesta más común, es la de su tratamiento antes de la descarga en los desagües de la red de saneamiento. Sin embargo el problema debe ubicarse antes de que las familias utilicen el agua. Los principales contaminantes son los productos modernos de limpieza, llamados detergentes, que son muy poco degradables. De manera que los costos de tratar el agua son los que deberían cargarse a los productos no biodegradables utilizados en las casas o en la industria.

Los demás elementos orgánicos, como las grasas y la materia fecal, contaminan fundamentalmente por los niveles de concentración excesivos en las inmensas urbes que los generan. Pero estos, tarde o temprano se degradan por acción de la biodiversidad y por el efecto directo del sol y la oxidación.

Es importante destacar que el agua es el disolvente de los materiales contaminantes, no es un contaminante en sí misma, por lo que el nivel de degradación debe medirse en función del nivel de dilución y del tipo de los contaminantes en el agua de desecho. Por ejemplo la suciedad resultante de diferente tipo de empresas porcinas, no está en función de la eficiencia con la que se use el agua en los corrales, sino de la cantidad de residuos orgánicos que ella contenga, lo que hará que el agua de las empresas eficientes contaminará más por metro cúbico que la que use el agua en forma ineficiente, la que llevará, paradójicamente, menor contenido de residuos por unidad de volumen. En el cuadro 22 se observa el diferencial de descargas de materia orgánica por giro industrial.

Por otro lado, el agua del ejemplo tiene la capacidad de reciclarse a través de sistemas de saneamiento, en cambio los restos de aceite y gasolina de un taller mecánico se mantendrán diluidos en el agua y en el suelo en que se estacione por una infinidad de años, por lo que tienen una capacidad de contaminación mucho mayor por unidad de volumen.

Esta agua contaminada con materia orgánica y detergentes, contamina también al agua de lluvia al juntarse ambas fuentes en los colectores de la red de desagüe, por lo que no puede ser utilizada una vez mezcladas.



### de la descarga de aguas residuales

Giro Industrial	m3/s	MO (1)	% del total
Acuacultura	67.6	7	0.11
Agropecuaria	3.2	1 063	16.86
Alimenticia	3.0	193	3.06
Azúcar	45.9	1 750	27.76
Beneficio de Café	0.3	32	0.51
Celulosa y Papel	5.5	108	1.71
Cerveza y Malta	1.6	272	4.32
Curtiduría	0.1	9	0.14
Destilería y Vitivinicultura	0.4	230	3.65
Minera	0.8	56	0.89
Petrolera	11.4	1 186	18.82
Química	6.9	406	6.44
Servicios	10.3	183	2.90
Textil	0.7	14	0.22
Otros Giros <sup>(3)</sup>	12.9	795	12.61
<b>Subtotal</b>	<b>171</b>	<b>6 303</b>	<b>100</b>

Fuente: CNA Estadísticas del Agua en México. 2004

(1) Materia orgánica en miles de toneladas por año.

El agua de lluvia se perverte con los materiales impermeabilizantes, y con el asfalto de las calles y carreteras, y también se carga de compuestos minerales y orgánicos.

Los desechos industriales tienen la característica que contaminan el agua en proporción mayor al del crecimiento del PIB. La industria es

responsable de la mitad o más de los contaminantes orgánicos y la totalidad de los tóxicos, tales como los metales pesados y orgánicos persistentes. Casi todas las ramas industriales son contaminantes, y las que no aparecen en las estadísticas como tales, es porque seguramente los estudios todavía no se han realizado. Es el caso en México de la industria turística, restaurantes y hoteles que aparecen en las estadísticas del INEGI como con efecto cero sobre el medio ambiente.

Pero todas las demás, sean agroindustriales, papeleras, químicas, cuero y pieles, extractivas, minerales, metalmecánicas, petróleo, electricidad, siderúrgicas, textiles, etc., tienen una alta participación.

Otra de las principales causas de contaminación orgánica de los ríos y de otras fuentes de agua medidas en DBO, son los rastros municipales.

Pero de todas las fuentes de contaminación, la que mayor contribución tiene en la contaminación es el sector agropecuario y forestal y se da por los fertilizantes, los productos fitosanitarios, las deyecciones de animales en grandes hatos ganaderos intensivos. En México además un importante contaminante son los sedimentos y la pérdida de materia orgánica de los suelos provocados por la erosión que, unido a la escorrentía termina trasladando inmensos volúmenes de suelos desde las partes altas a las bajas de las cuencas. Estos contaminantes provocan la eutrofización de los lagos, lagunas y represas donde las ciudades se surten de agua potable. Y la contaminación no solamente afecta el agua superficial sino también la subterránea.

Y una de las razones por la cual existe este gran proceso erosivo es que el país tiene solamente un 16% de tierras netamente agrícolas, pero se cultiva más del 20% y gran parte de esos cultivos se realizan en zonas eminentemente forestales.

Por ello el manejo de la cosecha del agua de lluvia se constituye en la piedra angular de la mejora de la calidad y la reducción de la contaminación.

El manejo sostenible de los recursos naturales, como el suelo y la vegetación es la primera fase para la mejora de la calidad del agua tanto agropecuaria como urbana (Anexo 6).

Los reservorios de agua naturales solamente pueden tener alta calidad si se logra que no se contaminen ni con aguas servidas agropecuarias, ni industriales, ni urbanas.

La primera medida que se debe tomar es lograr que el agua obtenida en las áreas rurales no lleve sedimentos agropecuarios en la corriente.

Todos estos desechos se van asentando en lugares donde se infiltra el agua hacia el subsuelo o lagos y lagunas naturales o presas, por lo que provocan una reducción en la calidad del agua en la naturaleza, lo que obliga a realizar mayores inversiones para producir un agua de pureza o potabilización de estándares mínimos que no permita la propagación de enfermedades, ni contenga metales o sales en exceso para mantenerla libre de sabores indeseables.

Sin embargo, hay dentro del costo de potabilización una componente ambiental que es la diferencia entre el costo de tratar aguas con diferente calidad: la natural de lluvia conservada en cuencas cerradas que no tengan contaminación previa, misma que casi no necesita tratamiento y la contaminada previamente, que necesita mucho tratamiento. Esa diferencia debemos considerarla como un costo ambiental. En este estudio no se incluyen todavía estos costos por falta de información.

### **Los costos por la cosecha sustentable del agua**

El agua para ser cosechada con la calidad más alta posible, requiere de condiciones de limpieza y capacidad de filtración. Esa condición la tienen los suelos y la cobertura vegetal bien desarrollados, condición que tienen por lo tanto los bosques y selvas, pero también los suelos trabajados en forma sustentables, o los bosques artificiales.

Un suelo bien desarrollado, es aquel que mantiene las condiciones de estructuración y tres capas definidas que son denominadas por los edafólogos horizontes A, B y C.

El primero (A) es un horizonte con alto contenido de humus; materia orgánica descompuesta; y reconstituida en ácidos húmicos y fúlvicos y puede ser de textura arenosa, limosa o algo arcillosa, o una mezcla de estas tres gravimetrías. Tiene la función de mantener las condiciones de aireación y de nutrición de las plantas, así como la infiltración del agua hacia el subsuelo.

El segundo horizonte, llamado B, es el que tiene alto contenido en arcillas, y es el encargado de mantener agua para aportarlo a las plantas a través de las raíces. El tránsito del agua a través de este horizonte es más lento que en el A. El horizonte C, finalmente, es la roca madre en descomposición, es decir en proceso de transformarse en suelo vegetal. Es también permeable al paso del agua.

El suelo se comporta como un filtro del agua hacia el subsuelo. Cuando los suelos se degradan, pierden parte o el total del horizonte A y por lo tanto la capacidad de infiltración inicial de esa estructura natural; por ello el agua se escurre superficialmente en mayor proporción, y se reduce así, la cosecha de agua subterránea.

El suelo es el sustrato físico para que se fijen las plantas a través de las raíces y éstas cumplen también con la función de sostener al suelo y fortalecer su estructura contra la erosión.

A su vez la parte aérea de las plantas son el amortiguador natural para impedir el efecto erosivo de las gotas de lluvia. Este amortiguador impide que la gota de lluvia golpee directamente sobre la estructura del suelo desnudo y descargue allí toda su energía cinética, lo cual provoca un efecto erosivo 250 veces superior a la misma gota de agua escurriendo por la superficie (FAO 1995).

El efecto amortiguador es mayor cuando mayor es la superficie cubierta sobre el suelo. Es por lo tanto mayor en bosques y selvas que en sabanas y desiertos, es mayor en cultivos perennes y praderas que en cultivos anuales y también existen diferencias entre cultivos según el tiempo en que esté la tierra descubierta mientras crecen las plantas en las épocas de lluvia y también es muy importante el nivel de la pendiente de cada suelo.

La flexibilidad de las hojas es el factor esencial en la reducción del efecto erosivo de la gota de agua en el suelo vegetal.

La energía cinética del agua proviene, como ya se vio, transmitida por la luz solar al agua superficial de los mares y continentes, que hace que el líquido transmita el calor al resto de la masa acuosa marina y de las corrientes de agua superficial y subterránea, y a su vez parte se use en el proceso de evaporación, que en conjunto provoca, al cabo de nueve

días promedio, la precipitación del agua sobre los mares y los continentes.

Esa masa de agua contiene la energía agregada al agua, que se transforma en vapor, forma nubes y luego se precipita y pierde su energía cinética al llegar al suelo. Esa energía cinética es transmitida al objeto que se encuentre en la superficie, si es el suelo desnudo tenderá a remover la estructura natural del suelo. Si cae sobre una materia vegetal flexible, esta energía se convertirá en movimiento de la hoja. Dicho movimiento y la destrucción de la gota en partículas más pequeñas, elimina la energía. El hecho de que las hojas sean flexibles, permiten lograr que una vez que se realiza en choque de la gota de agua sobre la hoja, esta es forzada a moverse hacia abajo, hasta que la resistencia de su cabo y la rama la retiene en su lugar y vuelve hacia arriba para eliminar el resto de energía cinética que le transmitió la gota.

En el caso de materiales sólidos, la gota tiende a perder su energía dividiéndose en partículas más pequeñas.

Una vez removida la estructura del suelo, la corriente acumulada tenderá a ejercer efectos de erosión por escurrimiento. La existencia de vegetación reduce la velocidad del agua por la resistencia al movimiento. La escorrentía aumenta en forma aritmética con el largo de la pendiente y en forma geométrica con el grado de la pendiente.

El doble efecto del grado y largo de la pendiente incrementa el efecto erosivo de la escorrentía, y éste se multiplica con la disminución de la superficie cubierta de vegetales.

Finalmente si el agua cae sobre el suelo desnudo directamente, la gota provocará una destrucción de los agregados, y la destrucción será proporcional al grado de unión que les confiera el humus y la arcilla constituyente de su gravimetría.

Quiere decir que un suelo virgen en condiciones naturales, con alta proporción de materia orgánica tendrá una mayor resistencia a las gotas, que uno con gran degradación de los ácidos húmicos y fúlvicos que la componen, por excesivos cultivos.

Un suelo cubierto en su mayor parte por algún tipo de vegetación tendrá mayor resistencia a la erosión que un suelo desnudo. Un suelo con baja pendiente más que uno con alta pendiente.

Por ello es muy importante entender que el cuidado de los suelos es el primer paso de importancia para la sustentabilidad de los recursos naturales.

El gasto en reducir la erosión dentro de los predios en la cuenca a través de un manejo sustentable, por medio de un programa de pago de servicios ambientales es una de las formas más factibles de aplicar para resolver el tema de la degradación de suelos.

Así, se observa que para lograr una cosecha limpia y suficiente de agua se necesita mantener ciertas condiciones en los suelos para lograr este resultado. El costo de mantener estas condiciones es por lo tanto el que se debe incluir en los costos sociales de producción, como el verdadero costo ambiental de cosechar agua en los depósitos naturales.

En el cuadro 23 se observa el tipo y nivel de degradación de los suelos en México. La erosión de los suelos es el principal factor de reducción de la sostenibilidad del ambiente. Ello se debe a que los suelos son la piedra angular de la vida en toda la superficie de los continentes y parte

de la vida de los océanos. El suelo es la base física para la existencia de la biodiversidad, los bosques y selvas y la alimentación humana. La desaparición del suelo impide, por lo explicado anteriormente la cosecha de agua dulce superficial y subterránea de calidad.

Los procesos de degradación y agotamiento de los recursos naturales provocados por la producción de alimentos originan varios efectos sobre los suelos, entre ellos la desertificación. La causa fundamental de este

proceso es la actividad humana, por el mal manejo de los suelos forestales, agropecuarios y urbanos; la deforestación con fines agropecuarios y los incendios forestales. Cada minuto el mundo pierde 15 hectáreas de bosques, y una superficie de suelo tres veces mayor (PNUMA, 2000).

Cuadro 23 DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO		%
Tipos de degradación		Superficie afectada
<b>Erosión hídrica con</b>		<b>724 651.44</b>
pérdida de la capa superficial		495 668.85
deformación del terreno		227 760.40
sedimentaciones		1 222.19
<b>Erosión eólica con</b>		<b>291 711.40</b>
pérdida de la capa superficial		285 856.25
deforestación del terreno		5 855.15
<b>Degradación química por:</b>		<b>132 549.50</b>
pérdida de nutrimentos		31 171.91
Gleyzación		12 989.26
Salinidad		62 421.15
Contaminación		25 967.18
<b>Degradación física por</b>		<b>34 877.66</b>
Urbanización		7 469.16
Acidificación		10 789.66
compactación		5 473.20
inundaciones		11 145.64
<b>Degradación biológica</b>		<b>70</b>
		<b>817.45</b>
<b>Total</b>		<b>1 254 607.45</b>
		<b>100.0</b>

Nota: El total de la superficie afectada representa el 64% de la superficie continental del país, estimada en 1 959 248 km<sup>2</sup> (INEGI, 1999).

Fuente: Semarnap, Subsecretaría de Recursos naturales, 1999.

INEGI, «Superficies Continental e Insular del Territorio Nacional», inédito, México, 1999.

El crecimiento de la población ha producido una presión de tal magnitud sobre la tierra, que los ciclos de descanso de los terrenos en las formas tradicionales de agricultura se fueron reduciendo, hasta llegar a repetirse un cultivo cada uno, tres o cinco años en tierras con vocación claramente ganadera o forestal, los que deberían tener un ciclo de veinte años entre siembras con los métodos tradicionales.

Estos métodos de manejo de la agricultura migratoria y aún la no migratoria, sobre todo de los pequeños campesinos, incluyen casi siempre la quema del rastrojo del cultivo del año anterior o del acahual (los arbustos y árboles que crecieron, si se dejó esa tierra sin cultivo durante algunos años).

La roza, tumba y quema y otros sistemas similares, son comunes a casi todos los países tropicales y, aunque no se habían medido sus efectos anteriormente, estas prácticas no parecen haber causado problemas graves durante los miles de años en que se ha ejercitado, sobre todo porque los períodos en que se volvía a sembrar una tierra previamente cultivada era de una a dos décadas.

El crecimiento de la población tanto de la ciudad como del campo presiona constantemente sobre la desertificación (Ehrlich, 1993). Esta provoca la eliminación progresiva de los recursos naturales, cambios en los regímenes de lluvia y reduce fuertemente la productividad agropecuaria y forestal. Induce además contaminación de las aguas, impide su filtración hacia el subsuelo, ayuda a la generación de gases de efecto invernadero y por lo tanto al cambio climático del mundo y empobrece a las poblaciones de las regiones donde se desarrolla este fenómeno.

Los suelos de bosques y selvas son muy frágiles, debido a que están protegidos por la capa vegetal, son muy ácidos en general y con altas pendientes, por lo que la eliminación de sus árboles genera la destrucción inmediata de esas tierras. Además de que la fertilidad y estructura de estos suelos no es apropiada para la agricultura.

Esas tierras se cultivan sin tomar medidas de protección (tales como curvas de nivel, o terrazas), de manera que se pierden entre 50 y 200 toneladas de suelos por hectárea cada año, una vez que se quita la cubierta forestal.

Las investigaciones en suelos han demostrado que en México, por ejemplo, se pierden en promedio 13 kg. de suelo por cada kg. de maíz producido (World Bank, 1991), debido a que este cereal básico de la dieta nacional se cultiva en terrenos con pendientes mayores a 15% (es decir terrenos preferentemente forestales), en tres de cada cuatro hectáreas sembradas.

Se debe tomar en cuenta el efecto que el fuego agropecuario genera sobre los bosques, las llamadas externalidades negativas de la quema de terrenos y de los incendios forestales, por ejemplo la cantidad de oxígeno que se deja de producir y el carbono que se deja de capturar, por parte de esos árboles perdidos; la contaminación de anhídrido carbónico, humo y otros gases tóxicos que van a la atmósfera, así como las pérdidas causadas por el incremento de la erosión de los suelos de esos bosques y otras áreas forestales no arboladas que fueron arrasados por el fuego, que reduce la productividad de las tierras y azolvan los espejos de agua.

A la pérdida de la flora, se debe sumar por supuesto el valor de la fauna que convive con ella. Finalmente hay que contabilizar el valor que debe darse al paisaje que deja de existir al eliminarse esa capa de árboles.

La situación socioeconómica de la población rural de los países de la región es extremadamente crítica, debido a que la mayor parte de los productores están en niveles de subsistencia, por lo que podemos prever que no tendrán excedentes económicos para utilizarlos en la conservación sustentable de los suelos.

Es por ello que la política a desarrollar para ellos debe partir de la idea que en este momento la sociedad debe ayudarlos a conservar sus recursos productivos, no solamente porque es mejor para ellos sino porque se benefician todos los habitantes del país vía una mejora en los niveles de polución de la atmósfera, en una reducción de los azolves a las presas de agua, un incremento en la oferta de bienes agropecuarios y finalmente en una mejora de las externalidades ya señaladas.

El estado deberá tomar previsiones para que se estimule a los productores agropecuarios a dejar de utilizar el fuego en la preparación de las tierras y a realizar un manejo agropecuario sustentable, con prácticas de conservación tales como laboreo en contorno y agricultura.

La pérdida de suelo y el excesivo laboreo, hace disminuir la materia orgánica del suelo y casi la totalidad de esta materia erosionada se transforma también en gases de efecto invernadero.

La sostenibilidad de la producción agropecuaria es uno de los elementos claves en la posibilidad de que las generaciones futuras puedan disfrutar de los bienes naturales que todavía existen en el mundo. No se puede seguir creciendo a costa de destruir esos pocos recursos naturales y contaminando todas las fuentes de agua, suelos y biodiversidad. En estas formas alternativas de agricultura se debe incluir los métodos de labranza, llamados de mínimo laboreo, el incremento de la materia orgánica en el suelo, el control integral de plagas, así como el cultivo alternado o mixto de especies. El uso del agua de riego debe ser racional, y estar controlado a partir del propio costo, en el que se

incluyan la eliminación de subsidios y se agregue el pago del gasto ambiental.

Es a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando se produce el incremento explosivo en el uso del riego, los fertilizantes y los plaguicidas. Es necesario aceptar que no sería posible en el presente estado de cosas, alimentar a toda la población del mundo sin estos tres insumos. Es entonces que la agricultura pasa a constituirse en el primer factor contaminante a gran escala de todo el ambiente rural y urbano. El riego excesivo saliniza los suelos y los transforma en eriales improductivos, los fertilizantes aplicados en exceso se transforman, por el arrastre, en causantes de la eutrofización de los cuerpos de agua, y de la degradación de los ecosistemas costeros.

La erosión produce también sedimentaciones en otros predios, que pueden ser benéficos para el que lo recibe, pero que en términos ambientales significan una pérdida de la calidad del área degradada. Produce también azolvamiento en los cuerpos de agua, y por lo tanto pérdida de la capacidad de las presas, que deriva en menor vida útil de las inversiones realizadas.

Un buen manejo de suelos en las cuencas de las presas, a partir de una política convenientemente diseñada de pago de servicios ambientales, podría reducir, por lo menos a la mitad, la erosión por hectárea cultivada, lo que permitiría aumentar al doble la vida útil de las presas (a 120 años) y por lo tanto disminuir al 50% el valor de la amortización anual de las presas.

### **Los costos del manejo de los bosques**

Para el caso de un área preferentemente forestal, es decir, que alguna vez tuvo árboles o tiene una pendiente que impide la producción agrícola persistente, entonces una política de fomento a la producción sustentable es promover, a través de estímulos económicos y sociales, que se mantenga el bosque a través de apoyos de los programas de reforestación o de programas de desarrollo forestal, de manera que el ingreso y el bienestar que se obtenga por mantener el bosque sea mayor que los ingresos por agricultura.

En estos casos los servicios ambientales del bosque pueden ser pagados en primera instancia como área de cosecha de agua, y más adelante un pago complementario por mantener o desarrollar la flora y fauna nativa, una vez que se compruebe el crecimiento de las poblaciones en su seno.

Así los ingresos ambientales del bosque podrán ser la diferencia entre los costos de conservación y desarrollo del bosque o selva y la producción de agua y madera.



Los ingresos por la madera puede ser obtenidos a través del libre concurso al mercado, mientras que la cosecha de agua (y después los pagos por biodiversidad) deberá ser estimada por una instancia especializada que determine cuánto es el ingreso más adecuado a la región según el régimen de lluvias, para que los productores mantengan el bosque, los requerimientos de las ciudades y la disponibilidad concreta de las vertientes del agua cosechada para esas ciudades. A ello deben agregarse los posibles ingresos por productos no maderables de los bosques y selvas.

El Ingreso diferencial obtenido por estos cálculos deberá compararse con el Ingreso diferencial probable obtenido por el productor si destinara el predio o la superficie en cuestión a la agricultura más común de la región, sean cultivos tradicionales o especializados.

En todos los casos en que se requiera mantener los bosques para cosechar agua para las ciudades y el riego agrícola, el estímulo a la reconversión forestal de los suelos deberá ser mayor que el de dedicarlo a la agricultura para poder inducir a las comunidades de productores agropecuarios a destinar su producción a la forestería. Así, no solo es necesario dar estímulos a la producción forestal, sino también quitar los estímulos a la producción agrícola a través de los subsidios de PROCAMPO, fertilizantes, agua de riego, agroquímicos y créditos etc. en esas zonas de interés común. Todos ellos deberán destinarse, en los casos de cuencas altas, al mantenimiento de las áreas forestales.

Una fórmula que explicaría este resultado es la siguiente:

$$Sa. + Vf. + Pnf. - Cf > Pmagr. \times Pgra - Cagr$$

Sa. Pago por el Servicio del agua cosechada

Vf. Ventas forestales

Pnf. Productos no forestales

Cf. Costo de extracción de bienes forestales

Pmagr. Producción Media Agrícola anual,

Pgra. Precio del grano

Cagr. Costos de la producción agrícola. (sin subsidios)

Existen indicadores que permiten calcular cuanta agua cosechó un bosque, en función de las precipitaciones anuales, y de la cobertura media del bosque, por lo que el ingreso a obtener por parte del productor o la comunidad es medible y posible de pagar sin riesgo de desvíos de dichos fondos, con un sistema de pagos similar al de PROCAMPO.

Respecto a la producción forestal, esta deberá estar regulada para que se coseche la madera en función del crecimiento anual de nuevos

árboles y de su dimensión comercializable. Solamente se podrán dar subsidios a bosques que cuenten con programas de manejo.

Por ejemplo, en una región donde llueven 10 mil metros cúbicos por hectárea (cantidad correspondiente a 1,000 mm de lluvia), es posible que el 50% de la precipitación sea cosechada por el bosque.

Con el pago de \$0.05 por metro cúbico de agua capturada, el ingreso anual recibido por los productores que tengan bosques en sus terrenos será de 250 pesos por ha. (0.05 por 5000 m<sup>3</sup>).

Si además, en ese bosque la productividad es de dos metros cúbicos de madera por hectárea al año, (por ej. oyamel), puede ser pagada a 1,800 pesos por metro cúbico en rollo, por lo que tendrá un ingreso total por ha. de 3,600 pesos.

Se le debe sustraer un costo por la explotación forestal estimado en 2,300 pesos, el saldo será de 1,300 pesos netos por año por hectárea, los que, sumados a los 250 pagados por los derechos de la cosecha de agua, puede permitir un mínimo de ingresos de 1,550 pesos por ha, sin tomar en cuenta otros ingresos por productos no forestales del bosque.

Este ingreso neto es similar al que obtendría un productor por cosechar en esas mismas tierras, 1.4 toneladas por hectárea de maíz, a 1.1 miles de pesos por tonelada (precio del año 2001), de los cuales se deben restar los costos de producción entre los que se incluyen los insumos subsidiados (semilla, fertilizantes y plaguicidas).

En un terreno de calidad preferentemente forestal como el que se supone estar trabajando, (con altas pendientes y suelos muy poco profundos y pedregosos), para producir dos o más toneladas de maíz por hectárea es necesario realizar trabajos de conservación que seguramente elevan los costos por encima de los que se requieren para la producción forestal sustentable.

Quiere decir que una política pública que quite los subsidios a los productos e insumos agropecuarios en esas regiones boscosas o preferentemente forestales y los pase al pago de los servicios ambientales para la restauración de los bosques, permitiría cambiar en pocos años la actual tendencia a la degradación de los suelos y por lo tanto del ambiente de los pobladores de las regiones más vulnerables, con altas pendientes y alta marginalidad económica, que realizan cambios de uso del suelo de forestal a agrícola o pecuario para poder subsistir.

Actualmente el pago por servicios ambientales se ubica en 300 pesos por hectárea, un monto superior en 50 pesos a los calculados para una cosecha de 5 mil metros cúbicos.

Los ingresos totales de la producción maderera con un manejo forestal adecuado, es casi constante una vez establecido el bosque y elaborado el plan de manejo del mismo. Este ingreso maderero, que también pudo obtenerse antes que el productor degradara las áreas forestales para convertirlos en campos de cultivo, no es suficiente estímulo para regresar la producción a la forestería. Por ello el pago de los servicios ambientales del bosque se transforman en una piedra angular de toda la estructura de apoyos a la restauración de las áreas forestales. Definir con precisión los costos de la cosecha del agua y determinar un valor a la biodiversidad del bosque es la tarea más importante para mantener áreas bajo manejo forestal a través de un pago justo por estos servicios.

La retribución a pagar deberá compensar los requerimientos específicos de agua de cada una de las ciudades y sobre todos regiones prioritarias catalogadas de uno a nueve por la ley de Derechos, por lo que puede llegar a ser, en regiones altamente degradadas, de 0.050 o 0.075 pesos por metro cúbico, con lo que, en el caso citado en que se supone una cosecha de 5,000 metros cúbicos, el ingreso por servicio ambiental de cosecha de agua puede llegar a ser de 250 a 375 pesos por hectárea.

El ingreso de los productos forestales no maderables pueden ser sumado al total de ingresos sustitutos de la producción agrícola, en los cuales se incluyen la miel, resinas, leña, cera, hongos silvestres y cultivados, animales silvestres y flores.

Estos costos se añadieron a los costos ambientales en los cuadros de análisis junto a los valores de los costos de cosecha de agua del siguiente punto.

### **Valorización de costos ambientales de la cosecha de agua**

Los costos ambientales de cosechar agua fresca superficial y subterránea con alta calidad requiere de inversiones de diverso tipo tales como presas de gavión, curvas de nivel, manejo de la cobertura vegetal y de barreras contra el viento, así como el manejo racional del ganado sobre pasturas naturales o artificiales.

Todos estos diferentes tipos de manejo del suelo están incluidos en un programa de la SAGARPA que se llamó PIASRE hasta el año 2007; (Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente). Este programa fue inicialmente creado con la finalidad de fomentar el uso sustentable de los suelos, con una inclinación hacia la conservación de suelos. Pero actualmente es un programa más integral, y uno de los pocos subsidios que impactan en forma positiva al ambiente, ya que está directamente enfocado al manejo sustentable de los recursos naturales.

Entre todo el cúmulo de subsidios perversos destinados al campo, el PIASRE es un subsidio atípico y pionero, ya que éste no provoca degradación ambiental sino que por el contrario tiende a corregir el manejo inadecuado de los suelos.

Es por ello que el monto invertido por hectárea en este programa, es el único valor que puede ser equiparado a un costo ambiental y por ello será utilizado como patrón de restauración a los efectos de calcular los costos sociales ambientales en la producción agropecuaria de riego.

El presupuesto total asignado a este programa en los últimos seis años, fue de 2.87 miles de millones de pesos con los cuales se realizaron labores de restauración ambiental en áreas agrícolas y pecuarias en alrededor de 1.7 millones de hectáreas (Cuadro 24).

Esto da un promedio de 1.7 miles de pesos por ha. En este caso, la restauración ambiental debe ser realizada de forma que no se vuelva a revertir la mejora establecida. Se estima que estas mejoras no duran más de diez años, por lo que la depreciación anual será del orden de 170 pesos.

Es muy probable que se esté subestimando el monto real que debiera invertirse en la agricultura. Pero por ahora son las cifras disponibles a los efectos de estimar costos privados y sociales en la producción.

**Cuadro 24**

<b>Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (PIASRE) SAGARPA</b>							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTAL
Beneficiarios	176,820	178,698	244,259	119,717	136,596		856,090
Hectáreas	300,044	134,134	683,408	316,564	130,191	126,627	1,690,968
Presupuesto (millones \$)	414.0	421.2	560.0	531.6	483.8	462.9	2,873.4
Inversión por ha.	1.380	3.140	0.819	1.679	3.716	3.656	1,699.25

Fuente. SAGARPA 2006

Existen otras experiencias institucionales que deben ser utilizadas como valores de restauración ambiental, tales como los programas de apoyos de la Comisión Nacional Forestal, CONAFOR entre los que se incluyen los programas al pago por servicios ambientales, los de reforestación PRONARE, restauración de bosques y selvas PRODEFOR, e incluso los de plantaciones forestales comerciales, PRODEPLAN, los cuales tienen un resultado final virtuoso, es decir positivo para el ambiente. Estos programas también deben considerarse como parte de los gastos sociales que realiza el país para contrarrestar los efectos del manejo no sustentable de las actividades agropecuarias.

En estos programas se realizan inversiones de largo plazo, del orden de los 100 millones de dólares por año, mismos que se invierten sobre una

superficie de alrededor de dos millones de hectáreas en diversos montos. Sin embargo el efecto principal de estas inversiones se tiene sobre la cosecha de agua, por lo que no puede distribuirse su valor solamente sobre las hectáreas beneficiadas. Se debe calcular que esos valores benefician a la totalidad del área de riego pero también a los usuarios de agua potable e incluso a los usuarios de energía eléctrica, dado que ayudan a reducir los azolves en las presas y por lo tanto a incrementar la vida útil de las mismas.

Existe otro proceso de degradación del agua subterránea que es más complicado de evaluar y es el de la presión sobre los mantos acuíferos.

Todos estos costos no tienen todavía una valoración exacta, por lo que se tomará como valor el actual Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), los que se amortizarán junto con los costos ambientales del programa de restauración de suelos de la SAGARPA.

Actualmente se apoya una superficie de un millón de hectáreas, con 300 pesos a cada una. Ello significa, sobre las cinco millones de hectáreas de riego que son las que más utilizan el agua cosechada por estas medidas de conservación, un costo amortizado de alrededor de 60 pesos por hectárea, un costo social no pagado por los productores, sino por el resto de la sociedad. Estos costos se sumarán a los del PIASRE como costos sociales. Es notorio, aunque no existan mediciones más exactas, que este costo esta todavía subvaluado.

## Evaluación de resultados de la política de descentralización en materia hídrica instrumentada por la CNA y otras dependencias competentes.

**Cuadro 25**

**Concesiones del agua**  
**Volúmenes de títulos de aguas nacionales por año de inscripción en el REPDA**  
**(Cifras acumuladas)**

<b>Año</b>	<b>Vol. Hidro-eléctricas(km<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Demás usos (km<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Total (km<sup>3</sup>)</b>
1993	0.1	1.2	1.3
1994	130.0	6.4	136.4
1995	133.0	9.1	142.1
1996	133.0	16.9	149.9
1997	133.4	21.5	154.9
1998	135.1	25.8	160.9
1999	139.7	37.4	177.1
2000	143.0	63.2	206.2
2001	145.1	68.8	213.9
2002	145.6	72.7	218.3

Las concesiones de agua comenzaron a concertarse recientemente en México. La primera gran solicitud la realizó la Comisión Federal de Electricidad en 1994, fecha en la que solicitó la inscripción de 130 kilómetros cúbicos de agua, y fue incrementando su volumen inscrito hasta los 145.6 en 2002. Los demás usos, como el industrial y el municipal también se comenzaron a inscribir

masivamente a partir del 1993, pero su crecimiento fue más tardado, comenzando con 6.4 kilómetros cúbicos hasta llegar a los 72.2 en 2002 (Cuadro 25).

Desde los comienzos del siglo pasado, el Estado fue el encargado de construir, operar y manejar los distritos de riego. El agua era surtida como sustituta de la lluvia en los lugares donde era posible hacerlo, no solamente en las áreas áridas y semiáridas.

Pero a partir de los noventa, la política cambió con el fin de reestructurar los apoyos al sector agrícola y disminuir el gasto público en este sector, se llevó a cabo un proceso de transferencia del manejo y operación d los distritos de riego a los usuarios. Con ello se hace responsable del manejo, operación y conservación de los sistemas de riego secundarios y drenaje a las asociaciones de usuarios, quedando a cargo de la CNA el manejo y operación de los sistemas de almacenamiento y canales principales.

Hasta 1995 solamente se habían registrado en el Registro Público de Derechos de Agua REPDA algo más de 2,600 concesiones de aguas superficiales y 13,000 subterráneas, mientras que en 2002 había más de 112,000 superficiales, y 216,000 subterráneas.

Las políticas tradicionales de distribución del agua eran las de dotar del líquido a los productores en los distritos de riego, sin que se tuviera que

pagar por ello. Esta política fue revisada luego de que se comprobara fehacientemente el uso excesivo en los distritos.

La decisión de entregar en concesiones los derechos de uso del agua se realizó tomando en cuenta las experiencias y las estrategias de otros países como Francia y Chile. En Chile el proceso de concesiones tuvo un comportamiento similar ya que el volumen más importante es el que inscribió la Compañía de Luz en el país.

El problema de estas concesiones, en el caso de México, es la dudosa equidad con la que se ejecutó la distribución, que finalmente permite a quienes tienen la concesión la posibilidad de tener un ingreso por negociar en el futuro con el agua. Estas concesiones fueron otorgadas a las personas, empresas e instituciones que tenían mayores conocimientos del procedimiento. No siempre quienes tenían los derechos de uso, terminaron teniendo el derecho legítimo del acceso al agua.

Una de las razones por las cuales es improbable que los productores usuarios del agua hayan sido dados de alta en el REDPA, es que la inmensa mayoría de ellos no tenían costumbre de informar sobre el uso del agua, por lo que la probabilidad de que se hubieran registrados 239 mil de ellos entre diciembre de 1995 y junio de 1999 es casi nula porque deberían haberse regularizado 190 usuarios al día. El nivel de complejidad del trámite para registrarse hace poco probable el que hayan sido los usuarios reales los que se dieron de alta en dicho REDPA. (Nipón Foundation, 2003).

Los procesos de privatización de los derechos de uso tienen pues enfoques negativos y positivos. Son procesos que benefician a la economía pero dejan secuelas no previstas en los derechos de los usuarios tradicionales.

El mercado no se ha establecido en forma equitativa en México y por lo tanto no es todavía factible esperar que el precio del agua se regule por la oferta y la demanda de agentes económicos con derechos auténticos.

Las políticas de descentralización no resolvieron el verdadero quid del asunto el agua agrícola, el que ella se sigue usando como un bien común, sin que haya ninguna señal de la economía que dirija el gasto hacia una racionalidad del consumo productivo. El gasto siempre será el máximo que las condiciones permitan, y no el nivel más rentable.

Debido a que las concesiones no han sido realizadas en forma legal y legítima, el resultado es un mantenimiento de las condiciones previas que llevan al uso no sustentable del recurso.

Este instrumento económico que tiene como fundamento la necesidad de tener una concesión y la posibilidad de transferir los derechos, sienta las primeras bases de un posible mercado de derechos del agua. Las condiciones bajo las que se pueden transferir estas concesiones están establecidas en la Ley de Aguas nacionales.

La ley contempla el intercambio comercial de concesiones, aunque en la mayoría de los casos aún están ligados a la tenencia de la tierra. Se prevé que los mercados se establezcan sobre todo en los distritos de riego y otros sistemas colectivos y donde las demandas industriales y urbanas compitan por el agua usada en la agricultura.

Según la ley todos los derechos de agua deben estar registrados, así como también sus modificaciones extensiones, suspensiones, terminaciones y transferencias.

Si bien la LAN permite la participación del sector privado en la creación de infraestructura hidráulica, todavía no existe un desarrollo de la empresa privada en el sector agrícola. Solamente hay ciertas experiencias piloto de la participación privada en la prestación de servicios de agua en ciudades como son los casos de Aguascalientes, Cancún, DF en algunas áreas, Puebla, Navojoa y Saltillo.

La administración del agua se proyectó fuera realizada por una nueva instancia social llamada los Consejos de Cuenca que formalizara la concertación entre los diferentes niveles de gobierno y los grupos y organizaciones de la sociedad, mismo que sería establecido por el Consejo Técnico de la CNA.

Sus objetivos serían: ordenar los diversos usos del agua; sanear cuencas, barrancas y cuerpos receptores para prevenir su contaminación; promover y propiciar el reconocimiento del valor económico, ambiental y social del agua; conservar y preservar el agua y los suelos en las cuencas y; hacer más eficiente el uso del agua.

El consejo debe estar integrado por representantes de los usuarios con nivel de vocales, elegidos a través comités regionales de usuarios de riego, industriales, prestadores de servicios organismos abastecedores de agua y representantes de zona y otros tipos de agrupaciones.

Lo integrarán también funcionarios de la CNA, titulares de los gobiernos de los estados y participarían también invitados de la academia, especialistas, ONG, pero no se previó la participación de los integrantes de la cuenca.

De manera que la participación del Consejo de Cuenca se estructuró en todo caso con los usuarios pero no con los dueños del área que cosecha el agua.



Así, los consejos tuvieron una primera falla de construcción, no eran consejos de cuenca sino de usuarios.

Por otro lado, la estructura formada es de por sí una instancia administrativa pesada, con un número grande de participantes que enfrentará serios problemas para operar. Finalmente, existieron recursos para apoyar la realización de las reuniones, en términos de viáticos, pasajes, costos de realización de los foros, etc. pero solamente para los funcionarios públicos. El resto de los participantes deberían asistir de motu proprio y costeadando sus propios gastos.

El resultado es una inoperancia manifiesta después de varios años de existencia, pese a que se reportan más de dos mil reuniones entre todos los consejos (25), comisiones (17), comités (22) y comités técnicos (76). No existen constancias de que los resultados hayan mejorado la operación de las cuencas. El Consejo del Lerma Chapala, que fue el primero en instalarse en 1993, no tiene posibilidad de tomar acuerdos desde la fecha de su creación por los intereses tan disímiles que existen entre los gobiernos de los siete estados que la componen.

No hubo representación de todos los interesados y menos de los dueños de las tierras que surten las cuencas superficiales y subterráneas. De manera que es muy difícil lograr un manejo sustentable de las cuencas con ese tipo de organización.

Como consecuencia del formato diseñado, los que terminaban organizando y decidiendo en los consejos fueron los funcionarios de la CNA y de los gobiernos de los estados.



## **CAPÍTULO 5. CASO DE ESTUDIO; PRODUCTIVIDAD HÍDRICA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ**

*Con el fin de analizar la forma en que los subsidios impactan en la producción de riego y los demás insumos e inversiones, se describirá a continuación el comportamiento diferencial entre el maíz de temporal y de riego, y su efecto en la rentabilidad social y privada.*

*Se analizarán los componentes del costo del movimiento artificial del agua, los costos fijos correspondientes a la infraestructura y los costos variables de la operación y de administración, así como una estimación de los costos ambientales y otras externalidades.*

*Se observará como el impacto del riego en el maíz y en todos los cultivos se expresa en un incremento de la producción, a partir de la base del temporal. Por ello la medición del impacto debe ser realizado en superficies comparables, para lo cual se seleccionaron dentro de los distritos de desarrollo rural y los distritos de riego, aquellos municipios en los que se puedan confrontar ambas modalidades.*

*El incremento logrado de la producción de maíz, puede ser siempre explicado por el agregado del insumo agua de riego, aunque la aplicación del riego requiere para lograr mejores resultados, la complementación con el uso de semilla mejorada, mayor nivel de fertilizantes y agroquímicos, mecanización más intensiva y mayor nivel de conocimientos técnicos de los agricultores.*

*Desde hace mucho tiempo las políticas agropecuarias tienden a apoyar la producción de granos con subsidios. Como se explicó, los subsidios buscan resolver problemas específicos a través de la promoción de la producción de bienes y servicios.*

*La medida más precisa del efecto de los subsidios es justamente el incremento diferencial de la producción provocada por el uso de agua de riego. Lo que la sociedad aporta para incrementar la producción debe medirse con el incremento logrado por esas políticas.*

*El presente capítulo justamente está destinado a medir el impacto del riego y el costo social que significa ese impacto.*

### **La función de producción agropecuaria**

La producción de maíz como cualquier tipo de producción agrícola siempre se ha planteado como una función de la conjunción de los factores tierra (t), trabajo (l), el capital (k) y la empresa (e);  $Prod = f(t, l, k, e)$ . Sin embargo actualmente todas las funciones de producción,

sobre todo las agropecuarias, deben incluir un nuevo y complejo factor, el ambiente.

Así, el factor tierra que siempre se consideró pagado con el recurso renta, tiene ahora que tomar en cuenta el desgaste del suelo, que tiene una forma de medición muy compleja. Así, la propuesta de Paul Samuelson, de que no es necesario incluir al factor tierra separado del capital,  $Prod = f(l,k,e)$  debe ser revisado a la luz de los conocimientos derivados de los análisis de la economía ambiental, porque ambos, tierra y capital, tienen orígenes y sobre todo comportamientos muy diferentes, además que el suelo debe concebirse en dos dimensiones, la productiva y la ambiental.

El pago de la renta no restituye la calidad perdida en el proceso de producción ni tampoco las externalidades que esta degradación produce a terceros, sobre todo cuando esa pérdida es causada por el uso social del recurso, el ya conocido tema de los *commons*, en el cual ni siquiera se hace efectiva la renta.

El nuevo tema ambiental, pues, tiene varias aristas. Además de la degradación físico, química y biológica del suelo, existen gastos realizados por la sociedad que deben ser tomados en cuenta como costos ambientales no valuados en los costos de producción, que son subsidios indirectos que mejoran la capacidad de los suelos, pero no son pagados por el agente productor, total o parcialmente, como es el caso del costo de la infraestructura y operación del agua y otros insumos.

Por ello, las funciones de producción deberán ser complementadas con el costo ambiental, compuesto por la degradación de los suelos y su biodiversidad, los costos sociales para el ambiente y el valor de las externalidades producidas al resto de los agentes productivos.

El capital también tendrá que componerse de varias partes, el directamente proveído por el agente productor y el gasto realizado por la sociedad en la forma de apoyos o subsidios a la producción.

Los problemas encontrados a la hora de completar la fórmula de las funciones de producción para el maíz fueron la inexistencia de costos diferenciados para capital y trabajo en las fuentes. En la fuentes de información oficiales, que analizan costos de producción (SIAPP 2007) no se consigue información desagregada para el tiempo de trabajo por operación separado de la máquina o los insumos correspondientes, por lo que no se podrá tener una curva de la productividad específica del trabajo o de cualquier insumo o la maquinaria del trabajo realizado para aplicarlo en el proceso productivo. Estos insumos deberán valorarse juntos.

El pago al factor tierra finalmente, solo puede estimarse como un porcentaje de las utilidades, pero no serán indicativos de la verdadera calidad de la tierra y su ubicación o distancia del mercado, porque ambos componentes están distorsionados por los efectos del sinnúmero de subsidios que impactan a la producción agropecuaria.

Por lo anterior la función de producción a utilizar estará compuesta por valores integrados de insumos, maquinaria y mano de obra, y solamente se comparará el costo diferencial entre riego y temporal en promedio para todo el país.

### **Función de producción e impacto del riego**

En este apartado se describirá la función de producción que se utilizará para el análisis del diferencial entre el riego y el temporal. Este rango es el incremento en la producción que el paquete de riego provoca sobre la producción básica del paquete de temporal.

El incremento medido será resultado de la acción del agente privado y del apoyo aportado por la sociedad a través de los subsidios. Así, se obtendrán dos tipos de ingresos, que generará dos tipos de rentabilidad, la privada y la social.

La privada es la compuesta por los gastos normales de los agentes productivos, es decir los empresarios agrícolas de riego, comparados con los de temporal, y la rentabilidad social es la que contabiliza los gastos que el estado ha realizado a lo largo de los años, sumado a los que en cada año agrícola destina a promover la producción de maíz.

Así se puede formular que el impacto del riego en la rentabilidad social del maíz es función de los siguientes factores de producción que incluyen la actividad tanto de los privados como del estado:

$$Re ntSocial = f(\Delta Yr / t, COp., CP, CS); Cl, S, H$$

$$Yr/t = \Delta pr / pt * PMR$$

$$YMgP = Yr/t - COp + SB$$

$$YMgS = YMgP - CS \geq 0$$

Los componentes de estas fórmulas son:

Yr/t; Ingreso diferencial riego sobre temporal

$\Delta pr/pt * PMR$ ; Incremento en la producción de riego sobre temporal por el precio medio rural

YMgP; Ingreso diferencial privado

COp; Costo de operación del agua

CP; costos privados integrados (diferencial entre costos totales de riego y temporal que incluyen mano de obra, insumos y maquinaria)

YMgS; Ingreso diferencial social

CS; Costos sociales = SB+DI+CA+GOA

SB; Subsidios

DI; Depreciación anual de la infraestructura

CA; Costos ambientales (Restauración de externalidades + Depreciación diferencial de la infraestructura)

GOA; Diferencial de gastos de operación del agua (superficial vs. subterráneo)

Las funciones de producción están condicionados por los factores clima, suelos y humanos:

Cl; Clima: Temperatura, humedad y mm. Lluvia.

S; Suelos: Componentes físicos, químicos, biológicos y pendiente.

H: Humanos: relacionados con habilidades y conocimientos

Estas fórmulas son las que permitirán analizar el comportamiento de los cuadros de resultados. Ellas indican que el ingreso diferencial social es directamente proporcional a la productividad diferencial entre riego y temporal por hectárea y al precio medio rural e inversamente proporcional a los costos de la infraestructura hidroagrícola, así como a los costos sociales (ambientales, subsidios y al diferencial ambiental de la infraestructura),.

También muestran que el Ingreso diferencial privado es directamente proporcional a la productividad diferencial entre riego y temporal por hectárea y el precio medio rural, más los subsidios, e inverso al costo de operación del agua.

### ***Metodología de cálculo para el diferencial riego - temporal***

La forma de realizar comparaciones se hace a través de relacionar datos coincidentes de producción y gasto de agua de los 37 Distritos de Riego de la CNA y de los 192 Distritos de Desarrollo Rural de la SAGARPA para comparar el comportamiento de las diferentes regiones, respecto del uso del agua y la productividad por ha. y para ello se conjuntaron los datos de los distritos de riego y desarrollo rural que tuvieran información de los mismos municipios para el ciclo primavera verano con riego y temporal en el mismo municipio.

Se observó una importante dispersión en la productividad por hectárea, lo que indica que probablemente los paquetes tecnológicos entre distritos de riego tienen muchas variaciones, además de las condiciones agroecológicas propias de cada una. Se puede confirmar lo expresado en las hipótesis, que no existe correlación entre el uso del agua y la productividad entre distritos de desarrollo rural. Esto es seguramente resultado del costo casi inexistente del agua de riego, especialmente cuando es rodado, por lo que es probable que la variación en el volumen de agua utilizado dependa en mayor medida de factores no económicos,

como ser un volumen excedente de agua en la presa que de agentes técnicos que se dirija a la optimización de factores.

Los cuadros con los cuales se analizan los efectos de los costos reales del agua respecto la rentabilidad de la producción de maíz se componen de los grupos de datos siguientes:

1. Datos de la base de la SAGARPA 2006 para cada columna.
  - a. Estado en el que se ubica el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) seleccionado.
  - b. Nombre del municipio correspondiente al Distrito de Desarrollo Rural
  - c. Hectáreas de superficie sembrada
  - d. Superficie cosechada
  - e. Superficie siniestrada en porcentaje
  - f. Volumen físico total estimado de la producción en el municipio
  - g. Valor generado con esa producción en el área correspondiente
2. Datos derivados que incluyen ingresos brutos de los predios entre paquetes tecnológicos de riego y de temporal.
  - a. Rendimiento por hectárea cosechada
  - b. Precio medio rural en cada DDR
  - c. Valor por ha.
  - d. Saldo entre producción en la modalidad de riego sobre la de temporal en el mismo ciclo (PV).
3. Cálculo de costos del agua por cada distrito de temporal con datos de CNA por Distrito de Riego.
  - a. Gasto en metros cúbicos por hectárea calculado por la CNA en el Distrito de Riego correspondiente al mismo municipio del DDR.
  - b. Agua total gastada en el municipio para maíz.
  - c. Valor diferencial entre riego y temporal por cada metro cúbico de agua utilizado.
  - d. Porcentaje de aguas subterránea usada en el Distrito de Riego.
  - e. Costo calculado del agua subterránea por metro cúbico. (con base en los costos de producción de SAGARPA)
  - f. Costo calculado del agua superficial por metro cúbico (con base en información del PEF 2006 para los programas hidroagrícolas de la CNA)
  - g. Porcentaje de agua superficial usada en el DDR.
  - h. Valor del agua según alternativas de precio de CNA.

- i. Costo de operación por hectárea del agua utilizada según costos de la CNA,
  - j. Costo incremental del riego sobre el temporal,
  - k. Ingreso diferencial por ha.
  - l. Ingreso diferencial por metro cúbico
4. Inclusión de otros ingresos por subsidios a partir de los recursos programados en el Presupuesto de Egresos de la Federación 2000 - 2006.
- a. Subsidio de PROCAMPO por ha.
  - b. Otros subsidios obtenidos del Presupuesto de Egresos de la Federación 2006.
  - c. Total de los dos anteriores.

#### Integración de los costos sociales

5. Ingresos marginales privados totales del paquete tecnológico de riego sobre el temporal a partir de deducir el valor generado por ha. en temporal al valor de la producción de riego en cada municipio
- a. Costos de infraestructura amortizada en 60 años.
  - b. Diferencia entre amortización a 60 años y amortización a 35 años.
  - c. Costos de restauración ambiental tomados de PIASRE
  - d. Subsidios tomados como costo de la sociedad
  - e. Costo total social y ambiental
6. Ingresos marginales sociales, calculados deduciendo estos costos del Ingreso diferencial privado.
7. Concentrado de gastos sociales
- a. Calculo de gasto social por ha.
  - b. Costo ambiental por tonelada
  - c. Precio del maíz integrando costos ambientales al precio medio rural
  - d. Costo ambiental por metro cúbico de agua.

#### **Veinte municipios con maíz de riego y temporal**

A partir de las bases de datos citadas se buscó coincidencia entre los distritos de desarrollo rural de la SAGARPA para la producción de 2006 y los distritos de riego de la CNA (promedio del periodo 1990 - 2002) para poder hacer comparaciones más puntuales, que relacionaran producciones con diferente modalidad (riego vs. temporal) en cada uno de ellos.



Se encontró que 20 municipios en otros tantos Distritos de Desarrollo Rural coincidieron en tener cultivo de maíz en las modalidades de temporal y de riego, durante el ciclo primavera-verano en el distrito de riego del mismo nombre del municipio, en otros tantos estados que son:

**Cuadro 26**

Estados	Municipios	Estados	Municipios	Estados	Municipios
Ags	Aguascalientes	Jal	Tomatlán	Qro	San Juan del Río
Coah	Acuña	Mex	Jilotepec	SLP	Río Verde
Col	Colima	Mich	Zamora	Tamps	Mante
Dgo	Gpe Victoria	Mor	Zacatepec	Tlax	Huamantla
Gto	Celaya	NL	Montemorelos	Yucatán	Ticul
Gro	Altamirano	Oax	Huajuapán de León	Zac	Fresnillo
Hgo	Tulancingo	Pue	Tehuacán		

Se seleccionaron municipios coincidentes con los Distritos de Riego porque en estos se conoce el uso consuntivo de agua por hectárea de cada uno a partir de la información de CNA.

En ellos se tomó la producción solamente referida a maíz común (llamado blanco, aunque realmente incluye una gran variedad de tipos). La producción de maíz tiene un sinnúmero de formas de realizarse, desde las de subsistencia con muy poca tecnología, hasta la de riego que siempre incluye un paquete tecnológico bastante complejo, como tractores, maquinaria agrícola, fertilizantes, agroquímicos, cultivos y cosecha mecánica.

No hay información suficiente para diferenciar a detalle las tan variadas y diversas tecnologías. Sin embargo, las principales formas de cultivarse pueden separarse por un lado, el riego por bombeo (BMF) y riego por gravedad (GMF), a los cuales se asocia el uso de fertilizantes y maquinaria.

El diferencial de costos privados en maíz entre riego y temporal fue tomado del SIAP (2008), y recalculados por el autor. El resultado que se obtuvo fue de 2,758 pesos más para el riego de los costos medios de la producción en temporal, casi 40% por encima. En el cuadro 27 se detallan las acciones más comunes descritas en los cuadros de costos en varios estados del país para ambas tecnologías. Los costos utilizados son los promedios de los insumos y labores que se repiten en más de la mitad de los estados.

**Cuadro 27 MEXICO 2006**

**MAIZ; COSTOS DIFERENCIALES RIEGO - TEMPORAL 2007**

<b>RIEGO, MAQUINARIA, FERTILIZANTE</b>			<b>TEMPORAL, MAQUINARIA, FERTILIZANTE</b>		
<b>Clave</b>	<b>Concepto</b>	<b>PROMEDIOS</b>	<b>Clave</b>	<b>Concepto</b>	<b>PROMEDIOS</b>
101	Acarreo de cosecha	245.1	101	Acarreo de cosecha	350.3
104	Aplicación de fertilizantes	268.6	104	Aplicación de fertilizantes	333.3
110	Barbecho	610.2	110	Barbecho	652.1
111	Bordeo	175.0	118	Desgrane	565.0
134	Rastreo simple	476.0	121	Desvare	420.8
136	Aplicación de riego	744.2	125	Escarda o pomedeo	317.8
138	Siembra	349.4	134	Rastreo simple	308.3
141	Surcado	199.2	138	Siembra	726.7
143	Trilla	552.7	141	Surcado	741.3
179	Aplicación de herbicidas	203.1	151	Pizca, encostale y acarreo	249.9
180	Aplicación de insecticidas	252.7	180	Aplicación de insecticidas	592.9
407	Sulfato de amonio	1,310.0	409	Superfosfato triple	750.9
411	Urea	1,137.0	411	Urea	243.0
600	2-4 D	23.3	607	Gesaprim-Combi	86.7
605	Esteron 47	60.8	608	Gramoxone	140.0
607	Gesaprim-Combi	44.2	609	Herbipol	36.0
608	Gramoxone	31.7	701	Counter 5%	108.0
641	Tordon	56.0	706	Foley	108.0
642	Marvel	209.9	945	Semillas criolla	270.0
704	Dimetoato	30.0			
835	Costo de agua de bombeo	1,736.2		TMF	7,000.9
946	Semilla mejorada	1,043.7			
<b>COSTOS PROMEDIOS TOTAL</b>		<b>9,758.8</b>	<b>DIF. RIEGO TEMP</b>		<b>2,757.9</b>

Fuente. Elaborado por el autor con datos SIAP 2008

La producción de temporal por su parte se realiza con otras tantas variaciones en su tecnología, desde el laboreo, siembra y cosecha a mano, hasta la aplicación de la misma tecnología que en riego, con la salvedad del uso del agua. Igualmente se tomará como una tecnología única con uso de fertilizante y maquinaria para poderlos hacer comparables (TMF) ya que es la más comparable a la de riego.

La relación se hará pues entre riego superficial y subterráneo, considerado como un solo paquete tecnológico (BMF-GMF) y el temporal como otro paquete (TMF), pues a los efectos del análisis, el resultado de ambas modalidades interesa principalmente desde el punto de vista del gasto global del agua dentro del riego.

En cada uno de los distritos mencionados se obtuvo la superficie sembrada y cosechada en hectáreas, la producción total en toneladas y su valor en pesos en todo el distrito de temporal. Además se tiene esa

información por ciclo de primavera verano (PV) y de otoño invierno (OI), así como la modalidad, de temporal y de riego. En el análisis solamente se tomó en consideración el cultivo durante el ciclo PV.

Con esta información se extrajeron una serie de datos derivados como el rendimiento promedio, el precio medio rural y el valor por hectárea.

Luego se realizó un cálculo de la mejora obtenida en la producción sobre datos de un mismo ciclo con el uso del riego sobre el temporal.

El incremento en el valor de la producción logrado por el riego sobre el temporal se comparó con el histórico promedio de los trece años señalados (1990-2002) de volúmenes de agua utilizado en cada distrito de riego, información que fue obtenida de las bases de datos de la Comisión Nacional del Agua (2004).

Con la información original se extrajo el valor generado por el riego por hectárea, por metro cúbico de agua utilizado.

A partir de los reportes de ingresos por derechos de uso del agua de la CNA se obtuvieron los costos reales de operación y del costo medio de toda el agua operada por la CNA. Estos costos se calculan con base en el total de agua en proporción al riego subterráneo y superficial en cada distrito de riego; y de ellos se puede conocer:

- a) el costo unitario promedio del agua pagada por los productores de los Distritos de Desarrollo Rural,
- b) el costo de operación real de la CNA del agua de riego y
- c) el costo promedio de toda el agua utilizada en el país.

Restando el costo unitario del agua promedio según el porcentaje de tipo de riego, al valor incrementado del riego sobre el temporal por hectárea, se obtiene un saldo que indica el valor realmente agregado por el riego.

En ese valor se integran todos los factores de producción tales como los insumos generales que complementan el riego incluyendo para el caso de aguas subterráneas, el costo del bombeo.

**Cuadro 28 Datos generales de la muestra de municipios seleccionados  
MEXICO**

<b>Concepto</b>	<b>Total</b>	<b>Temporal</b>	<b>Riego</b>
Sup. Sembrada (miles de hectáreas)	797.0	692.4	104.9
Sup. Cosechada (miles de hectáreas)	697.8	594.1	103.7
Sup. Siniestrada (Porcentaje)	12.5	14.2	1.2
Producción; (millones de toneladas).	1.58	1.08	0.49
Ton/ha	2.3	1.8	4.8
<b>Millones de pesos</b>	<b>3,469.0</b>	<b>2,427.4</b>	<b>1,041.6</b>

Los veinte municipios que se seleccionaron por haber tenido cultivos de riego y temporal en 2006, cubrieron una superficie sembrada con maíz

de 797.4 miles de has. de las cuales se cosecharon 697.8 miles, resultando siniestrada un 12.5 por ciento de la superficie.

De ellas, hubieron sembradas 692.4 miles de hectáreas en temporal y 104.9 miles de riego. De estas últimas se cosecharon 103.7 miles, quedando un 1.2% de superficie siniestrada.

Estas cifras representan el 7.9% del valor total, el 9.6% de la superficie y 7.2% del volumen del maíz cosechado en el país, lo que significa un número suficientemente alto para efecto de tomarlos como representativos de la realidad nacional, tanto de la producción de maíz como del uso del agua de riego.

La producción total obtenida en el conjunto fue de 1.58 millones de toneladas, de los cuales 1.08 millones fue de temporal y 493.6 miles de riego. El valor total de la producción fue de 3.469.0 millones de pesos; 2.427.4 millones de temporal y 1.041.6 millones en riego.

El rendimiento promedio fue de 2.3 toneladas por ha.; de los cuales 1.8 se obtuvo en temporal y 4.8 toneladas en riego, cifras por otro lado, muy similares al promedio nacional en ambas modalidades (cuadro 28).

Para el riego se usó un promedio de 10.6 miles de metros cúbicos de agua por cada hectárea, aproximadamente el mismo que el usado en todo el país.

En relación con los derechos pagados por las concesiones de agua, el costo de cada metro cúbico representa para los productores alrededor de 0.0026 pesos. Ello da como resultado que el costo promedio del riego (superficial y subterráneo) es de 194 pesos por hectárea, y esto debido a que los usuarios de riego subterráneo en algunos estados pagan mucho más por metro cúbico. Cuando se contabiliza sólo el riego superficial, el costo del agua por hectárea es de apenas 26 pesos. Los municipios que no tienen costos de electricidad por utilizar agua superficial, tienen un costo máximo de 80 pesos cuando usan más de 30 mil metros cúbicos por ha. como es el caso de Altamirano en Guerrero (un volumen correspondiente a tres metros de espesor).

Finalmente se valoró el costo diferencial del riego sobre el temporal, que se calculó sobre datos de la SAGARPA en 2007 y como ya se vio es aproximadamente de 2,758 pesos. Este representa el único costo privado realmente pagado por los productores de riego por encima de los de temporal.

Los subsidios se consideran un ingreso de los productores, pues entre todos los apoyos distribuidos solamente por la SAGARPA, recibieron un promedio de 1,624.2 pesos por hectárea durante el año 2006 y este recurso se integra al ingreso total de la empresa rural. Los agricultores

con un promedio de tamaño de 5.7 has. reciben apoyos del gobierno del orden de 9,300 pesos.

Por el lado de los costos sociales derivados de las inversiones en activos para el riego de gran escala, se contabiliza la depreciación de la infraestructura hidroagrícola dividida en dos partes, una que es el costo de amortizar a los 60 años de vida útil programada y otra es un diferencial por el nivel real de vida útil que se calculó en 35 años.

A estos se les adiciona el valor de los costos de restauración ambiental que se cotizaron con base en los apoyos destinados a este tipo de mejoras de los suelos, bosques y agostaderos en el ya mencionado programa específico de la SAGARPA, el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva; PIASRE.

A todos estos costos sociales se les agregó, como un costo social más, el mismo monto de los subsidios anteriormente considerados ingresos para los agentes privados.

Al saldo del valor incrementado por el riego se le restará los costos sociales marginales tales como: las obras de infraestructura y los costos de restauración ambiental calculados con base en los programas de restauración de los suelos de la Secretaría de Agricultura.

Es importante observar inicialmente que la variabilidad entre los rendimientos por unidad de superficie dentro de la producción de maíz de riego es muy grande. Por ejemplo la producción de maíz por hectárea entre los 20 casos tiene un promedio de 4,760 Kg., pero su desviación estándar es de 2,014 kg. lo que da un coeficiente de variabilidad de 42.3 por ciento.

El valor generado por hectárea por otro lado tiene un promedio en la muestra de 10,046.1 pesos con una desviación de 4,357.1 pesos lo que da un coeficiente de variación de 43.4 por ciento.

A su vez el gasto promedio en metros cúbicos por hectáreas de agua de riego es, para el conjunto de casos analizados, de 10,547 metros cúbicos, con una desviación estándar de 7,796 metros cúbicos, lo que da un 73.9 por ciento de variación.

De la comparación entre las toneladas producidas en cada municipio del cuadro y los metros cúbicos de agua utilizada por hectárea de los distritos de riego, se puede observar que no existe ninguna razón de correlación. El índice de correlación entre ambos es de 0.07 negativo mientras que la correlación entre el valor por hectárea y los metros cúbicos utilizados es de 0.31 negativo.

Estos valores indican que se está utilizando agua en forma indiscriminada, la que no da como resultado una producción más alta

por un uso mayor del riego. En todo caso cuando más agua se usa por hectárea la tendencia es a producir un poco menos.

Con ello se confirma la hipótesis de que no hay correlación entre el volumen de agua utilizada y la producción, como tampoco la hay entre costos del agua y la producción generada.

**Cuadro 29 SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VALOR DEL RIEGO EN MEXICO**

**Año 2006**

ESTADO	Municipio Analizado	Ha. Cosechada	Toneladas Producción	Valor en \$x1,000,000
Ags	Aguascalientes	6,038.0	33,898.0	66.4
Coah	Acuña	2,491.0	4,657.0	7.5
Col	Colima	580.0	1,740.0	4.8
Dgo	Gpe Victoria	2,525.3	15,178.0	27.3
Gto	Celaya	10,128.0	73,248.0	153.3
Gro	Altamirano	5,969.0	22,413.0	35.3
Hgo	Tulancingo	6,197.0	23,293.0	58.2
Jal	Tomatlán	1,010.5	3,697.3	8.3
Mex	Jilotepec	23,120.0	74,473.5	178.7
Mich	Zamora	3,184.4	29,380.3	61.7
Mor	Zacatepec	2,023.8	7,172.8	21.5
NL	Montemorelos	68.0	130.6	0.2
Oax	Huaj. de León	2,175.8	6,998.4	20.1
Pue	Tehuacán	3,636.0	9,370.5	20.8
Qro	S. J. del Río	13,599.0	90,697.0	186.2
SLP	Río Verde	5,248.0	12,697.7	19.1
Tamps	Mante	179.0	699.0	1.7
Tlax	Huamantla	5,663.0	25,483.4	48.4
Yucatán	Ticul	1,319.5	4,114.0	8.1
Zac	Fresnillo	8,530.0	54,216.0	113.9

A su vez, el valor de cada tonelada varía con la región, ya que tienen mercados fluctuantes, llegando en casos extremos de localidades de alta marginación a venderse por encima de los 5 mil pesos la tonelada (SIAPP 2007). Por ello, se realizó un análisis del valor incrementado, por cada municipio, vinculándolo al precio medio rural (PMR) del municipio en la

cosecha de primavera verano que se compara. Se tienen también grandes variaciones de productividad, resultado como se explicó al inicio del capítulo, de las diferencias de clima, suelos y conocimientos de los agricultores. Hay casos en que el cultivo de temporal resulta más productivo que el de riego (Ej Zacatepec), por lo que aparentaría ser mejor no regar. Pero esto se explica porque los municipios no necesariamente tienen clima y suelos homogéneos para que se repita en todos los casos una mayor productividad por hectárea con el riego.

Cuadro 30 MEXICO 2006

<b>VALOR INCREMENTADO POR EL RIEGO SOBRE TEMPORAL</b>						
Municipios	Ton/ha Riego	Ton/ha Temp	PMR \$/ton	Temp. \$/ha	Riego \$/ha	Increment. R/T \$/ha
Aguascalientes	5.6	0.6	1,959.9	1,053.8	11,003.3	9,949.6
Acuña	1.9	0.6	1,607.6	1,160.8	3,005.4	1,844.6
Colima	3.0	2.7	2,731.9	7,334.9	8,195.7	860.8
Gpe Victoria	6.0	1.3	1,800.0	2,279.5	10,818.9	8,539.4
Celaya	7.2	2.0	2,093.2	4,328.3	15,138.3	10,809.9
Altamirano	3.8	3.7	1,574.6	7,072.3	5,912.3	1,160.0
Tulancingo	3.8	2.0	2,500.0	4,962.5	9,396.9	4,434.4
Tomatlán	3.7	2.0	2,252.9	4,750.7	8,243.0	3,492.3
Jilotepec	3.2	2.6	2,400.0	6,310.6	7,730.8	1,420.2
Zamora	9.2	2.9	2,099.6	3,729.8	19,372.0	15,642.2
Zacatepec	3.5	3.2	2,997.2	10,770.6	10,622.6	148.0
Montemorelos	1.9	1.1	1,729.7	1,511.7	3,322.1	1,810.4
Huaj. de León	3.2	1.1	2,865.1	3,567.7	9,215.6	5,648.0
Tehuacán	2.6	0.5	2,216.1	1,733.0	5,711.3	3,978.2
San Juan del Río	6.7	1.2	2,053.2	2,189.1	13,693.5	11,504.4
Río Verde	2.4	0.5	1,505.8	1,189.3	3,643.2	2,453.9
Mante	3.9	0.9	2,500.0	1,526.9	9,762.6	8,235.6
Huamantla	4.5	2.0	1,900.0	3,794.6	8,550.0	4,755.3
Ticul	3.1	1.3	1,979.2	2,996.1	6,170.7	3,174.7
Fresnillo	6.4	1.2	2,100.0	2,544.0	13,347.4	10,803.4

En el cuadro 31 se puede observar el gasto en agua que realiza cada municipio, comparado con su producción diferencial por hectárea entre riego y temporal. Se realizó un ejercicio de valorización para cada metro cúbico gastado a partir de los tres niveles de costos por metro cúbico ya estudiados, el costo real de 0.0026 pesos, el costo de operación del agua de riego a 0.0859 pesos, y el costo de oportunidad (\$0.5712 por metro cúbico), tomado como el precio medio nacional del agua total manejada por la CNA, que incluye además de la agrícola, a la municipal e industrial.

Esos precios son los que los agentes privados tendrían como costo de oportunidad no pagado del insumo agua dentro de su actividad productiva. El pago del agua a costo de oportunidad, es el gasto que la sociedad está realizando para obtener el bien maíz para su consumo.

Cuadro 31 MEXICO 2006

RELACIÓN RIEGO VS. INCREMENTOS		Costo Op. H2O \$/ ha.			
Municipios	Incremento R/T	H2O	0.0026/m3	0.0859/m3	0.5712/m3
	\$/ha	m3/ha			
Aguascalientes *	9,949.6	9,960	1,221.2	1,546.4	3,441.1
Acuña	1,844.6	10,539	27.2	905.0	6,019.5
Colima	860.8	10,539	27.2	905.0	6,019.5
Gpe Victoria *	8,539.4	9,677	324.9	1,004.4	4,963.2
Celaya *	10,809.9	5,525	420.0	709.0	2,392.8
Altamirano	-1,160.0	33,463	86.3	2,873.5	19,112.7
Tulancingo	4,434.4	20,891	53.9	1,793.9	11,932.1
Tomatlán	3,492.3	25,971	67.0	2,230.1	14,833.6
Jilotepec	1,420.2	5,145	13.3	441.8	2,938.6
Zamora	15,642.2	14,153	36.5	1,215.3	8,083.6
Zacatepec	-148.0	23,293	60.1	2,000.2	13,304.0
Montemorelos	1,810.4	6,389	16.5	548.6	3,649.1
Huaj. de León	5,648.0	14,716	38.0	1,263.7	8,405.2
Tehuacán *	3,978.2	13,098	602.7	1,453.6	6,411.5
San Juan del Río *	11,504.4	7,794	841.8	1,144.3	2,906.9
Río Verde	2,453.9	6,389	16.5	548.6	3,649.1
Mante	8,235.6	8,800	22.7	755.7	5,026.2
Huamantla	4,755.3	4,850	12.5	416.5	2,770.1
Ticul	3,174.7	5,854	15.1	502.7	3,343.6
Fresnillo	10,803.4	11,456	29.6	983.7	6,543.2

• Los costos de operación Incluyen un % de riego subterráneo a \$0.20/m3

El ingreso diferencial privado que recibe el productor de maíz por el uso subsidiado del agua y otros insumos toma en cuenta el diferencial de costos entre producción de riego y de temporal, por un valor estimado de 2 787.8 pesos por ha. promedio del país que se resta al ingreso diferencial.

Por otro lado los productores reciben un

subsidio directo de 1,624.2 pesos que debe sumarse a sus ingresos diferenciales del riego, que en el cuadro 32 se muestra el comportamiento por municipio.

Cuadro 32 MEXICO 2006

INGRESO DIFERENCIAL PRIVADO				
Municipios	Saldo/HA R/T (\$0.0026)	Costo		Ingreso Dif. Riego/Temp
		Dif R/T (-)	Subsid. (+)	
Aguascalientes	8,728.3	-2,787.8	1,624.2	7,564.7
Acuña	1,817.4	-2,787.8	1,624.2	653.8
Colima	833.6	-2,787.8	1,624.2	-330.0
Gpe Victoria	8,214.5	-2,787.8	1,624.2	7,050.9
Celaya	10,389.9	-2,787.8	1,624.2	9,226.3
Altamirano	-1,246.3	-2,787.8	1,624.2	-2,409.9
Tulancingo	4,380.5	-2,787.8	1,624.2	3,216.9
Tomatlán	3,425.3	-2,787.8	1,624.2	2,261.7
Jilotepec	1,407.0	-2,787.8	1,624.2	243.4
Zamora	15,605.7	-2,787.8	1,624.2	14,442.1
Zacatepec	-208.1	-2,787.8	1,624.2	-1,371.7
Montemorelos	1,793.9	-2,787.8	1,624.2	630.3
Huajuapán de León	5,10.0	-2,787.8	1,624.2	4,446.4
Tehuacán	3,375.6	-2,787.8	1,624.2	2,212.0
San Juan del Río	10,662.7	-2,787.8	1,624.2	9,499.1
Río Verde	2,437.4	-2,787.8	1,624.2	1,273.8
Mante	8,212.9	-2,787.8	1,624.2	7,049.3
Huamantla	4,742.8	-2,787.8	1,624.2	3,579.2
Ticul	3,159.6	-2,787.8	1,624.2	1,996.0
Fresnillo	10,773.8	-2,787.8	1,624.2	9,610.2

Esto lleva a entender que la economía destina vía subsidios un alto costo social para obtener una tonelada más de maíz. El cuadro 33 muestra lo que la sociedad gasta por cada tonelada extra de maíz en



monto y porcentaje del precio medio rural por el conjunto de los subsidios y el gasto de operación del agua por cada municipio estudiado.

En la tabla se puede observar que se gasta en subsidios un 138% más que el Precio Medio Rural pagado a los productores. El promedio de apoyos en la muestra analizada es de 2,854 pesos por tonelada, llegando en Altamirano a costar más de seis mil pesos por tonelada, y con un mínimo de 952 pesos en San Juan del Río.

Cuadro 33 MEXICO 2006  
VALOR PAGADO POR LA SOCIEDAD POR TONELADA  
DE MAÍZ EN LOS DIFERENTES MUNICIPIOS

Municipios	Costos sociales/Ton	PMR/Ton	% del costo social/PMR	Ton/ha de riego
Aguascalientes	1,226.7	1,959.9	62.6	5.6
Acuña	5,062.7	1,607.6	314.9	1.9
Colima	3,155.0	2,731.9	115.5	3.0
Gpe Victoria	1,399.0	1,800.0	77.7	6.0
Celaya	807.3	2,093.2	38.6	7.2
Altamirano	6,007.7	1,574.6	381.5	3.8
Tulancingo	4,091.1	2,500.0	163.6	3.8
Tomatlán	4,995.9	2,252.9	221.8	3.7
Jilotepec	1,981.9	2,400.0	82.6	3.2
Zamora	1,249.6	2,099.6	59.5	9.2
Zacatepec	4,725.9	2,997.2	157.7	3.5
Montemorelos	3,694.0	1,729.7	213.6	1.9
Huajuapán de León	3,684.3	2,865.1	128.6	3.2
Tehuacán	3,824.8	2,216.1	172.6	2.6
San Juan del Río	952.5	2,053.2	46.4	6.7
Río Verde	2,932.2	1,505.8	194.7	2.4
Mante	2,169.4	2,500.0	86.8	3.9
Huamantla	1,381.3	1,900.0	72.7	4.5
Ticul	2,177.5	1,979.2	110.0	3.1
Fresnillo	1,571.6	2,100.0	74.8	6.4
<b>Promedio</b>	<b>2,854.5</b>	<b>2,143.3</b>	<b>138.8</b>	<b>Coef.Corr. 0.67*</b>

Costos sociales incluyen: Subsidios directos totales, infraestructura hidroagrícola, costos de restauración de suelos y bosques y gastos de operación del agua

- El coef. correlaciona las variables 1. Gastos sociales con 2. Rendimientos por ha.

por metro cúbico, mayor rendimiento económico se logra por hectárea. El análisis entre las variables de los cuadros que relacionan los ingresos netos privados con los costos de operación del agua agrícola, muestran que no existe correlación entre el rendimiento económico por metro cúbico y el costo de operación por hectárea.

Pero entre el costo de operación y los saldos en los ingresos brutos existe una alta correlación negativa cuando se considera un costo aproximado al de mercado.

Existe si una correlación del ingreso diferencial entre riego y temporal y el rendimiento económico por metro cúbico, que es tanto mayor cuanto menor sea el costo del agua.

Como se observa, los Costos Sociales tienen una correlación negativa con los rendimientos, es decir que cuanto mayores sean los rendimientos por ha. menores serán estos costos.

En cambio, cuando se compara el rendimiento marginal en valor por hectárea; restando los costos del agua con el valor marginal por metro cúbico del agua; se observa que existe una alta correlación con un valor de 0.85, lo que significa que cuando mayor es el rendimiento económico

Por ejemplo, la interdependencia entre valor marginal del riego sobre el temporal tiene una correlación negativa de 0.79 con el uso del agua cuando se la cobra a 0.5712 pesos por metro cúbico y cuando se la cobra a 0.0026 pesos, esa correlación es de 0.31 negativa.

Las últimas correlaciones que interesa describir son las del volumen producido por cada metro cúbico de agua, que tiene una débil correlación negativa de 0.52, lo que indica que cuando más agua se gasta el rendimiento por hectárea tiende a ser menor.

Cuadro 34			
MEXICO 2006			
Rentabilidad privada de la muestra			
INGRESOS DIFERENCIALES POR HA. PARA LOS AGENTES PRIVADOS			
	Agua a 0.026	Agua a 0.0859	Agua a 0.5712
Aguascalientes	7,564.7	7,239.4	5,344.7
Acuña	653.6	-224.3	-5,338.8
Colima	-330.2	-1,208.1	-6,322.7
Gpe Victoria	7,050.7	6,371.2	2,412.2
Celaya	9,226.3	8,937.2	7,253.4
Altamirano	-2,410.6	-5,198.0	-21,437.6
Tulancingo	3,216.5	1,476.2	-8,662.2
Tomatlán	2,261.2	97.8	-12,505.9
Jilotepec	243.3	-185.3	-2,682.2
Zamora	14,441.8	13,262.8	6,394.4
Zacatepec	-1,372.2	-3,312.5	-14,616.6
Montemorelos	630.2	98.0	-3,002.6
Huajuapán de León	4,446.1	3,220.3	-3,921.4
Tehuacán	2,211.8	1,360.7	-3,597.3
San Juan del Río	9,499.0	9,196.4	7,433.8
Río Verde	1,273.7	741.5	-2,359.1
Mante	7,049.1	6,316.1	2,045.5
Huamantla	3,579.1	3,175.1	821.4
Ticul	1,995.8	1,508.2	-1,332.7
Fresnillo	9,610.0	8,655.7	3,096.1

También hay una correlación débil pero positiva entre el ingreso incrementado por hectárea y el rendimiento diferencial en kgs. por metro cúbico de agua de 0.63.

Cuando se considera el valor social, se tienen pérdidas en algunos municipios, aún a partir del precio del agua más bajo y, con el precio más alto, más de las dos

terceras partes de esos municipios, tienen ingresos negativos.

Cuadro 35			
MEXICO 2006			
Rentabilidad Privada			
INGRESOS DIFERENCIALES SUPONIENDO GASTO GENERAL DE 4,850 M3/HA			
	Agua a 0.026	Agua a 0.0859	Agua a 0.5712
Aguascalientes	8,191.3	8,032.9	7,110.2
Acuña	668.4	264.4	-2,089.3
Colima	-315.4	-719.4	-3,073.2
Gpe Victoria	7,212.8	6,872.3	4,888.1
Celaya	9,277.6	9,023.9	7,545.7
Altamirano	-2,336.2	-2,740.2	-5,093.9
Tulancingo	3,258.2	2,854.2	500.4
Tomatlán	2,316.1	1,912.1	-441.6
Jilotepec	244.0	-160.0	-2,513.7
Zamora	14,466.0	14,062.0	11,708.3
Zacatepec	-1,324.2	-1,728.3	-4,082.0
Montemorelos	634.2	230.2	-2,123.5
Huajuapán de León	4,471.7	4,067.7	1,714.0
Tehuacán	2,591.4	2,276.3	440.4
San Juan del Río	9,817.0	9,628.7	8,531.9
Río Verde	1,277.7	873.7	-1,480.0
Mante	7,059.4	6,655.4	4,301.7
Huamantla	3,579.1	3,175.1	821.4
Ticul	1,998.5	1,594.5	-759.3
Fresnillo	9,627.2	9,223.2	6,869.5

Estas variaciones pueden ser mejor observadas en la gráfica 6 siguiente, en las cuales se comparan las tres modalidades de rentabilidad privada y la social cuando el gasto de agua es el real.

En la gráfica 6 bis de una idea del ahorro a lograr si se puede racionalizar el uso del agua bajándolo a un gasto menor a los 5000 metros cúbicos por hectárea.

Gráfica No. 6

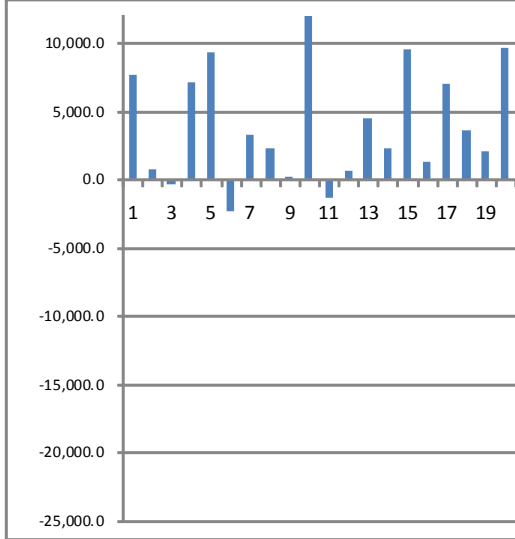
Calculadas considerando el gasto real de agua por hectárea en cada Municipio reportado por CNA en su Distrito de Riego. México 2006

PRODUCCIÓN DE MAIZ EN MÉXICO

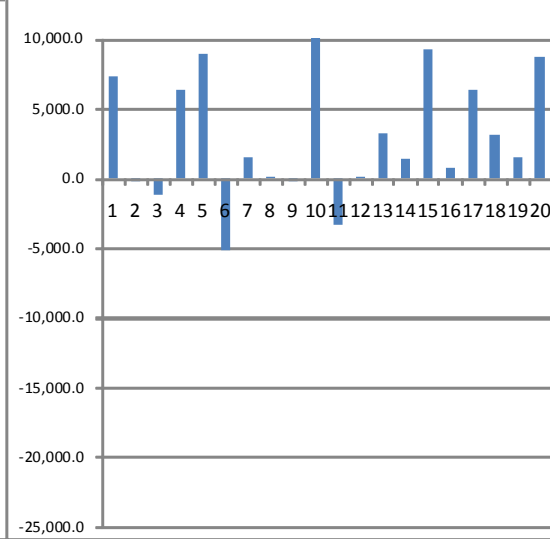
DIFERENCIAL ENTRE RIEGO Y TEMPORAL EN MUNICIPIOS SELECCIONADOS

**Calculadas considerando el gasto real de agua por hectárea en cada Municipio reportado por CNA en su Distrito de Riego.**

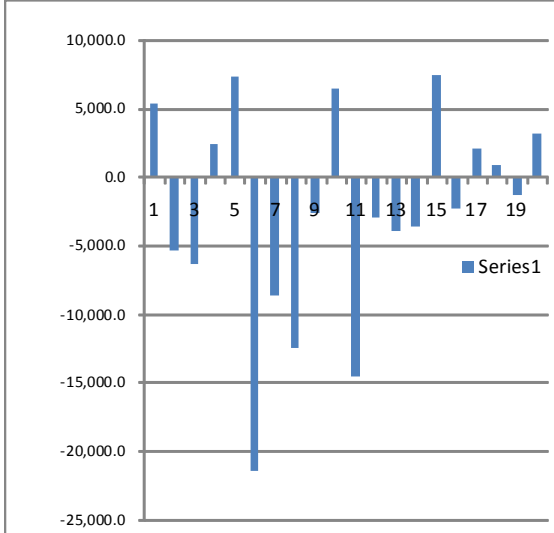
A)-INGRESOS PRIVADOS CON COSTO DEL AGUA A \$0.0026/M3



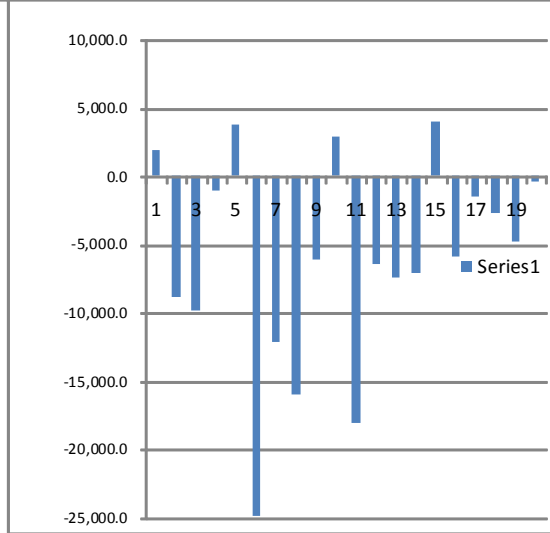
A)-INGRESOS PRIVADOS CON COSTO DEL AGUA A \$0.0859/M3



A)-RENTABILIDAD DE AGENTES PRIVADOS CON COSTO DEL AGUA A \$0.5712/M3



B)-RENTABILIDAD SOCIAL \*/ COSTO DEL AGUA A \$0.5712/M3



\*/ Contabiliza los Subsidios a insumos, agua, infraestructura, etc.

LAS GRÁFICAS MUESTRA EL INCREMENTO DIFERENCIAL EN EL INGRESO DEL RIEGO SOBRE EL TEMPORAL

A) Los ingresos privados incluyen los subsidios recibidos

b) Los ingresos sociales contabilizan los costos sociales no pagados por los agentes privados tales como la infraestructura hidroagrícola, degradación ambiental, subsidios pagados y la parte de la operación del agua a costo de factores.

Gráfica No. 6 bis

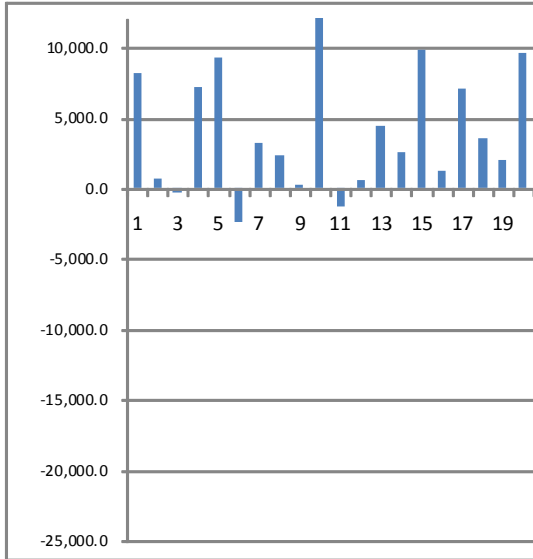
Calculadas considerando el gasto de sólo 4,815 metros cúbicos de agua por hectárea en cada Municipio. (El volumen corresponde al del municipio con menor gasto/ha) México 2006

PRODUCCIÓN DE MAIZ EN MÉXICO

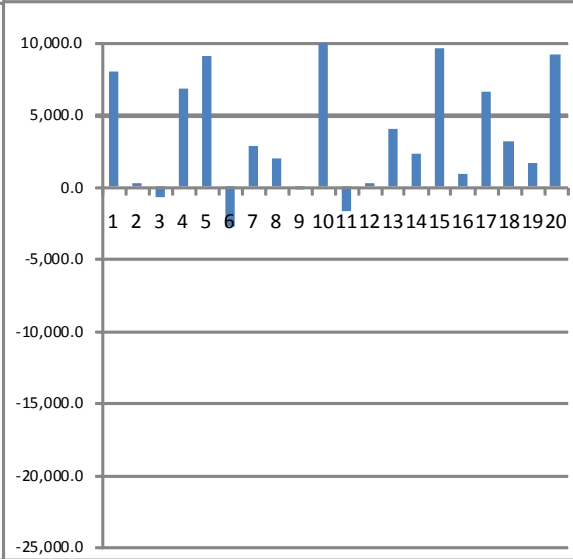
DIFERENCIAL ENTRE RIEGO Y TEMPORAL EN MUNICIPIOS SELECCIONADOS

**Calculadas considerando el gasto de sólo 4,850 m<sup>3</sup> agua por hectárea**

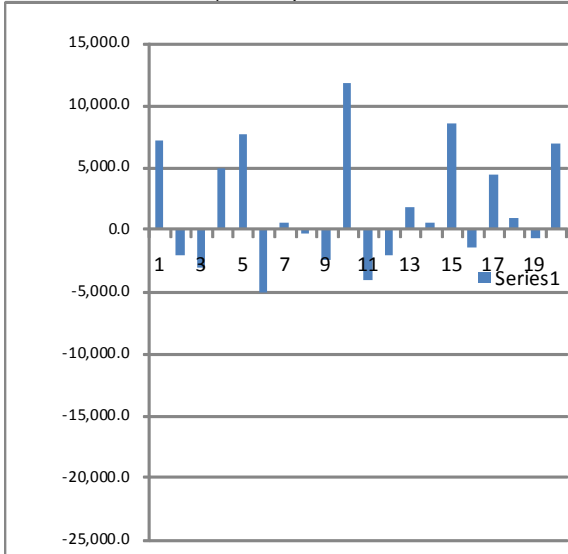
A)-INGRESOS PRIVADOS CON  
COSTO DEL AGUA A \$0.0026/M3



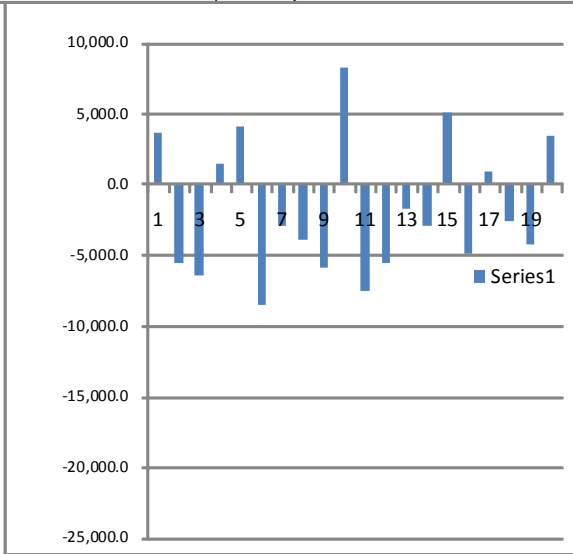
A)-INGRESOS PRIVADOS CON  
COSTO DEL AGUA A \$0.0859/M3



A)-RENTABILIDAD DE AGENTES PRIVADOS CON  
COSTO DEL AGUA A \$0.5712/M3



B)-RENTABILIDAD SOCIAL \*/  
COSTO DEL AGUA A \$0.5712/M3



\*/ Contabiliza los Subsidios a insumos, agua, infraestructura, etc.

LAS GRÁFICAS MUESTRA EL INCREMENTO DIFERENCIAL EN EL INGRESO DEL RIEGO SOBRE EL TEMPORAL

A) Los ingresos privados incluyen los subsidios recibidos

b) Los ingresos sociales contabilizan los costos sociales no pagados por los agentes privados tales como la infraestructura hidroagrícola, degradación ambiental, subsidios pagados y la parte de la operación del agua a costo de factores.

La Gráfica 6 muestra como cambia la rentabilidad social y privada al incrementar los costos del agua a diferentes niveles. Por ejemplo, si se cobra el agua a \$0.0026, que es el valor actual que pagan los usuarios, se observa que 15 de los veinte casos analizados desde el punto de vista privado, tienen utilidades positivas importantes.

Al costo de operación real, que es de 0.0859 pesos por metro cúbico, pasan a quedar solo trece del total de veinte casos privados.

Pero cuando se supone un costo de oportunidad de 0.5712 pesos, que es el costo promedio del agua total extraída en el país, solo quedan ocho casos con utilidades positivas en el sector privado y bajan a cuatro los casos de rentabilidad social positivos.

El gasto de agua por hectárea tiene una correlación baja (-0.45) con el rendimiento económico por metro cúbico, en cambio, entre el costo de operación y el saldo del diferencial entre riego y temporal por ha. hay una correlación negativa bastante importante de casi 0.80, lo que indica que si se pagaran los costos del insumo agua a un precio aproximado al mercado o a los costos de factores, se tendría una disminución del rendimiento económico y por lo tanto una tendencia a racionalizar el uso del recurso hídrico.

Finalmente, el rendimiento económico por metro cúbico muestra una correlación alta (0.88 y 0.90) con los rendimientos económicos por hectárea, tanto con precios del agua altos, como bajos, lo que significa que el origen de la rentabilidad en los cultivos puede ser medido a través de la productividad económica por metro cúbico.

Pero cuando se supone un gasto de agua menor por Ha. como se ve en la gráfica 6 bis, se observa un incremento en el número de municipios con utilidad positiva en los casos en que se considera un costo del metro cúbico similar al del promedio nacional del agua de \$0.53.

Además de aumentar el número de casos con utilidad positiva de 8 a 11, se incrementa en forma manifiesta el monto de la utilidad de cada uno de los casos positivos. A su vez la rentabilidad social mejora sustancialmente al reducirse el subsidio bajando el gasto sobredimensionado del agua.

Si se comparan las rentabilidades entre los dos primeros casos con el costo a 0.0026 y 0.0859 pesos de las gráficas 7 y 7bis, se puede observar que casi no hay diferencia entre las utilidades, ello debido al impacto casi nulo del costo del agua, que a los efectos de la producción no repercute más que en una fracción deleznable. Sin embargo el efecto que tiene valorarlo a \$0.53, es decir seis veces más alto que el valor intermedio y casi 200 veces sobre el actual precio que pagan los

productores, demuestra la efectividad que tendría el cobro a costo de factores real por el uso de agua, que obligaría a racionalizar su uso para hacerlo más eficiente.

Los costos privados más los sociales se presentan en dos versiones, la real en la que se contabilizan el gasto real de agua y su costo total por unidad, contra la situación en la que solamente se utilizan 4,815 metros cúbicos por ha. al costo total de operación todos los costos sociales en ambos casos, tales como insumos, amortización de infraestructura, desgaste ambiental y otros. Como se observa en el primer caso solamente cuatro casos son apenas rentables, mientras que cuando el gasto en agua es racional, la producción es altamente rentable en siete casos.

De aquí se puede deducir que el subsidio puede seguir existiendo, pero se requiere de políticas públicas diferentes, para que ellos no promuevan el uso irracional de los recursos económicos y ambientales, es decir para lograr que no sean perversos.

Se trata pues de lograr que procedimientos para la aplicación de los subsidios sirvan realmente para promover la producción y no para desperdiciar recursos.





## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES**

Una vez analizados los factores que inciden en el mercado del agua agrícola, se puede confirmar que gran parte de su desperdicio, es debido a que los agentes económicos que participan en el consumo productivo del agua agrícola consideran al líquido como un insumo sin valor, por lo que se utiliza más allá del requerimiento técnicamente o económicamente justo.

En los cuadros de análisis se puede constatar que cualquier gasto económico que se haga para el uso del agua, rápidamente se transforma en un componente regulador del consumo. Es el caso de los municipios en los que existe riego con agua subterránea, en los cuales el gasto en energía eléctrica, aún cuando está subsidiada en una alta proporción de su costo, se transforma en un factor regulador del uso del agua. En todos los municipios en los que se usa una fracción de agua subterránea, el consumo por hectárea se sitúa alrededor de los 5 000 metros cúbicos.

Este hecho está demostrando que el factor económico es esencial en la definición de las políticas públicas.

Los mismos resultados observados confirman que no existe correlación entre el gasto en volumen y el incremento en la producción. No es el municipio que más agua gasta el que mayor producción obtiene, ni tampoco es cierto que el que menor gasto realiza obtiene una menor producción. La correlación entre ambos factores es casi nula. De manera que no es posible deducir de estos resultados una función de producción continua que valide el uso más intenso del factor agua para aumentar la producción. En realidad todo gasto mayor a los 5 mil metros cúbicos se transforma en agua no utilizada productivamente.

Por lo tanto la conclusión que puede obtenerse es que el uso del agua no responde a factores técnicamente sustentados sino al uso como insumo sin valor.

Sin embargo ya se vio cómo el agua tiene un costo de operación que no está siendo apreciado por los agentes económicos, por lo que con el uso sobredimensionado se están desperdiciando recursos que solventa la sociedad.

La sociedad que está costearo el agua utilizada para fines de apoyar la producción de granos básicos y otras producciones agropecuarias, tiene todo el derecho de exigir que el uso de los recursos subsidiados no se mal utilicen, por lo que es una obligación del estado reordenar los sistemas de subsidios para que estos no sean como hoy unos estímulos

perversos a la producción con el cual se gasta más dinero que el que se genera.

No hay una correspondencia que permita afirmar que el costo actual del agua para el usuario, que rodea los 26 diez milésimos de peso por metro cúbico, pueda ser un estímulo para el uso sustentable o por lo menos racional del agua, es decir que sea un precio que impacte en la reducción del consumo. Tampoco el pago a costo de factores, ya que el precio de 0.0883 pesos por metro cúbico tampoco impacta gran cosa en los costos generales del maíz. Aún así es una primera aproximación para comenzar a definir políticas de manejo del agua agrícola.

En los cuadros de resultados analizados se confirma la hipótesis de que el valor total generado es socialmente menor que los recursos invertidos, cuando se contabilizan los gastos de operación no pagados del agua los costos ambientales y otros gastos sociales no pagados por los agentes privados como son la infraestructura hidráulica, la energía eléctrica, apoyos a la maquinaria y los demás insumos productivos.

Los subsidios al riego provocan una reducción del PIB nacional debido al uso excesivo de los insumos y desgaste de recursos naturales que promueven, en la producción de granos básicos con baja tecnificación, que por lo tanto resultan en bajos rendimientos económicos y sociales por hectárea.

El costo social por tonelada de maíz siempre es mayor al precio del mercado internacional. Sin embargo es necesario aceptar que esos precios tienen también subsidios incorporados, por lo que no son representativos del valor medio internacional.

Pero lo que se debe proponer a la sociedad es que el gasto en subsidios no supere lo socialmente aceptable. Es decir, ¿por qué la sociedad debe pagar en unos casos 950 pesos más por tonelada y en otros casos 6 000 pesos de diferencial en subsidios para producir la misma tonelada? Cual debe ser el límite a pagar, y cuáles deben ser los procedimientos para que el subsidio sea utilizado de forma que no se transforme en perverso, es decir desperdicie recursos económicos y ambientales.

La definición de nuevas políticas deberá preguntarse, ¿por qué la sociedad debe pagar a los productores 300% el valor del maíz, para obtener una misma tonelada que se obtiene con un 50% de subsidios?.

Hoy no existe ese cuestionamiento, el reto es ahora comenzar a preguntarse estos temas.

Por qué la sociedad dirige a un productor un valor tres veces mayor para producir un bien, si ese monto pagado compraría tres toneladas extras en el mercado mundial. ¿Qué beneficios obtiene la sociedad por hacerlo?

Una primera explicación sería la autosuficiencia alimentaria. Sin embargo esa respuesta tiene como corolario que el país dispone de siete mil kilocalorías diarias per cápita, mientras los requerimientos promedios de la población son de 2,500 kilocalorías diarias. De manera que por el lado de la autosuficiencia, existe un excedente de bienes producidos en el país. A ello hay que agregarle los granos importados que se utilizan para consumo animal Y finalmente hay que incluir que el 80% de la producción del país lo genera menos del 20% de la población rural, que es la que finalmente recibe el grueso de los subsidios.

Una segunda respuesta es que se está dando empleo a la población rural. En estos casos se puede argüir que el ingreso de la población aumentaría si en vez de apoyarles con subsidios a los insumos, se les otorga el dinero en forma directa. De esa manera el ingreso per cápita del campo aumentaría más que entregado como inversión o insumos.

Para poder asegurar un ciclo virtuoso de los subsidios es necesario que estos estimulen en forma positiva a la productividad, no solamente a la producción. Esta diferencia de términos es importante porque los estímulos a la producción hacen incrementar el número de participantes que se inscriben para recibir los subsidios, pero no necesariamente se transforman en agentes productores eficientes, es decir, productivos. La política pública que mejorará los índices de utilización de los recursos es aquella que promueva la productividad, es decir, un mayor volumen con menos insumos.

Así es como la propuesta de la presente tesis, es generar un estímulo al uso eficiente del insumo agua de manera que quienes obtengan mayor productividad por metro cúbico, reciban un precio compensado por parte del gobierno.

Al valorizar el agua a costos de factores por parte del estado, como forma de darle un precio aproximado al que se podría obtener de constituirse un mercado del agua agrícola, llevará necesariamente a una racionalización de los volúmenes utilizados para producir.

El agua debe seguir siendo apoyada en un volumen que deberá girar en torno a los 5000 metros cúbicos por hectárea. Pero esta valoración del agua agrícola debe considerar el pago de todo el volumen utilizado, para que una vez que los productores comprendan cual es el monto en dinero del volumen gastado por hectárea, la federación realice los reembolsos de recursos con base a los diferentes niveles de subsidios según el gasto total efectivamente realizado por hectárea.

Así se presionará a los usuarios a racionalizar el gasto antes de que reciban el subsidio.

A su vez, el hecho que se mida el consumo por hectárea hará que sea posible llevar a la práctica una política de estímulos complementaria para la restitución de los apoyos al agua excedente sobre los mínimos subsidiados. Los productores que logren generar cada tonelada con menos de dos metros cúbicos de agua obtendrán estímulos o premios a la productividad, supervisados por instituciones académicas de prestigio reconocido.

Finalmente, una herramienta que debe comenzar a utilizarse es el mercado del agua a nivel de subcuencas o microcuencas. Estos mercados una vez que se institucionalicen permitirán el uso más racional del recurso agua. Así, un productor hará uso del agua con base en la valorización del líquido en el mercado local de la cuenca regional, lo que le permitirá tomar decisiones sobre la conveniencia o no de usar el agua para la producción propia o es más razonable venderla a un vecino de cuenca para producciones de mayor valor por hectárea, porque en ese caso obtendrá mayor ingreso global al vender parte o el total del agua.

La realidad mundial indica que no es posible eliminar los subsidios al agua en un solo país, y que su eliminación requiere de una serie de combinaciones y acuerdos que están todavía muy lejos de concertarse. Por ejemplo entre 1995 y 2001, según la OMC los subsidios a la agricultura estimados a través de un indicador llamado Media Global de Ayuda (MGA) en los Estados Unidos tuvo un promedio anual de 66.2 miles de millones de Euros, mientras que en el mismo periodo en la Unión Europea los subsidios fueron de 89.3 miles de millones de Euros (SAGARPA, 2007).

Todas estas subvenciones están distorsionando de tal manera el mercado mundial, que la posibilidad de dejar de subsidiar a la agricultura en nuestro país es por ahora casi imposible.

Pero la propuesta del presente análisis, no es dejar de subsidiar en el corto plazo sino redistribuir los subsidios; rediseñar las formas de su distribución de tal manera que los productores no dejen de recibir los apoyos.

La presente propuesta pretende que dejen de recibir subsidios perversos con el valor del agua, los fertilizantes y demás insumos, como el diesel y precios de garantía, que terminan malgastando los recursos agua, fertilizante y energéticos y degradando innecesariamente el ambiente.

El cultivo de maíz en condiciones de riego es rentable, en la mayor parte de los casos, a causa de los subsidios que recibe esa producción, tales como los de la energía eléctrica, el agua, los combustibles, el apoyo a la maquinaria y equipo agrícola, los apoyos al precio objetivo, los destinados a la comercialización y varios más. Todos ellos hacen que los

subsidios recibidos por las unidades de producción por hectárea, sean más altos que los ingresos netos.

Existen municipios en zonas de clima muy caluroso y seco, en la cual se utiliza menos de 6,000 metros cúbicos por ha. Hay antecedentes de cultivo de maíz en otros países en condiciones similares de riego en épocas de lluvia (temporal), como Estados Unidos, Uruguay, Brasil y Argentina ya citados, en los cuales se realiza un gasto menor a los 5,000 metros cúbicos por hectárea para producciones del orden de los 10 toneladas por hectárea, reafirman que la eficacia del gasto realizado en otros Distritos de Riego en México, con gastos superiores a los 10 mil metros cúbicos por ha. no es técnicamente justificable.

A su vez, un análisis de las correlaciones entre indicadores de productividad y de costos del agua, demuestran que en la medida que aumente el precio del agua se reduce la rentabilidad hasta llegar a ser negativa, en la medida que se incremente el costo. Ello a su vez es el argumento para respaldar la propuesta de que es necesario valorizar dentro de los costos al agua de riego, con el fin de racionalizar y hacer más eficiente su uso, porque la eficiencia económica, técnica y ecológica está directamente relacionada con la reducción en el uso del agua por hectárea.

El 60% de los municipios estudiados gastan un volumen de agua extremadamente alto con relación a los rendimientos que obtienen, con los consecuentes efectos ya descritos sobre los suelos y el agua subterránea. Por otro lado hubo municipios seleccionados de los estados de Guanajuato, Estado de México y Tlaxcala, que tuvieron gastos menores a los 6,000 metros cúbicos.

El cobro del precio al agua de riego permitiría no solamente reducir el consumo innecesario, sino también incrementar los ingresos globales del productor, ya que con una apertura del mercado del agua en las cuencas, el excedente de agua que no se utilizase lo podrían vender en dichos mercados.

La sociedad colabora con los productores de maíz de riego, en una proporción muy importante de sus ingresos netos. El promedio de apoyos que recibe un productor de maíz en general es de 1 654.2 pesos (poco más de 150 dólares a la cotización de 2007) por hectárea, mientras que sus ingresos netos contabilizando entre sus costos el agua al precio realmente pagado, son de 2 632.1 pesos en promedio, por lo que su ingreso real por hectárea, de no tener dichos apoyos sería de menos de 1 000 pesos.

Por su parte un cálculo conservador de los gastos sociales, que incluyen la infraestructura hidráulica de apoyo al riego, y los costos ambientales

estimados por el uso del agua, coloca el gasto anual social en los 3,348.8 pesos.

Entre el gasto de operación del metro cúbico del agua a precios de factores de 0.0859 pesos y el precio realmente pagado, que es de 0.0026 pesos, hay un diferencial de subsidios de 0.0823 pesos que paga la sociedad (en los que aún no están contabilizados, como ya se anotó, los subsidios a la electricidad, ni los subsidios al gas y combustibles que se requieren para su generación, que también paga la sociedad).

De manera que solamente por efecto del diferencial entre el precio pagado y el que se debería pagar por el agua hay una divergencia por hectárea de 194.6 y 1 190.3, lo que representan 995.7 pesos por hectárea de subsidios.

Por ello, los ingresos reales de los productores contienen 4 344.3 pesos por hectárea de apoyos a la producción: 995.7 pesos provenientes de los subsidios al agua y 3 348.8 pesos de costos sociales, entre gastos de infraestructura, externalidades económicas y ambientales y subsidios directos e indirectos.

En síntesis, la mayor parte de la producción de maíz en riego se realiza como resultado de los subsidios. Y aunque dentro de una política pública no se debe considerar equivocado que se apoye con subsidios la producción de los granos básicos, se debe analizar sin embargo si realmente este grano es utilizado para el consumo popular o se utiliza en otras formas de consumo no básico.

Los registros del SIAP de la SAGARPA, muestran que gran parte del consumo de maíz va para alimento animal, y otra parte para la industrialización de alimentos chatarra. Deberíamos preguntarnos si realmente una política pública debiera apoyar estas dos producciones, o sería más conveniente alimentar a los animales con otros granos sustitutos menos costosos en términos de costos sociales y ambientales. Por lo pronto el maíz destinado a la industrialización de alimentos chatarra no tiene por qué ser subsidiados por la sociedad.

Respecto del alimento animal, este podría ser sustituido favorablemente por el sorgo, el cual requiere menos agua por tonelada y menos subsidios.

El agua viene siendo subsidiada en la mayor parte del mundo desde hace muchos años, bajo el principio de que es un bien público. No se cobran las tarifas o derechos en proporción del volumen de agua utilizada y estas tarifas no se equivalen con su costo de operación en el caso del agua agrícola, ni los costos fijos que requiere la infraestructura hidráulica y por supuesto mucho menos los costos ambientales que trae aparejado su uso.

Esta situación hace muy difícil la elaboración y puesta en marcha de políticas públicas para un uso sustentable o por lo menos racional del agua, sobre todo porque tampoco pagan impuestos federales las empresas dedicadas a la producción agropecuaria y forestal que utilizan el agua, ni sobre la renta ni sobre el valor agregado. Por ello cualquier estímulo fiscal a la toma de medidas de sustentabilidad en la producción rural se hace muy difícil.

El agua se transforma de esa manera en un bien de uso al que tienen derecho en forma consuetudinaria y al que los productores (y los usuarios) no están dispuestos a dejar de percibir en la cantidad a la que estaban acostumbrados a gastar. Cualquier propuesta que le ponga precio servirá de pretexto para movilizaciones gremiales de organizaciones campesinas que tienen una larga trayectoria de acciones sociales con las que lograban beneficios para sus intereses de grupo.

Una correcta decisión de política pública para el agua fue la de transferir la propiedad de la infraestructura de riego superficial a los usuarios de cada Distrito de Riego a partir del año 1992. Es la forma que se encontró para que los beneficiarios del riego se hicieran cargo de los costos de operación del riego.

Sin embargo no se ha transferido el costo de dicha infraestructura por lo que todavía existe un subsidio de largo plazo a los productores. Esta infraestructura sigue siendo por lo tanto una transferencia de valor de la sociedad a los productores de los distritos de riego. Es un beneficio extra que reciben los regantes por sobre los otros productores incluyendo los de temporal y los de riego subterráneo.

Tampoco se han tomado medidas para responsabilizar a los usuarios por el cuidado de la presa en cuanto a la velocidad de azolvamiento de las mismas. Estas medidas deberían ser resultado de acuerdos conjuntos de usuarios de debajo de la cota, con los productores de la cuenca de encima de la cota.

Esa posibilidad está prevista en la legislación pero la mayor parte de los organismos de cuenca no funcionan para lo que fueron creados.

Todavía no han hecho conciencia los productores debajo de la cota, que la vida de la presa es una responsabilidad compartida, en la que se deben negociar con los productores cuenca arriba, para que realicen actividades agropecuarias con medidas de manejo sustentable.

La experiencia muestra que la simple constitución de organismos de cuenca no ha sido suficiente para que se avance en la consecución de acuerdos intracuenca, principalmente porque estos no toman en cuenta la participación de los productores de cuenca arriba.

Hasta la fecha, los usuarios no sienten que sea su responsabilidad el hecho de que la cuenca deje de dar servicios. Y ello es una consecuencia de las políticas públicas paternalistas que no previeron la situación que se está presentando en estos momentos en que se hace necesario tomar medidas de emergencia para reducir el efecto de azolvamiento acelerado de las presas.

El gobierno toma medidas para detener la degradación de los suelos pero no es posible tener éxito en esta empresa si los principales causantes de la degradación no participan de estas provisiones de contención de la erosión.

Por ello las políticas públicas para la obtención de una mejor calidad y cantidad de agua en los sitios de acumulación de agua útil al ser humano tiene que ser una decisión conjunta en la que se estimule tanto a los usuarios como a los habitantes de la cuenca a ser partícipes de la regeneración ecológica de la región hidrológica.

¿Cuáles deben ser entonces los pasos para que el costo del agua se exprese en los costos de producción del campo?

En primer lugar se debe eliminar el subsidio al agua de los productores de riego en un plazo que deberá ser de por lo menos diez años. Los recursos obtenidos eliminando los subsidios deberán redirigirse para apoyarlos cuando los usuarios aportan recursos para la restauración de la cuenca.

Es necesario que exista un pago de derechos por parte de los usuarios del agua que debe realizarse bajo los siguientes lineamientos:

1. Cobrar derechos regionales por el uso del agua
2. Cobrarlos en una instancia local
3. Usar los recursos bajo reglas de operación
4. Devolver a cada usuario la parte correspondiente a los primeros cinco mil metros cúbicos por hectáreas durante los diez primeros años
5. Destinar el resto al pago de servicios ambientales comprobados
6. Cobrar cuotas diferenciadas según disponibilidad de agua
7. Prohibir el uso de agua de mantos subterráneos con intrusión salina

Cuando los fondos regionales o estatales operen bajo estos criterios, entonces el gobierno federal deberá apoyar, con recursos fiscales, durante cierto tiempo el pago por servicios ambientales en las cuencas, en proporción al aporte de los usuarios que participan del programa.



Los apoyos federales deben también destinarse a la investigación de los costos que se requieren para tomar medidas de protección ambiental. Estos incluyen costos de restauración de suelos por región, topografía, clima, tipo de cultivos, etc. También se deberá hacer estudios del costo del manejo integrado de plagas que reduzca el uso de agroquímicos, así como del manejo sustentable del agua en los predios, costos de restauración de suelos en las áreas de cosecha de agua superficial y subterránea y finalmente costos de reforestación de áreas críticas.

El siguiente paso será destinar apoyos para la creación de mercados de agua regional y generar medidas para la redistribución de los subsidios a la producción y a la distribución de servicios básicos, tales como la tortilla, la leche, transporte, diesel agropecuario, fertilizantes y agroquímicos.



## RECOMENDACIONES

Los resultados del análisis de los datos anteriores nos muestran que el uso excesivo del agua responde principalmente a la carencia de un costo en el uso de este bien entre otros motivos.

Para lograr que se reduzca el desperdicio del agua, será necesario elaborar políticas públicas para este insumo que deberán ser de dos tipos, económicas y normativas.

Las económicas tienen relación por un lado con la valorización del agua, tanto desde el punto de vista de los costos totales, (operación, mantenimiento de instalaciones y amortización de inversiones) como de los ambientales. Por el otro tiene relación con la reestructuración de los subsidios generales a la producción agropecuaria. Y un tercer punto se relaciona con la creación de mercados del agua.

Respecto a la normatividad, esta tiene que ver con medidas de regulación (o exclusión en casos extremos) en el uso de agua de fuentes superficiales y subterráneas que tengan problemas de sobreexplotación.

Es indispensable que en el largo plazo la producción agropecuaria con riego pague los costos reales de operación del agua, más los ambientales. Esta política no es algo que sea fácil de implementar, sobre todo en un país que ha acostumbrado a sus usuarios a recibirla gratis.

De manera que las políticas que se propondrán en este capítulo tendrán dos fases, una que será el "deber ser", y otro que será el "poder hacer" en diferentes plazos. Pero en ambos casos el objetivo primordial será la reconstitución de la capacidad de la naturaleza para proveer el agua necesaria para los requerimientos humanos, así como la presión económica sobre las actividades altamente degradatorias tanto en la ciudad como en el campo.

Las políticas de uso del agua deberán estar determinadas por la necesidad real de los cultivos y tendrán un aporte básico del agua técnicamente necesaria. Pero en el largo plazo su objeto debe ser la restauración de las condiciones de su cosecha sustentable y de la eliminación del uso de insumos contaminantes como los químicos derivados del petróleo y otros.

La cosecha sustentable se relaciona con el manejo de los suelos y los bosques o selvas. Ello tiene que ver con la pendiente, el porcentaje de la cobertura vegetal sobre el suelo y de materia orgánica dentro de los horizontes el suelo.

También para reducir el desperdicio se deberán tomar medidas para impedir el infiltrado del agua en los canales, proceso que todavía es

responsable de la pérdida de más del 30% del líquido de riego superficial.

Otra de las medidas debe ser la sustitución del actual riego por aspersión, por sistemas de ahorro de agua como el de microaspersión, el riego por goteo o por tubería porosa, ya que las pérdidas por evaporación de los sistemas de aspersión son extremadamente altas.

### **Propuesta para Estrategias de corto plazo**

Esta estrategia debe comenzar con el cobro de los costos mínimos del agua; empezando por los costos operativos, económicos y financieros del agua de riego, en segunda instancia el costo de operación medio del agua total, incluyendo la agrícola, industrial y municipal y a un mayor plazo incluir los costos ecológico-ambientales; lo que sería el primer paso indispensable para el uso sustentable o racional del agua.

El agua para riego deberá pagar una cuota mínima por el uso básico del agua durante los diez primeros años. Los productores podrán hacer uso del agua de riego hasta por cinco mil metros cúbicos por hectárea de riego comprobada, sin costo alguno, a partir de lo cual deberán pagar el costo operación y de la depreciación de la infraestructura.

En la práctica el régimen deberá consistir en pagar toda el agua que se utilice por hectárea, pero se le regresará un valor correspondiente a los primeros cinco mil metros cúbicos de los costos de operación.

Ello significa que el estado seguirá subsidiando por los primeros diez años el agua de riego en las cantidades necesarias para la producción, pero se comenzará a cobrar los costos a los productores que la desperdicien en proporción a los costos reales de operación y administración, y en la medida que mayor sea el uso por hectárea, se sumarán a lo anterior los costos de depreciación de la infraestructura y finalmente por encima de quince mil metros cúbicos, se sumarán los costos ambientales específicos del agua agropecuaria.

Lo anterior determinará en principio un uso más racional del agua en el corto plazo. El subsidiar el agua no es en sí mismo una perversión económica. Este subsidio tiene un efecto perverso cuando no existe un límite a los subsidios.

Ya se vio que cuando se subsidia un bien para ser utilizado en la producción, necesariamente se hará un uso excesivo e innecesario de ese bien. Por lo tanto el subsidio deberá estar acotado a los requerimientos mínimos de la producción.

Las estrategias de corto plazo, son las que tienen como objetivo resolver la reducción del uso innecesario del agua. Son estrategias destinadas a

presionar sobre el consumo excesivo, a través de castigar económicamente el uso innecesario y degradatorio del ambiente.

Los mecanismos de cobro de derechos por el uso de agua a partir de cierta cantidad, es el mecanismo más eficaz para reducir en el corto plazo el uso consuntivo excedente, el que se utiliza por encima de las necesidades del cultivo.

Este mecanismo es fundamental que se imponga en lo inmediato, y deberán desarrollarse formas de medición que permitan tener una idea precisa de la magnitud del gasto individual de agua por productor. Como esta medición no es posible hacerla por cada productor desde una institución centralizada, se deberá cobrar por distritos, y encargar a ellos la responsabilidad de medir el gasto de cada usuario.

El cobro se hará por volumen medido en la presa y la superficie declarada. Cuanto menor sea la superficie declarada, mayor será el gasto por hectárea, por lo que no será de interés para los usuarios el declarar menos de lo que realmente cultiven. Esto permitirá también dar seguimiento a las propuestas de apoyo al consumo eficiente del agua que se presentarán a continuación.

Los usuarios deberán pagar derechos por el uso del agua en forma creciente al incrementarse el uso. Cuanto mayor sea el gasto por hectárea, mayor será el costo unitario del derecho a pagar. Se supone que los gastos más altos deben ser aprovechados en cultivos de alto valor por hectárea. De no ser así la presión de un alto costo del agua, será un freno al uso innecesario en cultivos de bajo valor por hectárea.

Como contrapartida se dará a los usuarios, en los primeros diez años del programa, un apoyo para el pago de derechos del agua por la cantidad mínima de agua con un sistema que apoye la eficiencia, el cual se describe en el siguiente punto. Cada usuario podrá pagar el agua a los costos que defina el distrito, y se responsabilizará al distrito por su uso y se dará asesoramiento a los usuarios de cómo distribuir los recursos de apoyo.

En el ejemplo del cuadro 37, durante los primeros diez años, los productores deberán pagar por cada hectárea regada con diez mil metros cúbicos, 859 pesos, de los cuales se les regresará 429.5 pesos. Así su costo será de 429.5 pesos por los primeros diez mil metros cúbicos.

En el caso que un productor utilice quince mil metros cúbicos por hectárea, deberá pagar 2,734 pesos y se le regresarán los 429.5 pesos correspondientes a los cinco mil primeros metros. De manera que su costo será de 2,289.5 pesos. Este valor es un desincentivo para

productores de riego de granos básicos, pero no lo es todavía para productores de hortalizas.

El uso mayor a los cinco mil metros cúbicos deberá tener un incremento en los costos de 0.0859 pesos por metro cúbico. El uso mayor a los diez mil metros cúbicos hasta quince mil tendrá un costo de 0.219 pesos que incluye el costo ambiental, y mayor de quince mil comprende el costo operación y administración del agua promedio del país. Finalmente el uso por encima de los veinte mil metros cúbicos deberá ser pagado a 0.700 pesos el metro cúbico como agua suntuaria en la agricultura.

**Cuadro 37**

México	Costos por cada cinco mil metros cúbicos (Región 9)				
Volumen utilizado	0 - 5,000	5,001 -10,000	10,001 - 15,000	15,001 -20,000	20,001 y más
m3	0.0859	0.0859	0.219	0,5712	0.7
Total/ha.	429.5 */	429.5	1,095.00	1,142.00	--

\*/ (reintegrables por 10 años)

Por ejemplo, un productor que utilice 17 mil metros cúbicos por hectárea, pagará entonces los siguientes valores, cero pesos por los primeros 5,000 metros cúbicos, más \$0.0859 por m3 los cinco mil siguientes mil subsiguientes, más \$0.219 por m3 de los otros cinco mil, y finalmente 0.5712 por m3 de los dos mil finales, en total 2,667 pesos por ha.

Con el cobro diferenciado del agua se busca desalentar el gasto innecesario en la producción agropecuaria, y así disminuir el sobreuso de las fuentes superficiales y subterráneas o en su caso, incrementar la superficie pasible de ser regada con el agua desperdiciada o disponible.

Las políticas públicas a desarrollar para el manejo sustentable del agua deben estar enmarcadas en estrategias económicas de corto, mediano y largo plazo.

### **Procedimiento de cobro**

El pago por los primeros 10,000 metros cúbicos por ha. en las regiones de disponibilidad 9 se hará de acuerdo a la tarifa básica de pago de costos de operación, que será de 0.0859 pesos por metro cúbico. Esto hace un total de 859 pesos por hectárea, de los cuales se le regresará al productor de riego los correspondientes a los 5,000 primeros metros cúbicos de cada hectárea declarada.

Si el productor utiliza 6,000 metros cúbicos, el costo será de 85.9 pesos, ya que deberá pagar 515.4 pesos por el total de los cuales se le regresarán 429.5 correspondientes a los primeros 5,000 metros cúbicos. De manera que el costo promedio de los seis mil metros cúbicos utilizados alcanza a los 0.0143 pesos por metro cúbico (cuadro 38).

Cuadro 38

<b>Primeros diez años</b>					
Zonas agrícolas de riego con Disponibilidad 9 (CNA)					
GASTO	INCREMENTOS	\$/M3	Stotal	Acum	\$prom/M3
<5,000	5,000	--	--	--	--
<10,000	5,000	0.0859	429.5	429.5	0.0430
<15,000	5,000	0.2190	1,095.0	1,524.5	0.1016
<20,000	5,000	0.5712	2,856.0	4,380.5	0.2190
>20,000	5,000	0.7000	3,500.0	7,880.5	0.3152

El criterio será pues de cobrar durante los primeros diez años, solamente el costo de operación a los usuarios, por los primeros 10 mil metros cúbicos por hectárea. A partir de allí se agregará el costo ambiental por los siguientes cinco mil metros cúbicos que lleva el valor a los 0.219 pesos y a partir de los quince mil se cobrará el costo medio del agua nacional en bloque, como costo de oportunidad, que es de 0.5712 pesos a valores de 2006.

Los usuarios que gasten más de 20 mil metros cúbicos por hectárea deberán pagar un sobrepago por el excedente a razón de 0.7 pesos por metro cúbico.

De esta manera se beneficiará a los productores que mantienen su producción con base en el uso más bajo posible del líquido, y se presionará económicamente a los que desperdician el agua.

Durante todo el primer decenio, el agua se seguirá subsidiando a los productores de riego en diferentes escalas por cada estrato de cinco mil metros cúbicos.

A partir de ese momento, el año once, se comenzará a cobrar el costo ambiental por metro cúbico a los productores que gasten por encima de los cinco mil metros cúbicos hasta los primeros 10 mil.

Y a partir de ese año once, el gasto que sobrepase los diez mil metros cúbicos deberá ser pagado a razón de su costo medio de extracción, conducción y distribución nacional de toda el agua, incluyendo la potable, más el costo ambiental, es decir 0.70 pesos por metro cúbico.

Así se mantendrá la política de subsidios al agua agrícola, pero se incorporará un castigo al uso innecesario, al desperdicio.

El cobro a las regiones de baja disponibilidad 7 y 8, podrán ser calculados con base en una tarifa proporcional calculada con base en un factor de multiplicación simple de uno y medio o dos y para las regiones de más baja disponibilidad; 1 a 6, por un factor de dos y medio a tres. Estos factores deberán ser fijados a partir de un estudio de capacidad de extracción y de rentabilidad de los cultivos.

De esta manera en el mediano plazo se logrará la reducción del uso innecesario del agua, periodo durante el cual se deberá desarrollar un programa de organización y manejo de los fondos ambientales de cuencas, así como el de otro programa de mercados de agua. Así el recurso agua se gastará según la necesidad del cultivo y no se tendrá sobreuso provocado por costos inexistentes del agua.

### ***Apoyo económico al uso sustentable del agua***

A partir de los cinco mil metros cúbicos gastados por hectárea que se aportarán en forma gratuita a todos los productores, el precio del agua deberá ser pagado por todos los beneficiarios del riego, pero se dará un reintegro a los mismos con base en su eficiencia para producir grano. Para el caso del maíz en especial la propuesta más razonable para reintegrar a los productores los subsidios que se dejan de aportar al agua, es la de hacerlo a través de incorporar un sobreprecio por tonelada, proporcional al gasto de agua por unidad de producto.

Por ejemplo, el gasto promedio nacional por kilogramo se observó anteriormente que gira alrededor de los tres mil litros, es decir tres mil metros cúbicos por tonelada. Todos los productores que usen el agua más eficientemente que el promedio serán beneficiados por el subsidio, para lo cual deberán tener como condición un medidor de agua y una declaración de hectáreas a sembrar cada año, para ser candidatos a recibir los apoyos al agua eficientemente gastada.

Se dará un sobreprecio de 5% a los productores que tengan un consumo de dos mil metros cúbicos por tonelada y de 10% a los que obtengan una tonelada con mil metros cúbicos, para resarcir el costo del agua usada eficientemente. El consumo intermedio podrá ser apoyado con la proporción respectiva.

Estos valores se calcularon a partir de los costos medios del agua de riego por bombeo en el año 2006.

#### **Cuadro 39**

Cuadro 39  
ANÁLISIS DE OPCIONES DE UNA POLÍTICA DE FOMENTO AL USO SUSTENTABLE DEL AGUA  
ESTÍMULOS A LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE RIEGO



DATOS POR HECTÁREA	A	B	C	A1	B1	C1	A2	B2	C2
<b>Prod. Ton/ha</b>	<b>3.0</b>	<b>5.0</b>	<b>10.0</b>	<b>3.0</b>	<b>5.0</b>	<b>10.0</b>	<b>3.0</b>	<b>5.0</b>	<b>10.0</b>
\$/Ton	2,500.0	2,500.0	2,500.0	2,500.0	2,500.0	2,500.0	2,500.0	2,500.0	2,500.0
Ingreso/ha	7,500.0	12,500.0	25,000.0	7,500.0	12,500.0	25,000.0	7,500.0	12,500.0	25,000.0
<b>Agua Gastada</b>	<b>15,000.0</b>	<b>15,000.0</b>	<b>15,000.0</b>	<b>8,000.0</b>	<b>10,000.0</b>	<b>12,000.0</b>	<b>5,000.0</b>	<b>7,500.0</b>	<b>10,000.0</b>
Agua subsidiada	5,000.0	5,000.0	5,000.0	5,000.0	5,000.0	5,000.0	5,000.0	5,000.0	5,000.0
Saldo a pagar en M3	10,000.0	10,000.0	10,000.0	3,000.0	5,000.0	7,000.0	-	2,500.0	5,000.0
\$/M3 según gasto	0.219	0.219	0.219	0.043	0.043	0.219	0.043	0.043	0.043
Gasto en agua (\$)	3,285.0	3,285.0	3,285.0	344.0	430.0	2,628.0	215.0	322.5	430.0
<b>Ingreso/ha – agua (\$)</b>	<b>4,215.0</b>	<b>9,215.0</b>	<b>21,715.0</b>	<b>7,156.0</b>	<b>12,070.0</b>	<b>22,372.0</b>	<b>7,285.0</b>	<b>12,177.5</b>	<b>24,570.0</b>
<b>relación agua/prod lt/kg</b>	<b>5,000.0</b>	<b>3,000.0</b>	<b>1,500.0</b>	<b>2,666.7</b>	<b>2,000.0</b>	<b>1,200.0</b>	<b>1,666.7</b>	<b>1,500.0</b>	<b>1,000.0</b>
% de apoyo	0.0%	0.0%	7.5%	0.0%	5.0%	9.0%	6.5%	7.5%	10.0%
Reintegro	-	-	1,875.0	-	625.0	2,250.0	487.5	937.5	2,500.0
<b>Ingreso total con estímulos</b>	<b>4,215.0</b>	<b>9,215.0</b>	<b>23,590.0</b>	<b>7,156.0</b>	<b>12,695.0</b>	<b>24,622.0</b>	<b>7,772.5</b>	<b>13,115.0</b>	<b>27,070.0</b>

Se suponen tres escenarios (cuadro 39) en los que se asumen tres niveles de rendimientos, 3.0, 5.0 y 10.0 toneladas por hectárea, con diferentes gastos de agua. El precio teórico del agua será de dos mil quinientos pesos la tonelada, y el costo del agua a los precios señalados anteriormente en cuatro niveles, 1) el costo de operación de 0.0859, 2) el costo de operación más el costo ambiental de 0.219 pesos por metro cúbico, 3) el de oportunidad, asociado al costo medio del agua promediando el costo del agua para la industria y comercio, y la municipal, y finalmente 4) un costo de castigo, cuando sobrepase el gasto de los veinte mil metros cúbicos por ha. que lo llevaría a 0.70 pesos o esa unidad de volumen.

En el primer caso A, B, C se supone un uso de 20 mil metros cúbicos por ha., en el segundo A1, B1, C1 de 15 mil metros cúbicos por ha. y el tercero A2, B2, C2 de 6 a 10 mil.

Se observa cómo, a medida que es más eficiente el uso del agua, mayor es el ingreso final. Los productores que desperdician el agua, usando de 4 a 6.7 miles de metros cúbicos por tonelada, deberían pagar 4,380.5 pesos de agua, lo que haría antieconómica su producción. En cambio con ese mismo gasto, quien obtenga 10 toneladas por ha. recibirá un 5.0 % de estímulo, en este caso 1,250 pesos, por lo que el costo de agua será de 3,130 pesos.

En el segundo caso, con gastos de agua de 15 mil metros cúbicos, con los mismos niveles de rendimiento el resultado es similar al anterior, se muestra un diferencial en los costos del uso del agua y la eficiencia del agua será de 5,000, 3,000 y 1,500.0 metros cúbicos por tonelada. Así, los estratos de producción de 3 y 5 toneladas no obtendrán un reintegro por el uso del agua, en cambio el último obtendrá un 7.5% de estímulo.

Finalmente en el tercer caso, en el cual el gasto por ha. es mucho menor y la eficiencia es alta para los tres niveles de producción, podrán

tener reintegros todos ellos, obteniendo así ingresos extraordinarios por esa eficiencia, ya que todos están por debajo de los 2,000 metros cúbicos por tonelada.

Este beneficio solamente podrá hacerse efectivo al estar inscritos al programa de estímulos al uso eficiente del agua y si se establecen tres condiciones de operación: los productores deben tener un medidor oficial del agua agrícola por predio, o por el conjunto de un distrito de riego, deben vender el total de su producción por medios regulares y con factura y por último declarar anualmente la superficie que solicitan.

El control de los registros productivos están en un nivel suficientemente avanzado como para llevar adelante este tipo de programa, sin embargo será necesario acelerar el proceso de instalación de medidores por parte de la SAGARPA y CNA y utilizar los antecedentes del PROCAMPO, para mantener el registro productivo de cada productor.

Como todo programa de subsidios es necesario rediseñar estos estímulos cada cierto tiempo, para ir adecuándolo a la mejora de la eficiencia productiva. Tiene que además tener un plazo de vigencia que no debe sobrepasar los diez años.

### **Estrategias de mediano plazo**

*(Relación intracuenca a través de instancias institucionales)*

Una parte cada vez mayor de estos recursos deberá destinarse al pago de los servicios ambientales en el área de la cuenca de la represa o de las zonas de recarga de los acuíferos subterráneos.

Esta primera estrategia está enmarcada en una política pública de largo plazo más general que se refiere al redireccionamiento de los subsidios a los bienes y servicios públicos, a subsidios directos a los usuarios de estos bienes y servicios. Es más económico para el estado dar el dinero de los subsidios directamente a los usuarios que invertirlo en la producción de los bienes y servicios.

Estas relaciones se refieren a la necesidad de crear vínculos directos entre los usuarios del agua y los habitantes en la cuenca superior de la presa. Ello porque en el largo plazo el uso del agua se debe relacionar con la conservación de las cuencas hidrológicas.

Los usuarios del agua deben acordar con los habitantes de las cuencas y de las zonas de recarga, la mejor manera de que el pago que realicen los usuarios por derechos, durante el primer periodo de subsidios se utilice en la restauración de las cuencas hidrológicas en forma directa, para que el costo ambiental pagado por los usuarios del agua se corresponda con el valor de restitución de las condiciones de cosecha

natural del agua, con la calidad y cantidad que corresponda a las condiciones pluviométricas de la cuenca.

La siguiente etapa será el pago directo de los servicios ambientales por parte de los usuarios del agua a los habitantes de la cuenca. El estado será el facilitador, luego que se logre que los habitantes de la cuenca se pongan de acuerdo entre usuarios y productores de abajo y arriba de la cota.

Los Consejos de Cuenca deben ir regulando el uso de los recursos económicos para destinarlos a las obras que estén previstas en el plan rector que determine el procedimiento de mejora año con año de las condiciones de la cuenca que permita un incremento en la mejora de la cantidad y calidad del agua cosechada por la cuenca.

Este plan rector deberá ser aprobado tanto por los usuarios como por los productores de cuenca arriba, a partir de un proyecto propuesto por la o las universidades especializadas en el tema, que previamente hayan hecho un estudio de las mejores medidas a tomar para restaurar los suelos en la cuenca.

Una vez comenzado se deben cumplir los pasos previstos para la mejora de la cuenca y los usuarios del agua aportarán la parte correspondiente por los derechos pagados. Y el estado por su parte se comprometerá a aportar la parte proporcional que pongan los beneficiarios del uso del agua.

El gobierno federal deberá entregar apoyos a los productores que tomen medidas para la detención de la erosión. Se apoyará al costo de investigación, organización de los campesinos, reconversión productiva.

El gobierno deberá responsabilizarse, además, de controlar en primera instancia los efectos que sobre las fuentes tienen las aguas de desecho que las ciudades e industrias vierten en las corrientes de agua sin previo tratamiento.

### **Estrategias de largo plazo**

Las políticas públicas de largo plazo deberán estar vinculadas con el cobro de los costos totales del agua (económicos y ambientales) por parte de las autoridades de cuenca, compuestas por representantes de productores bajo y sobre la cota.

Los costos totales serán los de operación, administración, infraestructura hidráulica de la cuenca y costos ambientales representados como se explicó, por el manejo sustentable de la cuenca de la presa.

Los recursos que se obtengan por el pago de los costos ambientales por parte de los usuarios para riego, deberán ser depositados en fondos

especialmente destinados a su administración, los cuales deben ser manejados por los propios componentes de la cuenca, bajo reglas de operación elaboradas en conjunto por la SEMARNAT, la SAGARPA, la CNA y la CONAFOR, y supervisadas por la SHCP.

El destino de los recursos deberá ser la restauración de las cuencas para mejorar la cosecha del agua superficial y subterránea y en casos específicos para el tratamiento del agua de desecho en las ciudades que estén enviando contaminantes a las áreas de acumulación del agua.

Las propuestas de pago de los costos del agua por parte de los usuarios del riego, no es una solución definitiva al abuso del agua. En tanto se tengan valores generados por hectárea que sean sustantivamente altos como los obtenidos por hortalizas y frutales, se tendrán altos usos de agua. Sin embargo esos cultivos sí pueden pagar el agua a los costos estimados y de esta manera el cobro del agua será un aliciente para el uso del líquido en cultivos más rentables.

Los recursos obtenidos por esta política permitirán obtener recursos para sostener las instancias de medio ambiente locales ligadas al manejo del agua y se logrará ahorrar recursos fiscales destinados a subsidiar el agua que ahora podrán ser redirigidos a complementar los gastos para la restauración de las cuencas, dando prioridad a las que los usuarios destinen recursos para ese fin.

Finalmente la valorización del agua determinará un menor costo de operación, ya que habrá un gasto menor de agua de riego y por lo tanto serán menores los gastos sociales necesarios.



# REFERENCIAS

1. Aboites, Luis. "De bastión a amenaza. Agua, políticas públicas y cambio institucional en México, 1947-2001". En "El futuro del agua en México". U. de Guadalajara. UCLA, Juan Pablos, Méx. 2004.
2. Abraham E. *Fundamentos económicos para el cobro de derechos ambientales*. Tesis de Maestría. Facultad de Economía. UNAM. Mex. 2004.
3. Abraham E. "La restauración ambiental. Nueva Rama de la Economía". Investigación Económica. No. 233. UNAM. Mex. 2005
4. Abraham, E, Pereira. G. *Origen de valor de las ganancias extraordinarias industriales y agrícolas*. Investigación Económica. No. 155. vol. XL. UNAM. Mex 1982.
5. Aguilera Klink, F. *Valor, uso y precio del agua*. Directiva 2000
6. Albino, G. *Instrumentos económicos para el estudio del impacto industrial en el ambiente*. Economía Informa. No. 270. sept. 1998.
7. Angella, G. *Eficiencia del Riego en el Área de Proyecto del Río Dulce, Santiago del Estero*. Memorias del XVI Congreso Nacional del agua. Arg. 2000
8. Antón D. *Villes Assoiffées*. CRDI. Canadá. 1995
9. Antón D.; Díaz, C., *Sequía en un mundo de agua*. Piri Guazú. Costa Rica. 2000
10. Arreola, M. *Análisis Económico de Tecnologías de producción de granos básicos en Michoacán*. Fac. de Economía Vasco de Quiroga. Univ. Michoacana de San Nicolás Hidalgo. 2007
11. Ayres. R.U.; van der Bergh.J; Gowdy.J. *Weak vs. strong sustainability*  
<http://metec.mimas.ac.uk/WoPEc/data/Papers/dgruvatin.19980103.html>
12. Azqueta D. *Economía Ambiental*. McGraw-Hill. Madrid. 2002
13. Baumol and Oates (1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University. Press, Cambridge, UK. 1988.
14. BIRF. *Análisis comparativo de políticas relacionadas con el sector agua*. BM. Departamento de México y Colombia, región latinoamericana y Caribe, Mex. 2006.
15. Bravo et al. *Características y beneficios económicos de los mercados de agua en distritos y unidades de riego*. X Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua. Mex. 2000.
16. Brown. L. *Plan B2.0 Rescuing a Planet Under Stress an a Civilization in trouble*. NY; W:W. Norton & co., 2006. Feeding seven billion Well.
17. Budedo. M. *La política fiscal en México y los nuevos instrumentos de política fiscal ambiental*. Economía Ambiental. Lecciones de AL, INE – SEMARNAT, México, 1996
18. Cantú, César. *Cómo valorar el agua de riego cuando se cancela la concesión o derecho de uso*. I Simposio Nacional de Valuación Rural. Morelia. Méx. 2005.
19. Casas E. *Agroecología "IV Curso sobre desertificación y desarrollo sustentable en AL"*. PNUMA, FAO. México. 1995.
20. Cardellino, R. *Análisis de Viabilidad de Sistemas de Riego en Maíz*. INIA La Estanzuela. Uruguay, 2000.
21. Centro del Tercer Mundo para el manejo del agua AC. *El recurso hídrico en México*. The Nippón Foundation. México. 2003.
22. CEPAL. *Carta circular No. 21*. Dic. 2004
23. CFE. *Estudio de protección de Centrales Hidroeléctricas de las fuentes de contaminación que afectan su operación*. Eco - Ingeniería. México. 1994
24. CNA, *Compendio básico del agua en México*, Plan Nacional de Desarrollo México 2002
25. CNA. *Estadísticas del Agua en México*. Síntesis. México 2005.
26. CNA. *La estrategia social en los sistemas rurales de agua potable y saneamiento*. CNA. México 2000.
27. CONAFOR. *Protección, restauración y conservación de suelos forestales*. Semarnat. Mex. 2004.
28. CONAGUA. *Lo que se dice del agua*. CNA. 2005
29. Contreras, H. , *Costos económicos de la degradación de suelos e incentivos económicos para su conservación en México*. Tesis profesional., México - 1996
30. Contreras, H. *Eficiencia en los organismos operadores de agua. Conferencia sobre economía y ambiente*. INE, CEMDA. 2007.
31. Cuerdo M. Ramos G. J.L. *Economía y naturaleza*- Ed. Síntesis. España. 2000.
32. Dasmann R. *Un planeta en peligro*. SEP. SETENTA 180. UNESCO, México. 1972
33. Donoso, G. Chile: *Estudio de caso del Código de Aguas. Serie Recursos Naturales e Infraestructura*. CEPAL. Santiago de Chile. 2004.
34. E. Dávila; Levy S.; *Empleo rural y combate a la pobreza; una propuesta de política*. Economía Mexicana vol. IV. Núm 2, México - 1995
35. ECOSUR- USAID. *Evaluación de la deforestación en las ANP de Chiapas*. Méx. 1996
36. Ehrlich P. y A. *La Explosión Demográfica, El principal problema ecológico*. Salvat, España. 1993
37. Ehrlich. P. *El desarrollo reciente de las ciencias ambientales*. Gaceta ecológica. SEMARNAP. Mex.1999.
38. Erraruriz. F. *Cálculo de disposición a pagar por sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas marginadas de chile usando el método de valoración contingente*. Santiago, 2004.
39. FAO. *La banca y el medio ambiente*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. 103. Italia. 1993.
40. Fernández E. *La contaminación del agua en el valle de México*. Mesas redondas sobre Problemas de ecología humana en la Cuenca del Valle de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 1971.
41. Figueroa B. et al. *Manual de predicción de Pérdidas de Suelo por Erosión*. SARH. CP. 1991.
42. Fipps G. eta al *Mejoramiento en la eficiencia de riego con pivote central, LEPA. Agua para la agricultura*.

- [http://www.unesco.org/uy/phi/libros/uso\\_eficiente/fipps.html](http://www.unesco.org/uy/phi/libros/uso_eficiente/fipps.html)
43. Foladori, G. *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable*. Porrua. UAZ. México 2005.
  44. Foladori, G. *Controversias sobre sustentabilidad. La coevolución sociedad-naturaleza*. UAZ. México. 2001
  45. Jones T. *Pricing water*. OCDE Observer, No. 236, March, 2003
  46. Georgescu-Roegen. N.. *Energy and Economics Miths*. Southern Economic Journal. 41. 1975
  47. Gilpin A. *Economía Ambiental, un análisis crítico*. Alfaomega. Mex. 2003
  48. González, A. *Los Recursos Naturales en México. Estado actual de las investigaciones del suelo y agua*. IMRNR. Mex. 1959
  49. (González-Alvarez, *Proceedings of de 2003 Georgia Water Resources Conference*, University of Georgia, 2003).
  50. González-Dávila. G. *Ecosistemas y crecimiento económico durable*. Economía Informa. UNAM. No.316. México. 2003
  51. Graizbord B. *El futuro del agua en México*. UDG. Colmex. Juan Pablos México 2004.
  52. Graizbord, B. "El futuro del agua en México". U. de Guadalajara. UCLA, Juan Pablos, Méx. 2004.
  53. Granados, D. *La Cuenca Hidrológica*. UACH, Chapingo. Méx. 2005.
  54. (Golleson 2006) *Agricultural Resources and Environmental Indicators/EIB-16*, Economic Research Service 2006 Edition
  55. González, A. *Los Recursos Naturales en México II, Estado actual de las investigaciones del suelo y agua*. IMRNR. 1959.
  56. Guerrero M. *El agua. Ciencia 102*. SEP. 1991.
  57. Guevara Sanginés. A. *Pobreza y Ambiente en México*. IU. INE. INAP. Méx. 2003. Méx.
  58. Ikerd J. *Redirecting government policies to ensure agricultural sustainability*. Univ. of Missouri. 2005
  59. Ikerd J. *The ecology of sustainability*. Univ. of Missouri. 2005
  60. INAP; *Revista de Administración Pública; Administración Ecológica*, Varios autores; México - 1994
  61. INE. *Diagnóstico bio-físico y socio económico de la cuenca Lerma Chapala*. Semarnat. Méx. 2003.
  62. INE. *Economía d ela Biodiversidad*. Memorias del seminario internacional. La Paz. BC: Semarnap. Mex. 1999.
  63. INE. *Programa de gestión ambiental de sustancias tóxicas de atención prioritaria*. Semarnap. Mex. 1998.
  64. INE. *Semarnat. Impuestos Ambientales*. Lecciones en países de la OCDE y experiencias en México.
  65. INEGI, *Anuario Estadístico 1995*, INEGI – México
  66. INEGI, *Anuario Estadístico 2000*, INEGI – México
  67. INEGI, *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 1985-1992*, INEGI – México 1996
  68. INEGI, *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 1993 - 1998*, INEGI – México 1999
  69. INTA Manfredi. *Proyecto Regional de agricultura sustentable e impacto agroambiental*.  
<http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docsuelos/trigoriego/trigonorte.htm>
  70. Peña, E. *Eficiencias del uso del agua en distritos de riego en México*. INTA Manfredi. Julio 2007  
<http://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g03-07-2007/eficiencias-uso-agua.html>
  71. Jacobo et al. *La gestión del agua en México, Los retos para le desarrollo sustentable*. UAM, Méx. 2004
  72. Jouravlev, A. "Un enfoque integrado para la gestión sustentable del agua. Experiencias en gestión y valoración del agua" IV Seminario internacional CYTED-XVII" SJ Costa Rica, 2004
  73. Kahn.J. *Charactrristics and Criteria for Environmental Decision-Making*.  
[http://www.cetem.gob.br/imaas/Publication/Reports/James\\_Kahn\\_Report](http://www.cetem.gob.br/imaas/Publication/Reports/James_Kahn_Report)
  74. Keiner. *Re-emphasicing sustainable development, The concept of evolutionability*,
  75. Kelmab y Ramos. *Custo, valor e preço da água na agricultura*. REGA. Santiago. 2005
  76. Kolstad.Ch. *Economía Ambiental*. Oxford. University Press, México, 2000.
  77. Kwiatkowska, T. *Los caminos de la ética ambiental*. PyV. CONACYT. México. 2003
  78. Lanz, J. *Legislación de aguas en México. Estudio Histórico legislativo 1521-1981*. Tabasco, México. 1983.
  79. Leff, E. *Saber ambiental*. PNUMA. S. XXI. Méx. 1998
  80. Llamas G., A. *Ética ambiental y uso agrícola del agua*. XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 8. Gto. Mex. 2001.
  81. Collado, J. *Reglamentación de Sistemas de Riego y Desarrollo Sustentable de Iso Recursos Hídricos*. X Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua. Mex. 2000.
  82. López-Camacho, 1993.
  83. Llamas. A. *Ética ambiental y uso agrícola del agua*. XI Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 6. ANEI. Gto. 2001.
  84. Lozano. L. *Federalismo y ambiente en México y Alemania*. Fundación Fredrich Ebert. Mex. 2002
  85. Malthus. T.R. *An Essay on the Principle of Population* <http://www.econlib.org/library/Malthus/malPlong.html>
  86. Martínez Alier, J. *Curso básico de Economía Ecológica*. PNUMA. 1995.
  87. Martínez Alier, J. y Schüpmann, K. *La ecología y la economía*. FCE. Col. 97
  88. Marx. C. *El Capital T. 3. y Teorías de la Plusvalía*. S. XXI.
  89. Mejía et al. *Problemas operativos den el manejo del agua en distritos de riego*. CP, Terra 20, 2002.
  90. Muñoz. et al. *Paying for the hydrological Services of Mexico's forests: analysis , negotiations and results*. INE. Semarnat. 2005.
  91. Muñoz. et al. *Reflexiones hacia un desarrollo sustentable en México*, INE. Semarnat. 2000.
  92. Myer y Kent. *Subsidios Perversos*. . 2001.
  93. Naredo. J. *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. SXXI. España. 1993.
  94. National Plant Food Institute. *Manual de Fertilizantes*. Limusa. México. 1992.
  95. Noreno et al. *Impuestos ambientales. Lecciones países de la OCDE*. INE. Mex. 2002.
  96. Norman D. et al. *Defining and implementing sustainable agriculture*. KSA Series. Paper 1.
  97. O'Connors, J. *Causas naturales. Ensayos de marxismo ecológico*. Siglo XXI México 2001.
  98. OCDE *Environmental Data. Compendium 2002. Inland waters*
  99. OCDE *Government of the Future*. PUMA Plicy Brief NO. 0 June 2001.
  100. Palau Ibars, Antoni. *Los mal llamados caudales "ecológicos"*. Bases para una propuesta de cálculo. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, No. 28 1994, II.
  101. Palerm, J. *Antología sobre el pequeño riego*. CP. Méx. 1997 y Organización social y riego CP. Méx. 1997.
  102. Panayotou, Th., *Ecología, Ambiente y Desarrollo*, Gernika. México, 1994

103. Paz, F. *Reserva estratégica de agua subterránea y su valoración*. V Congreso Nacional de Aguas Subterráneas, Sonora. Mex. 2005.
104. Peña, H. Chile: 20 años del código de aguas. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Santiago de Chile. 2004.
105. Pérez, C. Pagos por servicios ambientales al nivel municipal y su impacto en el desarrollo rural. Pasolac. Inter American Scientific Conference Series.
106. Pigou, A.C. *La Economía del Bienestar*, 1920, Cambridge. GB.
107. PNUD – PNUMA - BM, *Recursos Mundiales 2002*, Ecoespaña Editorial; BID – España. 2002
108. PNUD. México Economic Sector Work (ESW) *Assessment of policy Intervention in the Water Sector*. Draft. México. 2006.
109. PNUD–PNUMA-BM, *Recursos Mundiales 1992-1993*, Ecoespaña Editorial; BID–España. 1996
110. Quadri, G. *Teoría y práctica en política ambiental y uso de instrumentos económicos*. Economía Ambiental. Lecciones de AL, INE – SEMARNAT. México. 1996
111. Rifkin, J. *La economía del hidrógeno*. Paidós. Méx. 2002
112. Roland Mieskowski. *M Flow of energy and entropy* <http://www.digital.recording.com/publ/publife/html>.
113. SAGARPA. *Otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos*. DOF. 3 de octubre de 2003.
114. SAGARPA. *Programa de adquisición de derechos de uso del agua*. DOF. 12 de agosto 2003.
115. Salama, P. *Sobre el Valor*. Ed. Era. México. 1978
116. Saldívar, A. *Globalización y ambiente*. Economía Informa. UNAM. No.316. México. 2003.
117. Sánchez et al. *Uso eficiente del agua*. IRC International Water and Sanitation Centre, Países Bajos 2004.
118. Santos-Hernández, A. et al. *Metodología para evaluar la distribución de costos e ingresos del riego*. Ensayo. Agrociencia 34. pg. 639-649. 2000.
119. SARH. *Formulación y evaluación de proyectos de plantaciones forestales*. Acuerdo México – Finlandia, 1993.
120. Sato, M; Dos Santos J. *Sinopsis de la Agenda 21*. SEMARNAP, PNUD. México. 1997.
121. Scheierling 1995 *Overcoming Agricultural Pollution of Water*  
<http://www.worldbank.org/fandd/english/0996/articles/0100996.htm>
122. SEDESOL. Los instrumentos económicos aplicados al medio ambiente. Serie monografías, No. 2. SEDESOL. Mex. 1992.
123. Sejenóvich H. et. Al. *Manual de Cuentas Patrimoniales*. PNUMA, Fundación Bariloche. Bs.As. 1996.
124. SEMARNAT, *El Sector Forestal de México, Avances y Perspectivas*, Memoria, 97-98 México. 1998.
125. SEMARNAT. Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el pago de Servicios Ambientales Hidrológicos. DOF. Mex. 2003.
126. SEMARNAT. *Bases de política de prevención de la contaminación del Suelo*. Mex. 2001.
127. Solanes M, Jouravlev, A. Integrando economía, legislación y administración en la gestión del agua y sus servicios en América Latina y el Caribe. CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, 2005.
128. Sosa, V.; Kosonen M. et al., *Estudio Internacional sobre estímulos fiscales y otros incentivos para el manejo de los bosques*, Helsinki – Finlandia - 1994
129. Toledo V. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Siglo XXI. México. 1985.
130. Toledo, A. Economía y biodiversidad. PNUMA. México 1998.
131. Toledo, A. *La valuación económica de la biodiversidad; alcances y limitaciones*. Economía Ambiental. Lecciones de AL, INE – México. 1996
132. Tomasini, D. *Bases económicas para el manejo sustentable... IV Curso sobre desertificación y desarrollo sustentable en AL*. PNUMA, FAO. México. 1995.
133. Tortajada, C. *Hacia una gestión integral del agua en México*, H. Cámara de Diputados, México, 2004
134. Tortajada, C. *Precio del agua y participación pública y privada en el sector hidráulico*. Centro del Tercer Mundo para el manejo del agua AC. México. 2004.
135. Tortajada, C. *Hacia una gestión integral del agua en México. Retos y alternativas*. Cámara de Diputados LIX. Legislatura. México. DF. 2004.
136. Vega E. , *La valuación económica de la biodiversidad*. Economía Ambiental. Lecciones de AL, INE – México. 1996
137. Watson et al. Millennium Ecosystem Assessment Board, UNDP. FAO, BM, UNESCO, Ramsar, etc. 2000.
138. World Bank. *Decentralization and Regional Development Project for Disadvantaged States*. March 4, Report No. 8786-ME, Mexico, 1991
139. Yáñez, A. Integridad de ecosistemas y valor económico. Taller Internacional de Valoración Económica del Medio Ambiente. INE 2000.
140. Zuluaga, J. et al. Monitoreo de los contaminantes del agua en la 3ª. Zona de riego el Rio Mendoza. INA-CRA U.N. de Cuyo. Arg. 2006.



# ANEXOS



## **ANEXO 1**

### ***Cuadros de Análisis***



El mercado del agua agrícola en México  
Análisis comparativo de la producción de riego y temporal en maíz en 20 municipios de México  
2006

CALCULADO SEGÚN  
GASTO PROMEDIO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS (CNA 2004)

**AGUA A 0.0026 PESOS**

Año 2006					INGRESOS DE LOS PREDIOS												
					Incremento de producción del riego sobre el temporal												
		Ha.		Toneladas		REND				Gasto		M3 totales		Rendim.		%Subterr.	
DELEGACION	MUNICIPIO	Cosechada	Producción	Valor	Caudal	Ton/ha	Pmr \$/ton	Riego \$/ha	Increment.	H20m3/ha	x1000	\$/M3	Tot/riego	\$Subterr			
1	2	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Ags	Aguascalientes	6,038.0	33,898.0	66,438,100.0	1	5.614	1,959.9	11,003.3	9,949.6	9,960	60,138	0.999	60.8	0.2000			
Coah	Acuña	2,491.0	4,657.0	7,486,500.0	1	1.870	1,607.6	3,005.4	1,844.6	10,539	26,253	0.175		0.2000			
Col	Colima	580.0	1,740.0	4,753,500.0	1	3.000	2,731.9	8,195.7	860.8	10,539	6,113	0.082		0.2000			
Dgo	Gpe Victoria	2,525.3	15,178.0	27,320,400.0	1	6.010	1,800.0	10,818.9	8,539.4	9,677	24,437	0.882	15.7	0.2000			
Gto	Celaya	10,128.0	73,248.0	153,320,500.0	1	7.232	2,093.2	15,138.3	10,809.9	5,525	55,957	1.957	37.2	0.2000			
Gro	Altamirano	5,969.0	22,413.0	35,290,480.0	1	3.755	1,574.6	5,912.3	-1,160.0	33,463	199,741	-0.035		0.2000			
Hgo	Tulancingo	6,197.0	23,293.0	58,232,500.0	1	3.759	2,500.0	9,396.9	4,434.4	20,891	129,462	0.212		0.2000			
Jal	Tomatlán	1,010.5	3,697.3	8,329,590.0	1	3.659	2,252.9	8,243.0	3,492.3	25,971	26,244	0.134		0.2000			
Mex	Jilotepec	23,120.0	74,473.5	178,736,400.0	1	3.221	2,400.0	7,730.8	1,420.2	5,145	118,952	0.276		0.2000			
Mich	Zamora	3,184.4	29,380.3	61,687,230.0	1	9.226	2,099.6	19,372.0	15,642.2	14,153	45,068	1.105		0.2000			
Mor	Zacatepec	2,023.8	7,172.8	21,498,000.0	1	3.544	2,997.2	10,622.6	-148.0	23,293	47,140	-0.006		0.2000			
NL	Montemorelos	68.0	130.6	225,900.0	1	1.921	1,729.7	3,322.1	1,810.4	6,389	434	0.283		0.2000			
Oax	Huajuapán de León	2,175.8	6,998.4	20,050,870.0	1	3.217	2,865.1	9,215.6	5,648.0	14,716	32,018	0.384		0.2000			
Pue	Tehuacán	3,636.0	9,370.5	20,766,250.0	1	2.577	2,216.1	5,711.3	3,978.2	13,098	47,624	0.304	22.0	0.2000			
Qro	San Juan del Río	13,599.0	90,697.0	186,218,170.0	1	6.669	2,053.2	13,693.5	11,504.4	7,794	105,991	1.476	53.4	0.2000			
SLP	Río Verde	5,248.0	12,697.7	19,119,750.0	1	2.420	1,505.8	3,643.2	2,453.9	6,389	33,529	0.384		0.2000			
Tamps	Mante	179.0	699.0	1,747,500.0	1	3.905	2,500.0	9,762.6	8,235.6	8,800	1,575	0.936		0.2000			
Tlax	Huamantla	5,663.0	25,483.4	48,418,480.0	1	4.500	1,900.0	8,550.0	4,755.3	4,850	27,466	0.980		0.2000			
Yucatán	Ticul	1,319.5	4,114.0	8,142,300.0	1	3.118	1,979.2	6,170.7	3,174.7	5,854	7,724	0.542		0.2000			
Zac	Fresnillo	8,530.0	54,216.0	113,853,600.0	1	6.356	2,100.0	13,347.4	10,803.4	11,456	97,720	0.943		0.2000			
<b>TOTAL Y PROMEDIOS</b>		<b>103,685.2</b>	<b>493,557.4</b>	<b>1,041,636,020.0</b>	<b>1</b>	<b>4.760</b>	<b>2,110.5</b>	<b>10,046.1</b>									

El mercado del agua agrícola en México  
Análisis comparativo de la producción de riego y temporal en maíz en 20 municipios de México  
2006

CALCULADO SEGÚN  
GASTO PROMEDIO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS (CNA 2

AGUA A 0.0026 PESOS

Año 2006		Operación		Saldo Riego/Temp		Otros ingresos			Ingreso Marginal Privado	COSTOS SOCIALES				
DELEGACION	MUNICIPIO	0.0026\$/m <sup>3</sup>	Oper. por ha.	DIF. VAL.		COSTO	Subsidios			Total/ha	Costos ambientales		Subsidios	
				Saldo/HA	Incr\$/m <sup>3</sup>		DIF R/T	Procampo	Otros		Total	Amortiz. 60 años		Amortiz. 35 años
1	2	3	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Ags	Aguascalientes	0.123	1,221.3	8,728.3	0.876	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	7,564.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Coah	Acuña	0.003	27.4	1,817.2	0.172	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	653.6	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Col	Colima	0.003	27.4	833.4	0.079	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-330.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Dgo	Gpe Victoria	0.034	325.1	8,214.3	0.849	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	7,050.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Gto	Celaya	0.076	420.1	10,389.9	1.881	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	9,226.3	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Gro	Altamirano	0.003	87.0	-1,247.0	-0.037	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-2,410.6	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Hgo	Tulancingo	0.003	54.3	4,380.1	0.210	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	3,216.5	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Jal	Tomatlán	0.003	67.5	3,424.8	0.132	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	2,261.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Mex	Jilotepec	0.003	13.4	1,406.9	0.273	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	243.3	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Mich	Zamora	0.003	36.8	15,605.4	1.103	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	14,441.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Mor	Zacatepec	0.003	60.6	-208.6	-0.009	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-1,372.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2
NL	Montemorelos	0.003	16.6	1,793.8	0.281	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	630.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Oax	Huajuapán de León	0.003	38.3	5,609.7	0.381	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	4,446.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Pue	Tehuacán	0.046	602.9	3,375.4	0.258	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	2,211.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Qro	San Juan del Río	0.108	841.8	10,662.6	1.368	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	9,499.0	708.0	505.7	607.6	1,624.2
SLP	Río Verde	0.003	16.6	2,437.3	0.381	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	1,273.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Tamps	Mante	0.003	22.9	8,212.7	0.933	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	7,049.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Tlax	Huamantla	0.003	12.6	4,742.7	0.978	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	3,579.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Yucatán	Ticul	0.003	15.2	3,159.4	0.540	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	1,995.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2
Zac	Fresnillo	0.003	29.8	10,773.6	0.940	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	9,610.0	708.0	505.7	607.6	1,624.2

TOTAL Y PROMEDIOS

1/. Incluye costos de restauración (\$547.57) y de servicios ambientales hidrológicos (\$60.00).  
La amortización a 35 años es el gasto ambiental diferencial por causas de mal manejo de cuencas.

El mercado del agua agrícola en México  
Análisis comparativo de la producción de riego y temporal en maíz en 20 municipios de México  
2006

CALCULADO SEGÚN  
GASTO PROMEDIO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS (CNA 2004)

AGUA A 0.0859 PESOS

Año 2006					INGRESOS DE LOS PREDIOS												
		Ha. Toneladas				Incremento de producción del riego sobre el temporal							Costos del agua				
						REND			Gasto	M3 totales	Rendim.	%Subterr		%Superf.			
DELEGACION	MUNICIPIO	Cosechada	Producción	Valor	dalic	Ton/ha	Pmr \$/ton	Riego \$/ha	Incrom. R/T\$/ha	H2Om3/ha	x1000	\$/M3	Tot/riego	\$Subterr	\$Superf.	%Superf.	
1	2	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Ags	Aguascalientes	6,038.0	33,898.0	66,438,100.0	1	5.614	1,959.9	11,003.3	9,949.6	9,960	60,138	0.999	60.8	0.2000	0.0859	39.2	
Coah	Acuña	2,491.0	4,657.0	7,486,500.0	1	1.870	1,607.6	3,005.4	1,844.6	10,539	26,253	0.175		0.2000	0.0859	100.0	
Col	Colima	580.0	1,740.0	4,753,500.0	1	3.000	2,731.9	8,195.7	860.8	10,539	6,113	0.082		0.2000	0.0859	100.0	
Dgo	Gpe Victoria	2,525.3	15,178.0	27,320,400.0	1	6.010	1,800.0	10,818.9	8,539.4	9,677	24,437	0.882	15.7	0.2000	0.0859	84.3	
Gto	Celaya	10,128.0	73,248.0	153,320,500.0	1	7.232	2,093.2	15,138.3	10,809.9	5,525	55,957	1.957	37.2	0.2000	0.0859	62.8	
Gro	Altamirano	5,969.0	22,413.0	35,290,480.0	1	3.755	1,574.6	5,912.3	-1,160.0	33,463	199,741	-0.035		0.2000	0.0859	100.0	
Hgo	Tulancingo	6,197.0	23,293.0	58,232,500.0	1	3.759	2,500.0	9,396.9	4,434.4	20,891	129,462	0.212		0.2000	0.0859	100.0	
Jal	Tomatlán	1,010.5	3,697.3	8,329,590.0	1	3.659	2,252.9	8,243.0	3,492.3	25,971	26,244	0.134		0.2000	0.0859	100.0	
Mex	Jilotepec	23,120.0	74,473.5	178,736,400.0	1	3.221	2,400.0	7,730.8	1,420.2	5,145	118,952	0.276		0.2000	0.0859	100.0	
Mich	Zamora	3,184.4	29,380.3	61,687,230.0	1	9.226	2,099.6	19,372.0	15,642.2	14,153	45,068	1.105		0.2000	0.0859	100.0	
Mor	Zacatepec	2,023.8	7,172.8	21,498,000.0	1	3.544	2,997.2	10,622.6	-148.0	23,293	47,140	-0.006		0.2000	0.0859	100.0	
NL	Montemorelos	68.0	130.6	225,900.0	1	1.921	1,729.7	3,322.1	1,810.4	6,389	434	0.283		0.2000	0.0859	100.0	
Oax	Huajuapán de León	2,175.8	6,998.4	20,050,870.0	1	3.217	2,865.1	9,215.6	5,648.0	14,716	32,018	0.384		0.2000	0.0859	100.0	
Pue	Tehuacán	3,636.0	9,370.5	20,766,250.0	1	2.577	2,216.1	5,711.3	3,978.2	13,098	47,624	0.304	22.0	0.2000	0.0859	78.0	
Qro	San Juan del Río	13,599.0	90,697.0	186,218,170.0	1	6.669	2,053.2	13,693.5	11,504.4	7,794	105,991	1.476	53.4	0.2000	0.0859	46.6	
SLP	Río Verde	5,248.0	12,697.7	19,119,750.0	1	2.420	1,505.8	3,643.2	2,453.9	6,389	33,529	0.384		0.2000	0.0859	100.0	
Tamps	Mante	179.0	699.0	1,747,500.0	1	3.905	2,500.0	9,762.6	8,235.6	8,800	1,575	0.936		0.2000	0.0859	100.0	
Tlax	Huamantla	5,663.0	25,483.4	48,418,480.0	1	4.500	1,900.0	8,550.0	4,755.3	4,850	27,466	0.980		0.2000	0.0859	100.0	
Yucatán	Ticul	1,319.5	4,114.0	8,142,300.0	1	3.118	1,979.2	6,170.7	3,174.7	5,854	7,724	0.542		0.2000	0.0859	100.0	
Zac	Fresnillo	8,530.0	54,216.0	113,853,600.0	1	6.356	2,100.0	13,347.4	10,803.4	11,456	97,720	0.943		0.2000	0.0859	100.0	
<b>TOTAL Y PROMEDIOS</b>		<b>103,685.2</b>	<b>493,557</b>	<b>1,041,636,020.000</b>		<b>4.760</b>	<b>2,110.5</b>	<b>10,046.1</b>									

El mercado del agua agrícola en México  
Análisis comparativo de la producción de riego y temporal en maíz en 20 municipios de México  
2006

CALCULADO SEGÚN  
GASTO PROMEDIO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS (CNA 2004)

AGUA A 0.0859 PESOS

Año 2006		Otros ingresos										Ingreso Marginal Privado	COSTOS SOCIALES					Ingreso Marginal Social
DELEGACION	MUNICIPIO	Saldo Riego/Temp				COSTO			Subsidios				Costos ambientales			Total Costos		
		Operación 0.0859/ m3	Oper. por ha.	DIF. VAL.		DIF R/T	Procampo	Otros	Total	Infraestruc. 60 años	Infraestruc. 35 años	Restaur.1/ 32	Subsidios Totales	Sociales 34				
1	2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Ags	Aguascalientes	0.155	1,546.5	8,403.0	0.844	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	7,239.4	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	3,794.0		
Coah	Acuña	0.086	905.3	939.3	0.089	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-224.3	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-3,669.7		
Col	Colima	0.086	905.3	-44.5	-0.004	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-1,208.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-4,653.6		
Dgo	Gpe Victoria	0.104	1,004.6	7,534.8	0.779	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	6,371.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	2,925.7		
Gto	Celaya	0.128	709.1	10,100.8	1.828	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	8,937.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	5,491.8		
Gro	Altamirano	0.086	2,874.5	-4,034.4	-0.121	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-5,198.0	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-8,643.5		
Hgo	Tulancingo	0.086	1,794.5	2,639.8	0.126	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	1,476.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-1,969.2		
Jal	Tomatlán	0.086	2,230.9	1,261.4	0.049	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	97.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-3,347.6		
Mex	Jilotepec	0.086	442.0	978.3	0.190	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-185.3	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-3,630.8		
Mich	Zamora	0.086	1,215.7	14,426.4	1.019	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	13,262.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	9,817.4		
Mor	Zacatepec	0.086	2,000.9	-2,148.9	-0.092	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-3,312.5	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-6,758.0		
NL	Montemorelos	0.086	548.8	1,261.6	0.197	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	98.0	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-3,347.5		
Oax	Huajuapán de León	0.086	1,264.1	4,383.9	0.298	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	3,220.3	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-225.2		
Pue	Tehuacán	0.111	1,453.9	2,524.3	0.193	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	1,360.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-2,084.7		
Qro	San Juan del Río	0.147	1,144.4	10,360.0	1.329	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	9,196.4	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	5,751.0		
SLP	Río Verde	0.086	548.8	1,905.1	0.298	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	741.5	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-2,704.0		
Tamps	Mante	0.086	755.9	7,479.7	0.850	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	6,316.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	2,870.6		
Tlax	Huamantla	0.086	416.6	4,338.7	0.895	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	3,175.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-270.4		
Yucatán	Ticul	0.086	502.9	2,671.8	0.456	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	1,508.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-1,937.3		
Zac	Fresnillo	0.086	984.1	9,819.3	0.857	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	8,655.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	5,210.2		

TOTAL Y PROMEDIOS

1/. Incluye costos de restauración (\$547.57) y de servicios ambientales hidrológicos (\$60.00).  
La amortización a 35 años es el gasto ambiental diferencial por causas de mal manejo de cuencas.



El mercado del agua agrícola en México  
Análisis comparativo de la producción de riego y temporal en maíz en 20 municipios de México  
2006

CALCULADO SEGÚN  
GASTO PROMEDIO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS (CNA 2004)

AGUA A 0.5712 PESOS

Año 2006		INGRESOS DE LOS PREDIOS													Costos del agua				
		Ha. Toneladas				REND				Gasto			M3 totales		Rendim.	%Subterr.	\$Subterr	\$Superf.	%Superf.
DELEGACION	MUNICIPIO	Cosechada	Producción	Valor	dalic	Ton/ha	Pmr \$/ton	Inc R/T/ha	Inc/ha	H20m3/ha	x1000	\$/M3	Tot/riego	18	19	20			
1	2	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Ags	Aguascalientes	6,038.0	33,898.0	66,438,100.0	1	5.614	1,959.9	11,003.3	9,949.6	9,960	60,138	1.00	60.8	0.2000	0.5712	39.2			
Coah	Acuña	2,491.0	4,657.0	7,486,500.0	1	1.870	1,607.6	3,005.4	1,844.6	10,539	26,253	0.18		0.2000	0.5712	100.0			
Col	Colima	580.0	1,740.0	4,753,500.0	1	3.000	2,731.9	8,195.7	860.8	10,539	6,113	0.08		0.2000	0.5712	100.0			
Dgo	Gpe Victoria	2,525.3	15,178.0	27,320,400.0	1	6.010	1,800.0	10,818.9	8,539.4	9,677	24,437	0.88	15.7	0.2000	0.5712	84.3			
Gto	Celaya	10,128.0	73,248.0	153,320,500.0	1	7.232	2,093.2	15,138.3	10,809.9	5,525	55,957	1.96	37.2	0.2000	0.5712	62.8			
Gro	Altamirano	5,969.0	22,413.0	35,290,480.0	1	3.755	1,574.6	5,912.3	-1,160.0	33,463	199,741	-0.03		0.2000	0.5712	100.0			
Hgo	Tulancingo	6,197.0	23,293.0	58,232,500.0	1	3.759	2,500.0	9,396.9	4,434.4	20,891	129,462	0.21		0.2000	0.5712	100.0			
Jal	Tomatlán	1,010.5	3,697.3	8,329,590.0	1	3.659	2,252.9	8,243.0	3,492.3	25,971	26,244	0.13		0.2000	0.5712	100.0			
Mex	Jilotepec	23,120.0	74,473.5	178,736,400.0	1	3.221	2,400.0	7,730.8	1,420.2	5,145	118,952	0.28		0.2000	0.5712	100.0			
Mich	Zamora	3,184.4	29,380.3	61,687,230.0	1	9.226	2,099.6	19,372.0	15,642.2	14,153	45,068	1.11		0.2000	0.5712	100.0			
Mor	Zacatepec	2,023.8	7,172.8	21,498,000.0	1	3.544	2,997.2	10,622.6	-148.0	23,293	47,140	-0.01		0.2000	0.5712	100.0			
NL	Montemorelos	68.0	130.6	225,900.0	1	1.921	1,729.7	3,322.1	1,810.4	6,389	434	0.28		0.2000	0.5712	100.0			
Oax	Huajuapán de León	2,175.8	6,998.4	20,050,870.0	1	3.217	2,865.1	9,215.6	5,648.0	14,716	32,018	0.38		0.2000	0.5712	100.0			
Pue	Tehuacán	3,636.0	9,370.5	20,766,250.0	1	2.577	2,216.1	5,711.3	3,978.2	13,098	47,624	0.30	22.0	0.2000	0.5712	78.0			
Qro	San Juan del Río	13,599.0	90,697.0	186,218,170.0	1	6.669	2,053.2	13,693.5	11,504.4	7,794	105,991	1.48	53.4	0.2000	0.5712	46.6			
SLP	Río Verde	5,248.0	12,697.7	19,119,750.0	1	2.420	1,505.8	3,643.2	2,453.9	6,389	33,529	0.38		0.2000	0.5712	100.0			
Tamps	Mante	179.0	699.0	1,747,500.0	1	3.905	2,500.0	9,762.6	8,235.6	8,800	1,575	0.94		0.2000	0.5712	100.0			
Tlax	Huamantla	5,663.0	25,483.4	48,418,480.0	1	4.500	1,900.0	8,550.0	4,755.3	4,850	27,466	0.98		0.2000	0.5712	100.0			
Yucatán	Ticul	1,319.5	4,114.0	8,142,300.0	1	3.118	1,979.2	6,170.7	3,174.7	5,854	7,724	0.54		0.2000	0.5712	100.0			
Zac	Fresnillo	8,530.0	54,216.0	113,853,600.0	1	6.356	2,100.0	13,347.4	10,803.4	11,456	97,720	0.94		0.2000	0.5712	100.0			
<b>TOTAL Y PROMEDIOS</b>		<b>103,685.2</b>	<b>493,557.4</b>	<b>1,041,636,020</b>		<b>4.760</b>	<b>2,110.5</b>	<b>10,046.1</b>											

El mercado del agua agrícola en México  
Análisis comparativo de la producción de riego y temporal en maíz en 20 municipios de México  
2006

CALCULADO SEGÚN  
GASTO PROMEDIO DE AGUA EN LOS MUNICIPIOS (CNA 2004)

AGUA A 0.5712 PESOS

Año 2006		Saldo Riego/Temp				Otros ingresos				Ingreso Marginal Privado	COSTOS SOCIALES					Ingreso Marginal Social
DELEGACION	MUNICIPIO	Operación	Oper.	DIF. VAL.		COSTO		Subsidios			Total/ha	Costos ambientales			Total Costos sociales	
				0.5712\$/m3	por ha.	Saldo/HA	Incr\$/m3	DIF R/T	Procampo	Otros		Total	Infraestruc. Amortiz. 60 años	Infraestruc. Amortiz. 35 años		Costo Restaur. 1/
1	2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Ags	Aguascalientes	0.346	3,441.3	6,508.3	-0.653	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	5,344.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	1,899.2
Coah	Acuña	0.571	6,019.9	-4,175.2	-0.396	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-5,338.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-8,784.3
Col	Colima	0.571	6,019.9	-5,159.1	-0.490	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-6,322.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-9,768.2
Dgo	Gpe Victoria	0.513	4,963.5	3,575.8	0.370	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	2,412.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-1,033.3
Gto	Celaya	0.433	2,393.0	8,417.0	1.523	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	7,253.4	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	3,807.9
Gro	Altamirano	0.571	19,114.1	-20,274.0	-0.606	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-21,437.6	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-24,883.1
Hgo	Tulancingo	0.571	11,932.9	-7,498.6	-0.359	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-8,662.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-12,107.6
Jal	Tomatlán	0.571	14,834.6	-11,342.3	-0.437	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-12,505.9	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-15,951.4
Mex	Jilotepec	0.571	2,938.8	-1,518.6	-0.295	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-2,682.2	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-6,127.6
Mích	Zamora	0.571	8,084.2	7,558.0	0.534	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	6,394.4	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	2,948.9
Mor	Zacatepec	0.571	13,305.0	-13,453.0	-0.578	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-14,616.6	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-18,062.1
NL	Montemorelos	0.571	3,649.4	-1,839.0	-0.288	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-3,002.6	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-6,448.1
Oax	Huajuapán de León	0.571	8,405.8	-2,757.8	-0.187	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-3,921.4	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-7,366.9
Pue	Tehuacán	0.490	6,411.9	-2,433.7	-0.186	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-3,597.3	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-7,042.8
Qro	San Juan del Río	0.373	2,907.0	8,597.4	1.103	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	7,433.8	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	3,988.4
SLP	Río Verde	0.571	3,649.4	-1,195.5	-0.187	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-2,359.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-5,804.5
Tamps	Mante	0.571	5,026.6	3,209.1	0.365	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	2,045.5	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-1,400.0
Tlax	Huamantla	0.571	2,770.3	1,985.0	0.409	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	821.4	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-2,624.1
Yucatán	Ticul	0.571	3,343.8	-169.1	-0.029	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	-1,332.7	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-4,778.2
Zac	Fresnillo	0.571	6,543.7	4,259.7	0.372	2,787.8	950.0	674.2	1,624.2	3,096.1	708.0	505.7	607.6	1,624.2	3,445.5	-349.3

TOTAL Y PROMEDIOS

1/. Incluye costos de restauración (\$547.57) y de servicios ambientales hidrológicos (\$60.00).  
La amortización a 35 años es el gasto ambiental diferencial por causas de mal manejo de cuencas.

## DESCRIPCIÓN DE CADA COLUMNA

Estado

Distrito de Desarrollo Rural DDR

Superficie sembrada

Superficie cosechada

% de Superficie siniestrada

Producción total en toneladas del DDR

Valor total en el DDR

Ciclo agrícola, OI = 1; PV = 2; Perenne = 3

Modalidad Riego = 1; Temporal = 2

Rendimiento en Tons/ ha.

Precio Medio Rural en pesos por Ton = 7/6

Valor Agregado Bruto por ha. 7/4

Incremento de la producción con riego sobre la de temporal en pesos por ha.

Gasto en Metros cúbicos por ha. a partir de datos de CNA en Distritos de Riego DR

Total de agua gastada en el DDR

Incremento de valor de riego sobre temporal, en pesos por metro cúbico de agua 13/14

Costos directos del agua, % de riego subterráneo en el DDR

Costos directos del agua, costos estimados por la extracción agua subterránea

Costos directos del agua, derechos pagados por agua superficial

Costos directos del agua, % de riego superficial

Costo de operación del agua en pesos por metro cúbico, en tres alternativas; precio actual de 0.0026, 0.0859 y 0.5712 pesos por m<sup>3</sup>

Costo de operación por ha. 21x14

Saldo del incremento Valor Agregado Riego/temp, disminuyendo costos de operación del agua.

Incremento de valor agregado Riego/temp por metro cúbico

Incremento del costo entre cultivo de riego y de temporal

Subsidio de Procampo por ha.

Otros subsidios al campo tomados del Presupuesto de Egresos de la Federación 2006 calculados por ha.

Total de subsidios 26+27

### **Ingreso total marginal privado por ha. (Ingreso incremental más subsidios) 23+27**

Costos sociales Infraestructura amortizada en 60 años

Costos ambientales por Infraestructura amortizada en 35 años (Valor Infraestructura dividido 35 años menos Valor infraestructura dividido 60 años)

Costos de restauración, calculados con información de PIASRE

Suma de todos los subsidios a la producción, son los mismos subsidios que 28, pero ahora como pérdida social.

Total de costos sociales y ambientales 29+30+31+32

### **Saldo de Valor marginal social 28-33**

Costo ambiental por ha.

Costo ambiental por tonelada

Precio del maíz si se cobrar el costo ambiental

Costo ambiental por metro cúbico de agua

Ingreso diferencial privado entre riego y temporal del total del municipio (es el ingreso diferencial privado por ha. multiplicado por el No. has. cosechadas)

Ingreso diferencial social entre riego y temporal del total del municipio (es el ingreso diferencial social por ha. multiplicado por el No. has. cosechadas)



## **ANEXO 2**

### ***Antecedentes históricos de la regulación del agua***

La polémica sobre los conflictos, crisis o manejo del agua no es reciente, pero el nivel actual de degradación y de crisis es tal, que la preocupación está ahora más extendida a todos los sectores de la población y es ya tema consuetudinario en los medios de comunicación.

Pero en el mundo se tiene conocimiento de medidas normadas por los seres humanos sobre el agua desde la civilización china, el Código de Hammurabi, la Biblia, el Derecho Romano, los textos musulmanes y otras normatividades en la Edad Media europea.

La tradición jurídica española con sus diferentes evoluciones en los reinos de Castilla, Aragón, Cataluña y Valencia, tiene sus orígenes en el Derecho Romano y en la herencia de usos y costumbres establecidas por los árabes para el riego, en los cuales todas las aguas estaban sujetas a un control público ejercido por el sultán o en su nombre (López-Camacho 1993). Los códigos españoles más importantes, que rigieron el derecho para el manejo de los recursos hídricos en la península ibérica fueron los siguientes:

- El Fuero Juzgo del año 693
- El Fuero Viejo de Castilla de 992
- El Fuero Real de España de 1255
- El Código de las Siete Partidas de Alfonso X el Sabio, de 1263
- El Ordenamiento de Alcalá expedido en el año 1348
- Las ordenanzas reales de Castilla del año 1485
- La Leyes de Toro del 1505 y
- La Novísima Recopilación de la Leyes de España expedida en el año 1805.

La legislación de aguas en Latinoamérica y la tradición jurídica mexicana en los primeros siglos de su historia (Lanz 1982), proviene de estos códigos y de todos ellos, el que tuvo mayor influencia en la legislación de los países latinoamericanos fue el Libro de la Leyes, llamado también, el Código las Siete Partidas. Aún cuando este código nunca llegó a tener una vigencia formal, siempre fue utilizado para la elaboración de las legislaciones de agua, fundamentalmente la Tercera Partida, que en sus leyes III y IV del Título XVIII establece que tanto las aguas dulces como las marítimas y sus riberas eran de uso común respecto de las cuales podían aprovecharse todos los hombres sin perjudicar los derechos de los demás.

También se regulaba en otros títulos de la misma Tercera Partida, lo referente a los cambios en los cauces de los ríos, la formación de islas

y los derechos de accesión, de aluvión, las servidumbres de acueducto y de desagüe y los derechos consecuentes a las mismas.

En el México prehispánico existían grandes obras de ingeniería hidráulica como la que abastecían de agua a la ciudad de Tenochtitlan y las del Rey Nezahualcoyotl para el manejo del agua en terraplenes, sin embargo no se tienen documentación escrita de estas obras.

Desde el año 1521, fecha de consumación de la conquista de la Nueva España, hasta el año 1821, de culminación de la lucha por la independencia, la legislación de aguas durante el periodo colonial, mantuvo la influencia directa de la legislación española. En 1536 se publicó en la Nueva España una Ordenanza sobre Medidas de Aguas, y en 1761 se expidió el Reglamento General sobre Medidas de Aguas, en 1783 las Ordenanzas de Minerías y en 1803 una Cédula sobre las aguas de las cañerías públicas, documentos todos en los cuales se proponían ciertas formas de medir el gasto del agua en función del tamaño de la abertura por donde pasaba el agua, pero sin medir su velocidad, con lo que el gasto era por lo tanto muy variable según la altura de la que proviniera el agua (Palerm 1997).

Uno de los documentos iniciales registrados en el país con el fin de ahorrar agua en la Ciudad de México fue un bando de policía del año 1836, en el que se intentó evitar el desperdicio de agua potable de las fuentes públicas y privadas, por medio de unas llamadas "llaves económicas", que tenía como objetivo el ahorro de recursos públicos (Lanz, 1982).

La primera Ley específica del estado mexicano para la regulación del agua fue emitida en 1888, por lo que en todo el periodo que va desde el 1821 al 88, siguieron teniendo vigencia las leyes españolas.

Esta influencia ibérica en la legislación de aguas se mantiene en todas las leyes, reglamentos y ordenanzas relacionadas con el agua, desde el art. 27 constitucional, hasta la Ley de Conservación del Suelo y Aguas del año 1946. Esta es la primera ley que cambia algunos contenidos de la emitida el siglo anterior, por lo que la regulación de 1888 tuvo vigencia por 58 años.

Es a partir de los años 60 del siglo XX que comienza a influir sobre la legislación de aguas mexicana la estructura creada en Francia para la gestión del agua.

Sin embargo, en todos estos casos citados, la legislación tiene que ver con la forma en que los seres humanos tienen derecho al uso del agua, pero todavía no existía en la legislación una visión ecológica, o por lo menos un sentido de su cuidado o de mantener la limpieza de las fuentes de provisión.

En cuanto el manejo del agua para riego, los primeros estudios conocidos son de Ibarrola y datan del año 1895, relacionados con la materia de irrigación, tanto del punto de vista técnico, como legal. Más tarde Oribe Alba, Luquin, García Quintero y Benessini realizan estudios más modernos sobre la irrigación en México, entre los años 1941 y 49 (González, 1959). En los últimos tiempos los estudios han sido cada vez más desarrollados y se han centrado en las universidades especializadas como las de Chapingo, Narro, Universidad de Chihuahua y de Nuevo León, etc.

Es el Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables el organismo que desarrolla los primeros estudios encaminados a realizar propuestas científicas para un uso racional del agua, (Álvarez 1961) relacionadas con investigaciones de hidrobiología y pesca. En aquella época no se tenían estudios específicos del uso sustentable del agua y estos se hacían vinculados al uso práctico del agua.

Los antecedentes sobre el manejo ecológico del agua tienen también los documentos iniciales en mesas redondas de este Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, sobre problemas en el Valle de México, en 1962, y de la ecología humana en la Cuenca del Valle de México (Escartín 1971). Es interesante destacar que casi los únicos profesionales que tenían una visión del tema ambiental eran los biólogos o los ecólogos. En aquellos años sus llamados a mejorar la ecología eran escuchados por muy pocas personas de un amplio criterio cultural y seguramente por ningún político. En esos años todavía no hacía crisis el excesivo volumen consumido en ciudades como México, Monterrey o Guadalajara, y el desabastecimiento por falta de fuentes de extracción, por lo que el énfasis se ponía sólo en la contaminación de las descargas de las aguas de desecho. Estaba también muy lejos la visión de una crisis del agua de uso agrícola.





### **ANEXO 3**

#### **PRODUCCIÓN PRIMARIA**

Se denomina producción primaria al proceso en que se captura la energía del sol en los ecosistemas. Los productores primarios son todas las plantas verdes terrestres y acuáticas, incluyendo las unicelulares. Las plantas incrementan su carga de energía durante la fotosíntesis en la forma de materia verde (celulosa y azúcares) y reducen su energía cuando respiran esos mismos compuestos. En la respiración se oxidan las moléculas orgánicas con oxígeno del aire para obtener la energía necesaria para los procesos vitales. En este proceso se consume  $O_2$  y se desprende  $CO_2$  y agua, por lo que, en cierta forma, es lo contrario de la fotosíntesis que toma  $CO_2$  y agua desprendiendo  $O_2$ .

El proceso bioquímico por el que se produce la carga de energía en los ecosistemas es el siguiente; la energía luminosa es captada por la clorofila de las células verdes de las plantas y utilizada para regenerar moléculas de Adenosín trifosfato ATP y de nicotinamida adenin dinucleótido fosfato NADPH (Fase luminosa). En una segunda fase la energía química contenida en el ATP y el NADPH es utilizada para reducir moléculas de  $CO_2$  hasta gliceraldehido, a partir del cual se sintetizan las distintas moléculas orgánicas, principalmente glucosa. Con la glucosa se forma almidón, celulosa y otros carbohidratos esenciales en la constitución de las plantas.

La energía desprendida de la respiración queda almacenada en compuesto de energía (ATP) y dinucleótido de nicotinamida adenina (NADH) que la célula puede utilizar para cualquier proceso en el que necesite energía.

Cuando se habla de producción de un ecosistema se hace referencia a la cantidad de energía que ese ecosistema es capaz de aprovechar a través del proceso descrito. Sin embargo su eficiencia no es homogénea y gracias a las lluvias por ejemplo, una pradera húmeda y templada, por ejemplo, es capaz de convertir más energía luminosa en biomasa que un desierto y, por tanto, su producción primaria es mayor.

La producción primaria bruta de un ecosistema es la energía total fijada por fotosíntesis por las plantas. La producción primaria neta es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración, es decir la producción primaria bruta menos la respiración.

Cuando la producción primaria neta es positiva, la biomasa de las plantas del ecosistema va aumentando. Es lo que sucede, por ejemplo, en un bosque joven en el que los árboles van creciendo y aumentando su número. Cuando el bosque ha envejecido, sigue fotosintetizando,

pero toda la energía que recoge la emplea en la respiración, la producción neta se hace cero y la masa de vegetales del bosque ya no aumenta.

El siguiente cuadro muestra la producción primaria neta en el mundo.

<b>Producción primaria en la biosfera</b>			
	Producción anual neta en C fijado (gr. de C/m <sup>2</sup> )	Extensión mundial (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	Producción anual (10 <sup>6</sup> ton C)
Bosques	400	41	16 400
Cultivos	350	15	5 250
Estepas y pastos	200	30	6 000
Desiertos	50	40	2 000
Rocas, hielos, ciudades	0	22	0
Tierras		148	29 650
Océanos	100	361	36 100
Aguas continentales	100	1.9	190
Aguas		362.9	36 290
Total			65 940

La eficiencia de la producción primaria neta se refiere no sólo a la cantidad total de energía asimilada por el ecosistema en energía química, sino también a qué proporción significa del total

de energía luminosa que le llega al ecosistema.

Entonces, la eficiencia de la producción primaria neta será el cociente entre la energía fijada por la producción primaria y la energía de la luz solar que llega a ese ecosistema.

La fotosíntesis podría llegar a tener una eficiencia teórica de hasta un 9% de la radiación que llega a las plantas, lo que representa un 2% de la energía que llega a la parte alta de la atmósfera, pero nunca se han observado valores tan altos. El valor máximo medido, en un caso muy especial de una planta tropical con valores de iluminación muy altos, ha sido de un 4,5% de la radiación total que llegaba a la planta.

Eficiencias más comunes en plena estación de crecimiento, con buenas condiciones de humedad, temperatura, nutrientes y de competencia son las siguientes:

#### Eficiencia de distintas comunidades vegetales

	Eficiencia de la Producción primaria bruta	% dedicado a Respiración
Comunidades de fitoplancton	< 0,5%	10 - 40%
Plantas acuáticas enraizadas y algas de poca profundidad	> 0,5%	
Bosques	2 - 3'5%	50 - 75%
Praderas y comunidades herbáceas	1 - 2%	40 - 50%
Cosechas	< 1,5%	40 - 50%

De manera que las eficiencias normales son como máximo del 1% de la energía que llega a las plantas, o lo que es lo mismo del 0,2% de la energía total que llega a la parte alta de la atmósfera y esta eficiencia

de la actividad fotosintética se encuentra limitada fundamentalmente por la escasez de elementos químicos y de agua y no por la falta de luz.



## **ANEXO 4**

### **EL CAUDAL ECOLÓGICO**

#### **Caudal "ecológico": la denominación de origen**

"A caballo entre la ecología como ciencia y el ecologismo como actitud, se han vivido y se viven unos tiempos en los que los productos "eco-algo" son como una especie de denominación de origen, sinónimo de calidad unas veces y de pretendido respeto a la naturaleza otras.

Probablemente esta creciente y ferviente devoción social por lo clorofílico es la causa de que al caudal que hay que dejar correr aguas abajo de aprovechamientos hidráulicos, se le llame caudal "ecológico" y que tal denominación se haya institucionalizado tanto en el ámbito de la investigación como en el de la gestión fluvial.

Lo cierto es que lo de caudal "ecológico" no deja de ser un inocente eufemismo, y como tal, susceptible de discusión sobre si es realmente correcto denominar caudal "ecológico" a cualquier otro caudal que no sea el natural.

Un repaso rápido a la bibliografía sobre el tema elaborada tan cerca como al otro lado de los Pirineos, muestra que lo de caudal "ecológico" es como confundir el cava con el vino espumoso. En Francia al cava le llaman "champán" y al caudal a establecer en ríos regulados, caudal "reservado" (*débit réservé*), es decir un caudal derivado del natural que hay que reservar para algún fin concreto. En el mundo anglosajón se utiliza indistintamente caudal "recomendado" (*recommended flow*) o caudal "regulado" (*regulated flow*), dos denominaciones que aluden respectivamente a caudales deducidos de algún tipo de estudio o establecidos como consecuencia de alguna regularización de las condiciones naturales de flujo. Se encuentra incluso el término caudal "mínimo" (*minimum flow*), que, por su proximidad al cero, tampoco es una denominación demasiado afortunada, y menos si se aplicara en un país de ríos temporales y torrenciales como España. Se conocen también citas de caudal "medioambiental" (*environmental flow*), que quizás resulte ser la acepción más próxima a la de aquí, pero aun así, la denominación foránea resulta ser bastante menos pretenciosa.

Con el término agricultura "ecológica" ocurre algo parecido, ¿cómo puede calificarse de ecológica una actividad cuya máxima es mantener un sistema biológico bajo unas condiciones de continua oposición al avance de la Sucesión Ecológica? No estaría de más llamar a las cosas por su nombre o, al menos, intentarlo. En este sentido, desde este artículo se propone sustituir el término de caudal "ecológico" por la denominación de "caudal de mantenimiento". Palau Ibars (1994).

El concepto caudal ecológico o de mantenimiento, se refiere al volumen de agua necesaria que debe permitirse escurrir en la represa que abastece la cuenca abajo, para que esta mantenga y preserve valores ecológicos; como por ejemplo los hábitat naturales que cobijan flora y fauna silvestre, las funciones ambientales como al purificación del agua, la amortiguación de los extremos del clima, los parques naturales y los paisajes.

Según Palau (1994), los caudales que se deben considerar a los efectos de calcular la operación exitosa y segura de una represa, son el que llama de mantenimiento, que es parte de un conjunto que incluye el caudal base, el de acondicionamiento, el generador, el máximo y otros indicadores de variabilidad.

Al concepto "caudal ecológico" se le van a dar una diversidad de valores respecto del volumen extraído para ser utilizado por el hombre, desde un mínimo de 10%, planteado en proyectos de represas, hasta quienes están en el extremo opuesto y plantean que cualquier uso del agua para el ser humano necesariamente reduce la biodiversidad en cada infinitésima parte utilizada en las acciones productivas.

Caudal es un concepto de ingeniería hidráulica y de administradores o gestores del agua, mientras que el adjetivo ecológico tiene su vinculación con la biología y con la gestión sustentable de la naturaleza por lo que esta materia tiene un contenido de interdisciplinariedad. En lo que respecta al agua de uso agrícola, este concepto es muy importante, porque en la agricultura se usa más de las tres cuartas partes del agua total extraída, por lo que el uso excesivo del agua que no se utilice eficientemente en la producción estará quitando parte del agua que requieren los ecosistemas naturales en forma destructiva para el ambiente.

Así, con el desperdicio no solamente se pierden recursos económicos y humanos, sino también se degrada el medio ambiente.

Ahora bien, el problema que se presenta ante este concepto, es definir el monto mínimo al cual llamaríamos caudal ecológico.

En general, quienes tienden a fijar los volúmenes del caudal ecológico son los ingenieros hidráulicos, basados en los requerimientos humanos y dejando un saldo para el medio ambiente.

Este fenómeno aún cuando los valores comúnmente propuestos son del orden del 10% del caudal medio anual, podrían considerarse altos respecto de las políticas con las que se iniciaron las obras de ingeniería hidráulica en nuestro país que tenían como meta de una Asociación de Ingenieros Hidráulicos y plasmados en uno de sus primeros "escudos de armas" y divisa cuasi ideológica; "Ni una sola gota al mar".

Y en cierta medida ese objetivo fue real durante los periodos en que esta política se consideraba correcta y estaba en proceso de ser cumplida hasta que se comenzaron a cambiar estos conceptos y se redujo la inversión en obras de ingeniería hidráulica. Actualmente los 220 kilómetros cúbicos represados significan casi la mitad del agua escurrida por año en el territorio nacional. Ello quiere decir que el caudal ecológico nacional teórico y "normal" es sólo 50% del total escurrido.

De manera que hoy todavía se sigue considerando a la naturaleza como proveedora de bienes naturales a la que no es necesario dar más de lo que la voluntad humana permita. Esa filosofía es exactamente la que fundamenta la economía ambiental y la perspectiva de una

concepción de este tipo en el no muy largo plazo, es la eliminación final de la biodiversidad en aras del mal llamado bienestar para la especie humana.

Pero queda todavía sin aclarar a qué valores se debe referir el concepto de caudal ecológico, si al requerido por la biodiversidad o al saldo de las necesidades humanas.

Existen autores que describen dos destinos del caudal ecológico a definir, ¿A qué comunidades interesa mantener? y ¿Cómo saber el máximo monto que se puede extraer de un caudal sin afectar a la biodiversidad de la cuenca?

En México, y en la mayor parte de los países del mundo con grandes obras de ingeniería hidráulica, el hecho de que ya la casi totalidad de los ríos del país estén contaminados introduce otra variable al concepto de caudal ecológico. ¿Cuál es la situación ecológica que se pretende mantener? ¿La actual con sus contaminantes o una idílica que debería ser la original, prístina antes de que el hombre interviniera ese ambiente?

Existe una gran variedad de métodos para medir el caudal ecológico y se agrupan según las características de su forma de medición, tales como los de Análisis de registros históricos, o los que toman en cuenta las Características hidráulicas y de caudal y finalmente los que se respaldan en la Relación entre Hábitat y caudal.

De manera que el caudal ecológico es todavía una materia en vías de consolidación, ya que no hay un criterio común ente ingenieros y biólogos. Es probable que en esa polémica puedan participar los economistas ambientales, no como árbitros sino como facilitadores de la discusión técnica y con propuestas de solución económica que complementen sus decisiones.





## **ANEXO 5**

### **OBSERVACIONES SOBRE LA ECONOMÍA AMBIENTAL**

La degradación y agotamiento de los recursos naturales son producto del desarrollo humano, no de fallas del mercado. Las llamadas *externalidades*, que provocan efectos indeseables sobre la sociedad a través de degradar el ambiente, no provienen de fallas del mercado, como lo plantea la actual Economía Ambiental Neoclásica, sino que son efectos de las acciones degradatorias que realizan los seres humanos sobre la naturaleza, cuando utilizan recursos naturales en forma no sustentable para incrementar sus niveles de bienestar. No es un fenómeno propio sólo del capitalismo, sino de todas las sociedades humanas, y de todas las actividades humanas, inclusive las no capitalistas y las no productivas.

Aceptar que las externalidades sean resultado de fallas del mercado implica que con solo eliminar las trabas al libre mercado, desaparecerán las causas que las provocan y eso no es un hecho comprobado. Esta concepción teórica termina en pretender que el libre mercado, la valorización de los recursos naturales y la seguridad en la tenencia de la tierra por sí mismos, permitirán impedir que se deteriore el ambiente.

Implica también pretender que las empresas, al cobrar la diferencia entre el costo individual marginal y el costo social marginal, van a destinar racionalmente esos recursos a reducir los efectos de la degradación con la cual, su producción particular de bienes económicos, impacta al ambiente.

Tanto el desarrollo del capitalismo librecambista del siglo XIX, como las políticas públicas proteccionistas del siglo XX y últimamente el libre mercado globalizado, aceleraron la tendencia de las comunidades humanas a degradar el ambiente, debido a que el crecimiento económico y el aumento de los estándares de vida en todos los países, está relacionado directamente con el incremento en el gasto excesivo e innecesario de bienes naturales, de los cuales resalta el uso de la energía fósil.

Los impuestos pigouvianos, con ser necesarios, no son la herramienta más adecuada para resolver el problema de la degradación ambiental, ya que este desgaste no debe recomponerse con subsidios provenientes de los impuestos (es decir cánones o tributos estatales aplicados a las utilidades de las empresas y al consumo o ingreso con el fin de mantener el aparato del estado y los apoyos sociales), sino a través del pago directo por el uso de los servicios ambientales en la forma de "derechos ambientales", en proporción al gasto ambiental incorporado en la composición de cada unidad de producto; por cada

área de la economía, para devolver posteriormente, a través de inversiones dirigidas, la mayor parte posible de componentes que faciliten la autorregulación a la naturaleza, para reducir el impacto realizado por los procesos productivos sobre el equilibrio ecológico.

Esta postura no propone invalidar los métodos neoclásicos para medir alternativas de valoración de la degradación ambiental, por el contrario, las herramientas de medición de la economía ambiental siguen siendo válidas en tanto se fundamenten en una concepción que entienda a la degradación ambiental como un proceso propio del desarrollo del nivel de vida de los humanos y que las fallas del mercado en todo caso, de existir, están incrementando los procesos de degradación ya existentes pero no son los generadores iniciales.

La valoración de los Costos Ambientales debe ser revisado en el Marco de las Teorías del Valor, ya que existe un gran número de metodologías para calcularlos, pero no todas son útiles para los efectos de definir estrategias de restauración o para formular políticas públicas para la conservación del ambiente.

El fundamento teórico con el que se estudien los costos, dará congruencia tanto a las cifras obtenidas como a los requerimientos reales de la restauración del ambiente.

Las teorías más elaboradas sobre el valor tienen en común el considerar al trabajo humano como principal fuente generadora del valor de los productos.

El definir a la mano de obra como contratada libremente; sin considerar que el mercado de trabajo es de por sí un factor de desvalorización de la misma, y lo que paga es la fuerza de trabajo y no el valor trabajo en sí; permite a los teóricos neoclásicos asegurar que la mano de obra es sólo un factor más de la producción que recibe en forma de salario exactamente la misma cantidad de dinero que la que incorpora de valor a los productos finales.

El resto del valor, siguiendo con la explicación neoclásica, lo incorpora la tecnología, las máquinas, el dinero y la tierra. Así el mercado define el valor natural de las mercancías al asignarle un precio que determina el valor que la sociedad le asigna a través del mercado. Un precio alto está determinando escasez, se consumirá poco debido a su alto precio y está estableciendo una utilidad marginal muy elevada. Por el contrario un precio bajo estará indicando exceso del producto y una baja utilidad marginal. El precio pues, y por lo tanto el valor está fijado, en la teoría neoclásica, por el comportamiento del mercado.

De manera que la producción se decide a partir de escoger los montos de insumo con base en los precios de los factores de la producción y en función de su productividad marginal.

Las fallas del mercado son el principal componente para explicar la degradación ambiental en la corriente neoclásica. Según esta teoría, bajo ciertas circunstancias, los actos que la gente realiza en su propio interés tienden a promover el interés de toda la sociedad. Los beneficios netos son iguales a los beneficios sociales de una actividad menos los costos sociales de producción de esa actividad. La maximización de los beneficios netos producen una economía eficiente de la actividad en cuestión.

Si el costo marginal privado es igual al costo marginal social, y el beneficio marginal privado es igual al beneficio marginal social, entonces el mecanismo del mercado igualará los beneficios sociales y los costos sociales marginales. Con ellos, según la teoría neoclásica, se maximizará el bienestar social, y el mercado estará realizando una eficiente labor de distribución de recursos.

Este postulado pudo ser razonablemente asumido en el siglo XVIII, por Adam Smith. Sin embargo actualmente sucede que la escala de la producción ha crecido tanto, que las actividades económicas están provocando un excesivo cúmulo de desechos, que la naturaleza no tiene capacidad de destruir o reciclar, además de que al tomar bienes de la naturaleza termina por reducir el ambiente que produce servicios ecológicos.

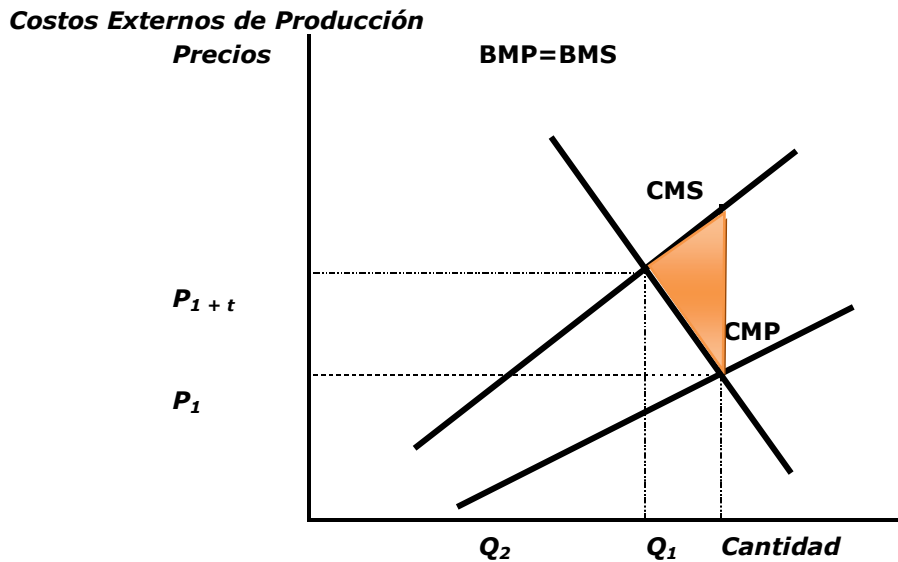
El efecto es que la degradación ambiental producida por la actividad económica provoca costos sociales que deben sumarse a los costos privados, las externalidades.

Esta externalidad es una de las llamadas fallas del mercado, ya que se produce un efecto no previsto sobre el bienestar de la población. Se utiliza el término para describir una circunstancia en la cual existe una disparidad entre los costos privados y sociales y entre beneficios privados y los beneficios sociales que causan que el mercado deje de ser eficiente para asignar recursos

Las fallas del mercado pueden deberse a varios factores:

1. la existencia de concentración del mercado, es decir de monopolio u oligopolio,
2. Ausencia de información perfecta acerca de cualquier faceta del mercado,
3. La existencia de bienes públicos
4. Presencia de externalidades.

Las tres últimas son las que más afectan los problemas referidos al ambiente.



"Una externalidad ocurre cuando un agente económico selecciona el nivel de una variable económica que influye la capacidad de la población de producir productos o utilidades" (Baumol y Oates; 1988). Los costos provocados por externalidades entonces provocarán un cambio en la curva de oferta, cuya desviación estará en proporción a la diferencia entre el costo marginal social y el costo marginal privado.

En la gráfica, el beneficio marginal privado (BMP) se considera igual al beneficio marginal social (BMS), pero las curvas de costos están diferenciadas por costo marginal social (CMS) y privado (CMP).

Pigou propuso, para resolver esta diferencia, el cobro de un impuesto, similar a la disparidad entre el costo social marginal y los costos privados. Si esta tasa es pagada por el generador de la externalidad, esto servirá para igualar el costo social marginal con el costo marginal privado. Esto se da en llamar la internalización de las externalidades.

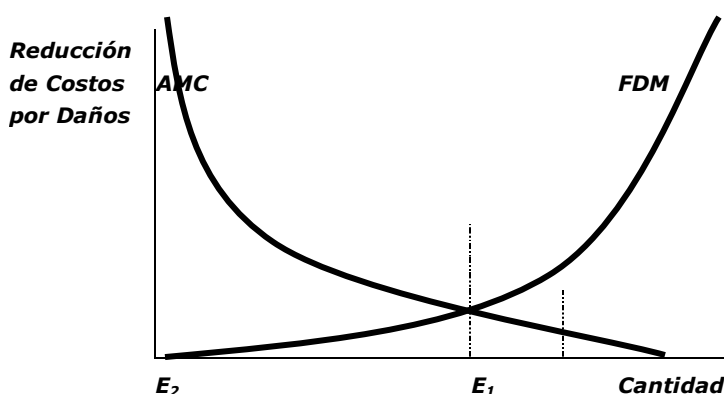
Las tasas impositivas a las externalidades provocarán una curva de relación entre los costos de la producción y los costos de la contaminación que se nombran como Marginales (FDM).

El punto en que las curvas de cortan, es aproximadamente el que tenderá a llevar el mercado a regular la emisión de contaminantes, con base en los costos sociales marginales.

De ser posible resolver las externalidades con los impuestos a las actividades contaminantes, se llegaría en algún momento a reducir, estabilizar o hacer retroceder la contaminación.

La pregunta es si existe en la actualidad alguna actividad humana que no sea contaminante. La explicación neoclásica, propone soluciones que no pueden ser desechadas, porque de alguna manera están intentando reasignar parte de los recursos de la producción capitalista a la restauración del ambiente.

**Ilustración 1 Curvas de abatimiento de daños vs. función de daños**



Sin embargo se fundamenta en el hecho que, de no haber distorsiones o fallas en el mercado, la economía sola lleva a asignar los recursos de tal forma que estos tienden a contaminar un mínimo. Según la teoría explicada en este capítulo, solamente hay externalidades cuando

falla el mercado. En cambio sería necesario revisar si la contaminación, degradación de recursos y desechos contaminantes no reciclables, no es un resultado natural de la presencia del ser humano desde los comienzos de la civilización, porque de ser así las "externalidades" no son un producto de fallas del mercado, sino una constante de la existencia del ser humano.

En este caso cambia radicalmente la conceptualización que se debe hacer de las fallas del mercado y la propuesta del cobro de impuestos ambientales, ya que no basta con aumentar los costos marginales privados hasta que se compensen con los marginales sociales, para que se regule la degradación, sino que el costo ambiental debe pasar a ser un costo directo de restauración. Además, el problema todavía no resuelto es el siguiente: ¿quién se responsabiliza por el uso de los recursos cobrados para compensar la externalidad y como debe realizarse la restauración?

Es cierto que la valorización de los suelos, a través de asegurar alguna forma de propiedad, permitirá un acceso más racional a los mismos, y puede servir a los efectos de controlar el uso indiscriminado de estos.

Estos factores son similares también para todos los recursos naturales, pero a diferencia del suelo, gran parte de estos recursos no son monopolizables en sentido estricto. También es necesario revisar si es la propiedad la solución. Un estudio de lo sucedido durante los últimos dos o tres mil años, pueden mostrar cómo la apropiación privada de la tierra es una de las principales causas de deforestación.

En los últimos cincuenta años en los países subdesarrollados la deforestación fue una política pública propuesta por los organismos internacionales, para promover el desarrollo, y arrasar con los bosques y selvas tenía como motivación la seguridad en la propiedad de los campesinos, tanto privada como social.

De manera que es la apropiación del suelo en sus diferentes formas la que produce la mayor parte de la degradación de esos recursos. Es probable que sea necesario más bien regular las formas de propiedad para que no se deforeste. En México, por ejemplo ha sido la deforestación la principal causa de la apropiación de terrenos nacionales por parte de los campesinos. A los suelos se les degrada para cambiar su uso actual, lo cual siempre es un eufemismo para decir que se quita la capa de vegetación silvestre (selvas, bosques, matorrales) para realizar agricultura o ganadería.

Es este sentido, más bien debe analizarse si alguna forma de propiedad es menos degradatoria que otras. En México, país donde existe una gran variedad de ellas, tanto social, como estatal, como privada, se podría realizar un análisis de este tipo, observando qué forma de propiedad tiene mayor impacto en la degradación de los recursos naturales y cuál menor.

Una vez aceptado que es necesario que exista algún tipo de propiedad de los bienes naturales, se podría exigir entonces una renta por su utilización, con lo cual se lograría un efecto importante en la racionalización del uso de los recursos.

La propiedad social también podría reclamar alguna forma de pago, por el uso de los recursos mencionados, e incluso el estado también tiene herramientas para cobrar por el uso de servicios ambientales en terrenos que sean bienes nacionales.

La plusvalía transferida hacia los propietarios de los recursos naturales, no debe considerarse como valor excedente en el sentido tradicional, puesto que es en realidad la parte no pagada por el uso y destrucción de los recursos naturales. Este plusvalor trasferido deberá transformarse en restauración del desgaste ambiental, por lo que pasará a formar parte de los costos de producción. Y es justo que provenga del excedente económico de las ciudades, debido a que son sus habitantes los principales causantes de la presión sobre el suelo y los recursos, al requerir cada vez mayor número de bienes agropecuarios y forestales, como consecuencia del crecimiento de la población y de los ingresos.

El papel del estado deberá ser entonces, el de asegurar que, para que los propietarios a cualquier título cobren dicha renta ambiental, deben cumplir con el requisito de reinvertir un porcentaje importante de esos

recursos captados en la restauración de los recursos naturales. Ello porque la propiedad privada permite también el uso y abuso sobre los recursos naturales.

Esa especie de *renta ambiental* sería destinada a la reforestación para captar agua de lluvia, a la conservación de la vida silvestre, al manejo de conservación de los suelos agrícolas, a la limpieza de los campos, carreteras, etc.

Estos cobros podrán hacerse centralmente a través de una instancia administrativa especializada que asigne los recursos financieros captados a los propietarios de los bienes, o por los propios propietarios bajo ciertas condiciones de utilización regulados por leyes específicas, que deben ser adicionadas a las ya existentes.





## **ANEXO 6**

### **TEMAS ECOLÓGICOS**

La fertilización y los pesticidas producen también contaminación de los mantos acuíferos, y efectos aguas abajo sobre los cuerpos de agua. En estos casos puede provocar mortandad de la fauna y flora acuícola por los plaguicidas, o eutroficación de los lagos o presas por exceso de fertilizantes y materia orgánica en el agua. Eutroficación es el proceso por el cual se desarrolla más biomasa que la que puede soportar el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, por lo que se tiende a la destrucción de la vida aeróbica, para desarrollarse la vida anaerobia (sin oxígeno), y a partir de la cual se comienzan a producir los procesos de putrefacción de la materia orgánica.

La fertilización produce de dos a diez veces más emisiones de óxidos nitrosos y de azufre que lo normal del suelo, así como amoníaco. Este gas se produce también por la digestión de los rumiantes y todos contribuyen con las lluvias ácidas, en los países industrializados, que usan un exceso de estos insumos y tienen grandes concentraciones de rumiantes.

Por otro lado, los cultivos húmedos de arroz y la ganadería, son los principales emisores de metano, un gas con efecto invernadero muchas veces superior al anhídrido carbónico.

En suma, se puede deducir entonces que la sostenibilidad de la vida de la población actual que descansa en la aplicación de estos tres insumos no tiene forma de dejarse de usar. Si se eliminaran los fertilizantes, el agua de riego y los pesticidas, dejaría de haber alimentos suficientes para miles de millones de habitantes del mundo.

Como lo anterior no tiene solución, es impensable la posibilidad de eliminar el uso de fertilizantes, agua de riego y agroquímicos.

El problema de la producción agropecuaria tendrá que tomar carriles alternativos, y complementarios de estos tres insumos. El primero y más importante es la conservación productiva del suelo. Este concepto tiene dos vertientes, las medidas de manejo del suelo para impedir su erosión y arrastre, y para incrementar su fertilidad natural a través del aumento en el porcentaje de materia orgánica de la capa superficial.

Esto conlleva el uso de prácticas de labranza de conservación, introducción de técnicas de agricultura orgánica, uso de leguminosas en los ciclos agrícolas, control integral y biológico de plagas, etc. todo lo cual permitirá reducir en forma gradual la cantidad de fertilizante y plaguicidas utilizado por Ha

De haberse controlado la erosión del suelo en los últimos 50 años, la contaminación por fertilizantes y pesticidas se habría reducido en

forma tan importante que no sería necesario hoy tomar medidas tan dramáticas.

Este manejo requiere de un tipo de políticas públicas que desestimulen el uso de fertilizantes y agroquímicos. El gran problema es que todavía los países desarrollados apoyan en exceso la utilización de estos recursos a través de subsidios.

Así la primera medida que debe ser acordada por los gobiernos, para la elaboración de políticas públicas, debe ser la inmediata eliminación de los subsidios directos a estos tres insumos. Esta decisión es probablemente la más polémica que se deberá tomar, y requiere que sea una decisión internacional, porque de no ser así se reduce la competitividad de quien la tome aisladamente. Sin embargo serán las únicas políticas que aseguren en el largo plazo la sostenibilidad del ambiente de cada país.

La segunda es la eliminación de subsidios también a los precios agrícolas, que junto a lo anterior, estimulan el uso indiscriminado y contaminador de los insumos, así como la utilización de áreas inadecuadas para la agricultura.

Los subsidios se deben seguir aplicando, pero esta vez redireccionados hacia los productores que inviertan en obras de conservación de suelos, reforestación, manejo de agua de lluvia, agricultura alternativa, manejo biológico de plagas, etc.

Los suelos cercanos a las ciudades tienen además el problema de la contaminación urbana, que es causada por los desechos sólidos y líquidos municipales e industriales y además afecta al agua superficial y subterránea. Todos los agricultores cercanos a las ciudades tendrán por consecuencia una producción agropecuaria contaminada con estos desechos, que terminarán siendo consumidos por los habitantes de la ciudad.

Cada uno de estos problemas del suelo tiene orígenes diferentes y por lo tanto soluciones diferentes. Los suelos agropecuarios deben tratarse con políticas específicas que apoyen a los agricultores a mantener sin degradación a los suelos de sus predios, así como apuntalarlos en manejos sostenibles de la producción a través de tecnologías alternativas.

En cambio las referidas a los suelos cercanos a las ciudades deben ser tratados con otro tipo de manejo, tales como saneamiento químico, físico y biológico, pagado por los responsables de dicha contaminación, como las industrias y los hogares. El pago adecuado de derechos en proporción al costo de restauración de los suelos contaminados, deberá repartirse entre los diferentes actores de la degradación. Además este

cobro tenderá a desincentivar el uso de materiales contaminantes, tanto en el hogar como en la industria.

De manera que las políticas para los suelos no pueden ser de un solo tipo, ya que resolver la erosión en laderas con campesinos de subsistencia, requiere diferentes apoyos que los que deben recibir los agricultores comerciales que usan la mayor parte de los insumos señalados de agua, fertilizantes y plaguicidas, o los trabajos de restauración de suelos aledaños a las ciudades.

Así también las políticas para los suelos contaminados por aguas y desechos municipales, tendrán que resolverse con el pago de derechos y multas por parte de los usuarios, en proporción al costo de restauración de los suelos degradados. Además deberán estudiarse soluciones para filtrar los líquidos y utilizar materiales reciclables en el caso de la basura de las ciudades.

Una experiencia que ha servido en las acciones para contener la degradación ambiental en México fue el uso de empleo temporal con recursos gubernamentales, con los que se han hecho importantes obras en lo referente a prevención de incendios, manejo de conservación de suelos, protección de la vida silvestre y las áreas naturales protegidas, etc. Este empleo temporal, de ser utilizado para el mejoramiento de las condiciones ambientales, podrá generar fuentes de trabajo para millones de habitantes, y es una de las soluciones para la restauración de una gran variedad de ambientes. La conducción de los trabajos de restauración deberá ser responsabilidad del estado a través de los Fondos en fideicomisos y con la supervisión de una instancia gubernamental que podría ser una Subsecretaría de Ingresos Ambientales. Deberán estar siempre coordinados por las áreas específicas de gestión ambiental para la vida silvestre, los suelos, los bosques, la contaminación del aire, etc. Sin embargo la dirección técnica puede ser asignada a algunas empresas ambientales, a organizaciones no gubernamentales o a gobiernos estatales y municipios.

Otra medida a tomar debe ser incentivar programas de conservación productiva del suelo, apoyando a los productores para que dejen de cultivar tierras erosionables por períodos suficientemente largos, con el fin que se recuperen, realizando trabajos de conservación de suelos, tales como curvas de nivel, reforestación en franjas, cultivo de leguminosas, etc.

Existe actualmente en México el PROCAMPO, otra de las políticas sociales que además de ser injusta socialmente porque otorga subsidios a quienes poseen el recurso tierra solamente, es altamente degradatoria del ambiente porque los obliga a cultivar todos los años la

misma parcela que fue registrada originalmente en 1994 en las bases de datos de ASERCA. Este recurso sería mucho más eficaz si se le redirecciona tanto para la conservación productiva como a un futuro Empleo Temporal Ambiental.

Se debe utilizar este mecanismo y otros similares con el fin de apoyar a los productores que no contaminen, que demuestren haber reducido el uso de agroquímicos, agua y la erosión de sus suelos. Este tipo de subsidios es directamente beneficioso para el ambiente y sobre todo fácil de aplicar. Sin embargo todavía no está siendo tomado en cuenta en las políticas para el ambiente rural. Ya hay países que están aplicando estas medidas, pero todos ellos son países desarrollados.

Otro subsidio que todavía no se sistematiza es el que apoya la reconversión de los predios agrícolas a forestales o a la agricultura alternativa y orgánica. En este último caso el subsidio trata de apoyar a los productores a pasar el período de dos a cinco años en que la producción baja, en tanto no se usan fertilizantes o pesticidas y se adecua la producción a la nueva situación, hasta que se certifica la producción orgánica.

Debemos preguntarnos entonces: ¿esta serie de disfunciones ambientales referente a los suelos, la podemos enmarcar en todos los casos como fallas del mercado?

Las principales acciones que los gobiernos del mundo están acordando junto a las organizaciones ecologistas y no gubernamentales de otros tipos, se refieren a la reforma de las actuales políticas nacionales sobre los bosques y selvas, la creación de acuerdos internacionales de apoyo a estas regiones megadiversas, el reconocimiento del derecho a los pueblos indígenas y la coordinación con las áreas sobrepuestas de las convenciones de cambio climático y biodiversidad.

Respecto de las reformas a las políticas nacionales, estas se refieren a que actualmente no se le da al bosque el valor que debería tener. Por ejemplo las políticas de Reforma Agraria mal manejadas llevaron a muchos países a considerar los bosques como áreas improductivas, que debían ser deforestadas para convertirlas en campos agrícolas o pecuarios. Las naciones pobres acudían a la tala a matarrasa de todos sus bosques para lograr ingresos de divisas, que le permitieran elevar el nivel de vida de su población. Los bajos precios internacionales de esta madera para los países ricos y los altos ingresos relativos que obtienen estos países productores, es un incentivo constante para la deforestación masiva. En las islas del Pacífico se dio este proceso en forma acelerada y todavía hoy se siguen colonizando tierras de esa manera. En estos casos es urgente la celebración de convenios internacionales para impedir el uso de maderas tropicales.

Probablemente el cobro de derechos ambientales internacionales a la importación podría ser una forma controlar este consumo excesivo.

El valor de los bienes no maderables que producen las áreas silvestres puede sustituir con éxito en muchos casos la alternativa de la deforestación. Los bosques pueden ser productores de frutas, hongos, nueces, resinas, alimentos de subsistencia y leña, y esta explotación puede tener el mismo valor por hectárea que la ganadería tropical que sustituyó bosques en los países tropicales. El valor agregado de la ganadería en la Amazonia, el sureste de México y en muchos países tropicales de sureste asiático, ha sido casi siempre menor que los subsidios estatales recibidos para la realización de esta producción. La ganadería obtuvo ganancias causadas por los subsidios y no por la eficiencia de la producción. La conversión de la energía solar en carne de res o leche en las zonas tropicales, es la más baja de todas las tecnología conocidas.

Estos subsidios se dieron a costa de créditos internacionales que significan todavía una parte muy importante de la actual deuda externa de estos países. Hoy ya no se cuenta con la mayor parte de los bosques y los países deben por ese concepto miles de millones de dólares al Banco Mundial por políticas mal planeadas hace tres décadas.

Respecto a la tenencia de la tierra, es otro de los elementos que genera el mal uso de los recursos naturales. La propiedad estatal o comunitaria de los bosques no les da pleno derecho de uso y disposición a sus habitantes, lo que a su vez los hace destinatarios de un uso irregular y depredatorio. La revisión de las políticas agrarias, para lograr la seguridad de la tierra y la regulación de su uso, siguen siendo los instrumentos fundamentales para disminuir el uso irracional de los bosques.

Las acciones internacionales que más efecto pueden tener son el del pago por la captura de carbono, de la que todavía no hay acuerdo de cuanto debe ser el monto, y los canjes de deuda externa por conservación de la naturaleza. Europa está tratando de utilizar este mecanismo para conservar las áreas que han quedado despobladas en las fronteras internacionales durante el último medio siglo. Este mecanismo requiere que los países deudores estén dispuestos a realizar las acciones que les soliciten los países acreedores.

La asistencia para el desarrollo deberá tener también un papel importante en el control de la degradación ambiental, sobre todo que se debe poner énfasis en el logro de tasas de crecimiento económico que impacten las tasas de natalidad a la baja.

Es fundamental que se terminen los apoyos a carreteras a través de las selvas y bosques, de grandes obras de infraestructura en regiones megadiversas, y por supuesto prohibir internacionalmente el financiamiento a las deforestaciones masivas.

**Tabla 1**

**CAMBIO DE USO DEL SUELO EN MÉXICO 1985 - 1998**

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Prom. anual
<b>hax1000</b>	423	464	496	510	529	389	393	290	338	2946	369	314	339	498	403
<b>Tala - m<sup>3</sup> x millón</b>	7.2	6.1	7.0	6.6	6.1	5.1	5.0	4.5	3.6	3.3	2.2	4.1	4.4	3.3	4.9
<b>Pérdida m<sup>3</sup> x millón</b>	35.6	41.9	46.6	45.7	44.4	34.0	33.3	25.7	22.8	19.9	25.3	15.6	18.7	18.6	30.6
<b>PÉRDIDA TOTAL</b>	42.8	48.0	53.6	52.3	50.5	39.1	38.3	30.2	26.4	23.2	27.5	19.7	23.1	21.9	35.5
<b>Relación</b>															
<b>Tala/pérd.total en %</b>	20.1	14.5	15.1	14.4	13.7	15.2	15.0	17.5	15.8	16.6	8.7	26.3	23.5	17.7	16.7
<b>Ton. de madera/ ha</b>	101.1	103.3	108.0	102.6	95.6	100.5	97.4	103.9	78.2	79.0	74.5	62.7	68.2	43.9	87.9

INEGI – Cuentas Económicas y Ecológicas de México. 1998.

En México, el cambio de uso del suelo registrado por INEGI, es del orden de cuatrocientas mil hectáreas, con un promedio de pérdidas de 100 toneladas de madera por ha y debe ser reducido en forma drástica con medidas de política que aumenten el valor del bosque pagando sus servicios ambientales.

¿Serán solamente las fallas del mercado las que expliquen estas deforestaciones masivas? Es probable que este proceso esté compuesto por algunas fallas del mercado, pero la gran disminución del área forestal del último medio siglo se debió fundamentalmente a fallas en políticas públicas nacionales e internacionales y por el crecimiento poblacional que presiona sobre los recursos naturales.

Por otro lado, el excesivo y mal uso de la energía es el principal causante del cambio climático global. En este siglo estaremos enviando a la atmósfera un volumen de energía similar al que la tierra necesitó generar en varios millones de años. Es, a no dudarlo, el principal problema a resolver en el entorno del desarrollo sostenible. En la gráfica se observa el incremento de la temperatura respecto de la media mundial entre 1890 y 1990.

La investigación deberá estar destinada a resolver dos elementos, por un lado la maximización de la eficiencia del uso de los energéticos y su substitución por energía limpia y por otro el cálculo de la energía solar respecto de la energía utilizada por el hombre.

La fuente de energía más constante, es sin duda la luz solar. Sin embargo, esta energía que puede utilizarse directamente a través de

fotoceldas, puede también aprovecharse más fácilmente a través del viento o las mareas. La investigación para explotar de la forma más eficiente esta energía, requiere de recursos financieros que deben ser atendidos por parte de los derechos que se cobren a los combustibles. Es por ello parte de la política pública que se debe definir para el tema energético.

Otros estudios deberán analizar de qué manera se puede controlar o disminuir el porcentaje de gases de efecto invernadero de la atmósfera. Una vez descubiertos estos procedimientos, la humanidad deberá comenzar a pagar el costo de la reparación.

La atmósfera tiene actualmente un 27% más de anhídrido carbónico que hace dos siglos, causado por una carga anual de 23.9 miles de millones de toneladas del gas emitido al aire por la actividad económica fundamentalmente industrial, de los vehículos y del consumo doméstico.

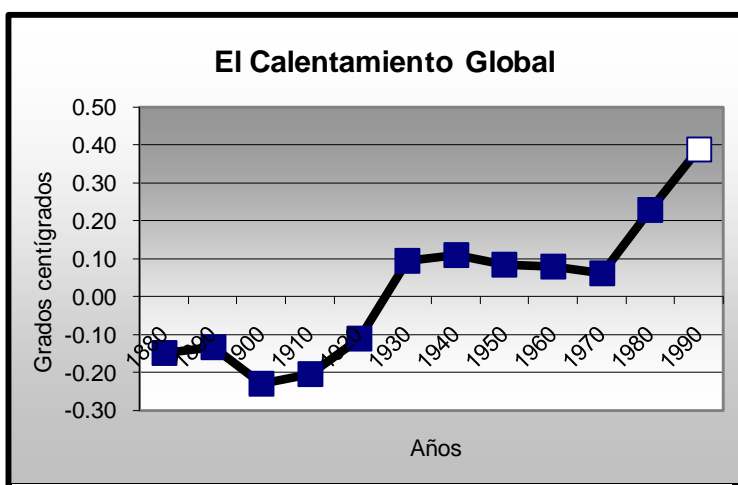


Ilustración 2 Variación de la temperatura media mundial

Tabla 2

**CONCENTRACIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO**

<b>Gases efecto Invernadero</b>	Era preindustrial	Año 2000	Años de persistencia en atmósfera
<b>Anhídrido Carbónico</b>	280 ppm	355 ppm	50 a 200
<b>Metano</b>	0.70 ppm	1.71 ppm	12 – 17
<b>Oxido Nitroso</b>	0.28 ppm	0.31 ppm	120

Fuente: Informe especial del PICC. 1ª. Reunión de Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre Cambio Climático, 1994.

Es evidente que la humanidad no va a poder pagar el costo de recuperación de los mantos petrolíferos. Lo que actualmente se paga por el petróleo es el precio de extracción y distribución y su renta diferencial. Es imposible expresar en dinero el trabajo de millones de años de la naturaleza. Pero por lo menos debe ser pagado el control y costo de la restauración de la contaminación provocada por las emisiones de gases.

En México se consumían en 1995, 122.5 millones de litros diarios de combustible en vehículos de motor, un 8.1 % más que cinco años antes. En ese periodo bajó el consumo *per cápita* de 511.0 a 474.5 litros por año. Esta disminución ha sido seguramente resultado del incremento del precio en términos reales de la gasolina dentro del país y de la reducción del tamaño de los motores y el peso, por unidad del parque vehicular. Sin embargo, debido al crecimiento de la población y del número de vehículos, ha incrementado su consumo total.

¿Todos estos componentes de contaminación del aire podrán ser catalogados solamente como fallas del mercado? ¿En que puede mejorar el mercado si hoy la humanidad consume nueve veces más energía para producir el mismo kilogramo de alimento que hace menos de 50 años y utiliza 200 veces más energía para tener el actual nivel de vida, respecto del que tenían las sociedades primitivas? ¿Cómo puede el mercado impedir que se agote el petróleo, el gas y el carbón si son los principales componentes del desarrollo humano del siglo XX y su uso se incrementa más que el crecimiento de la población? ¿No será a la inversa, que es el mercado el que acelera el agotamiento de los recursos no renovables cuando no tiene ninguna falla en su funcionamiento?

El uso de energía hidroeléctrica deberá ser una de las formas de uso sustentable de la energía para la humanidad en el futuro aún cuando también produce efectos ambientales en las áreas donde se establece el espejo de agua. Aún así, la energía proviene del agua de lluvia, cuyo origen es la energía solar y es por lo tanto una fuente sostenible. La investigación sobre su uso eficiente debe ser pagada con fondos de los derechos ambientales que deben cobrarse con el precio de los combustibles. Es la inversión más importante de la humanidad en la perspectiva del desarrollo sustentable, aún cuando se sabe que toda la capacidad de producción de energía hidroeléctrica que puede ser instalada, ya es insuficiente para la actual población del mundo (Georgescu-Roegen).

En el Informe de Labores de la Secretaría de Energía para el año 2000, del total de la energía eléctrica consumida en el país, el 76% proviene de la generación por medio de usinas de combustibles fósiles, mientras



que poco más del 20% es proveniente de presas hidroeléctricas. El resto son fuentes geotérmicas y eólicas.

El desafío del país es utilizar una proporción inversa de recursos eléctricos, debería lograrse que el 80% de la electricidad utilizada se produjera con fuentes hidroeléctricas, geotérmicas, eólicas e incluso a partir de la energía de las mareas. Ello incluye la reducción del desperdicio de energía que se tiene por el subsidio dado a este recurso.

Se deben invertir recursos en la investigación de nuevas fuentes de energía como las del hidrógeno y otros gases cuya utilización pueda realizarse con un agregado de energía menor que la que aporte su combustión.

A su vez es necesario reestructurar el transporte para que el uso del automóvil se reduzca al máximo, ya que la mayor parte de la contaminación del aire proviene del parque automotor.

Otro de los elementos que casi nunca se toma en cuenta a los efectos del cambio climático es el de la desertificación. La eliminación de la capa arable de los suelos en grandes extensiones de tierra, provoca no sólo reducción de biodiversidad, pérdida de biomasa, y extinción de especies, sino también contaminación de la atmósfera, vía el anhídrido carbónico provocado por la destrucción de la materia orgánica de los suelos. Pero también por el incremento del albedo que tiene una superficie sin vegetación, que favorece el reflejo de la mayor parte de los rayos solares en forma de calor.

Esta contaminación ambiental también es resultado de la energía contenida en la biomasa, que es liberada cuando se incinera o se degrada al aire y se transforma la mayor parte de ella en anhídrido carbónico; una parte importante de la energía estaba contenida en la materia orgánica del propio suelo, es decir en el humus.

Cada unidad porcentual de humus representa en un suelo de 25 cm. de profundidad algo así como 50 toneladas de materia orgánica por Ha que cuando el suelo se erosiona, deja de existir como consecuencia de la oxidación provocada por el sol y el aire sobre el suelo degradado.

La degradación de los hábitats marinos y costeros se aceleró en el último medio siglo pasado. Producto de la pesca excesiva y de la contaminación creciente, los ecosistemas costeros y marinos ven mermados sus volúmenes de especies, tanto por pesca que no toma en cuenta la reposición de las especies, como contaminación sedimentaria y química que distorsiona la capacidad de reproducción de los humedales costeros que son las áreas más sensibles en el ciclo de reproducción de la vida marina.

Las carreteras costeras que cortaron los pasos de agua entre el mar y los manglares destruyeron los refugios de reproducción de los camarones, crustáceos y otras muchas especies marinas, que son origen de la alimentación y biodiversidad mar adentro.

La capacidad infinita que los investigadores de hace treinta o más años le asignaban a los mares, tanto para producir alimentos como para recibir los desechos humanos, no era tal y los efectos son visibles sin necesidad de recurrir a instrumentos de medición. Las zonas turísticas son los primeros ecosistemas que sufren la contaminación humana. Acapulco tiene en el fondo de su bahía decenas de millones de latas de cerveza, que seguramente no ayudan al ecosistema marino.

Pero el mar es recipiente de otros cientos de millones de toneladas de fertilizantes que debido a su excesivo uso, y de sedimentos de suelos causados por su mal manejo, son arrastrados por las lluvias hasta las costas y generan una producción excesiva de plantas indeseables que compiten con la flora y la fauna de los ecosistemas marinos.

Por otro lado, las presas son grandes enemigos de los peces anádromos, aquellos que migran desde los mares hasta remansos de ríos para desovar. Pero fundamentalmente impiden la llegada de agua dulce en épocas de seca, a los esteros o humedales costeros, que necesitan de esa agua para sus ciclos biológicos naturales.

El regular el uso de los humedales costeros y el realizar las infraestructuras hidráulicas con un concepto integral de manejo de los recursos hídricos continentales y marinos, son el principio para resolver este problema.

Las principales causas de contaminación de las costas son la tala inmoderada, la agricultura de todo tipo, que arrastra tanto suelos de áreas de subsistencia, como fertilizantes en exceso utilizados por la agricultura comercial, disueltos en las aguas de escorrentía, así como el turismo.

Como se observa, el manejo racional de los suelos agropecuarios y forestales se transforma en una piedra angular del manejo de toda la vida de la tierra. Es importante ese manejo tanto para el agua dulce superficial y subterránea para la agricultura, ganadería y bosques como para el manejo racional de los humedales costeros y la vida marina.

Por ello urge se redefina la forma del desarrollo mundial, tomando en cuenta por fin a nuestro mundo como una unidad e incluyendo en estas políticas el crecimiento humano. No se puede, como seres humanos y cohabitantes del planeta, seguir depredando sus recursos sin devolverle los medios para que se autorregule. Es necesario fijar

de una vez las normas internacionales que impidan continuar enviando a la atmósfera los millones de toneladas de gases efecto invernadero, o los gases organoclorados que destruyen la capa de ozono, dejar de cultivar destruyendo los suelos o las áreas boscosas, impedir el uso del fuego indiscriminado en la agricultura y la ganadería, impedir la deforestación y la destrucción de la biodiversidad.

Los gobiernos del mundo hasta hace muy pocos años tenían programas de desmontes que destruyeron millones de hectáreas llamadas "*improductivas*" o "*tierras ociosas*", que casi siempre eran selvas y bosques con una alta biodiversidad, para transformarlos en pésimas tierras de pastoreo y todo ello además fue realizado con créditos internacionales del Banco Mundial, por lo cual una parte importante de nuestra deuda externa proviene de esos recursos con los que depredamos las selvas mexicanas. Se deben revisar las políticas públicas que sean promotoras de la degradación, como los subsidios mal asignados al agua, la agricultura, los créditos, etc.

Se debe incrementar las medidas sanitarias en las ciudades y hasta dentro de las propias casas de cada familia, cambiar el tipo de detergentes usados en la industria y el hogar, reestructurar el desagüe de las ciudades para que el agua de lluvia no se mezcle con las aguas negras y grises. Más adelante se deben tomar medidas para aprovechar la energía solar para el precalentamiento del agua y la producción de parte de la energía eléctrica, así como también las aguas de lluvia para el uso en la limpieza doméstica, etc. Cambiar la idea de que el viento es benéfico porque reduce la contaminación de las ciudades, porque esa contaminación pasa a afectar la atmósfera del resto del planeta.

Todo ello requerirá de un cambio en la cultura de las nuevas generaciones. Desde el convencimiento que es necesario pagar un precio monetario por la recomposición del ambiente hasta ayudarlas a que no consideren a los animales poco simpáticos como sus enemigos. Las plagas no son otra cosa que el resultado de los desastres ecológicos que cometemos los humanos, no maldiciones divinas y lo que debemos leer entre líneas de las siete plagas de la Biblia, es que la destrucción del ambiente no es un producto de la humanidad en el Siglo XX, sino que seguramente nuestros antepasados estaban deteriorando el planeta desde hace miles de años, a través de los campos de cultivo, de la suciedad en las ciudades, de la erosión de los suelos, la deforestación, etc.

Con el fin de mejorar el conocimiento científico, en aras de disminuir nuestro efecto en la depredación del ambiente del mundo, es necesario hacer varias cosas previamente:

1. Conocer con la mayor precisión posible cuáles son las actividades humanas más destructivas del ambiente, tanto en la ciudad como en el campo y en los diversos ecosistemas y analizar dentro de las emisiones de CO<sub>2</sub>, qué parte corresponde en cada país a comida, calefacción, transporte, industria y comercio y otros gastos suntuarios.
2. Investigar tecnologías alternativas que reduzcan la contaminación usando menor cantidad de energía fósil y mayor proporción de renovable no contaminante como la hidroeléctrica, eólica o de mareas, aunque su productividad no sea tan alta.
3. Evaluar y analizar el costo económico de la degradación o agotamiento de los recursos naturales, en función de su costo de reposición, para conocer el monto de recursos que debemos invertir para restaurar el ambiente.
4. Elaborar políticas públicas enmarcadas en la conservación del ambiente, donde se den estímulos a quienes no contaminen o degraden y que quienes lo hagan paguen el costo del deterioro ambiental y redirigiendo los subsidios y apoyos gubernamentales para que no sean destructores del ambiente.
5. Seguir avanzando en el mejoramiento de la educación sobre los temas ambientales integrando los nuevos conocimientos a los textos de primaria, secundaria y en los medios de comunicación masivos.
6. Calcular cual es el punto de equilibrio entre la producción de energía por fotosíntesis utilizable por el hombre y el consumo anual, el volumen de energía que se transforma en petróleo por año, para imaginar cuanto es el gasto que sería sostenible y para saber en qué momento estamos en la historia de los energéticos.
7. Crear métodos de manejo del agua de lluvia y la energía solar para uso doméstico en la limpieza, baños y precalentamiento del agua.
8. Ayudar a la educación a través de los medios de comunicación, que todavía no están a la altura de las necesidades de la información ambiental, y en ocasiones se transforman en agentes de degradación, debido a que el tema ambiental no es todavía un tema económicamente rentable.
9. Finalmente todas estas medidas van a poder ayudar a cambiar la visión antropocéntrica, que tenemos hoy en día de las políticas públicas para el ambiente, por otras de contenido biocéntrico, es decir tomando medidas por el bien de todo el planeta y no sólo del crecimiento humano.

Todas estas actividades deben realizarse con recursos todavía insuficientes y salen de nuestro objetivo de estudio. En el futuro la sociedad debe destinar un monto cada vez mayor a la investigación de procesos alternativos al uso de la energía fósil, la tierra agropecuaria, el agua dulce y el manejo de las áreas megadiversas.

Este trabajo trata de colaborar con este fin, describiendo las formas que debería darse la sociedad para conseguir los recursos que solucionen estas necesidades de investigación para la internalización de los costos ambientales. Aunque el deterioro del ambiente es un problema internacional, las propuestas presentadas en este documento pretenden resolver solamente los problemas de México.

Para ello es necesario ubicar cual es la situación actual del control de la degradación ambiental. Existe en este momento un gran número de investigaciones y propuestas que permitirían lograr impactos importantes sobre el estado de los recursos naturales en el Mundo entero y también en México. Sin embargo todavía no hay condiciones de ejercitarlas porque los fondos destinados a restaurar el ambiente ni siquiera alcanzan a una centésima parte del deterioro ambiental causado cada año. Existe aún una gran distancia entre el gasto del ambiente y la capacidad de restauración del mismo.

Las Cuentas Económicas y Ecológicas de México reportan un gasto en restauración del ambiente del 2.0 al 4.0% del total del valor de la degradación concentrado en el sector electricidad, gas y agua. Pero no se indica en estas cuentas cuales son las medidas que esas áreas económicas toman para la restauración ambiental, solo se reporta que se refieren a gastos de capital, que será necesario revisar si son realmente gastos en manejo sustentable o en aumento de la capacidad de extracción.

Lo que destaca de estos cuadros es que no existen gastos ambientales en los sectores de agricultura, la ganadería, la silvicultura, la construcción, comercio, restaurantes y hoteles, transporte, almacenamiento y comunicaciones y tampoco en los servicios gubernamentales<sup>1</sup>.



## **ANEXO 7**

### **TÉCNICAS DE RIEGO**

Las técnicas de riego tienden a resolver una de las causas de mayor ineficiencia, la distribución irregular del riego que saliniza las áreas sobre regadas, e incrementa las pérdidas por infiltración al subsuelo.

Otra deficiencia del riego por aspersión es el mojado de las hojas, que hace que el agua se evapore de ellas en climas muy cálidos y no sea aprovechada por la planta a través de las raíces para su producción.

El riego superficial se tecnifica entubando el agua, y son varios los sistemas que reducen la infiltración y la evaporación durante la conducción. A su vez las multicompuertas distribuyen el agua en mejor forma que el riego rodado tradicional.

El riego por aspersión es muy utilizado por ser de menor inversión por ha. y de más fácil manejo. Son métodos muy prácticos para el riego de granos y de praderas, pero tiene altos desperdicios por evaporación en zonas cálidas.

El riego por microaspersión en cambio, tiene la ventaja sobre el de aspersión simple, de que además de llevar el agua al lugar exacto que se intenta regar, reduce el peligro de propagación de enfermedades entre plantas, no deja depósitos salinos en el follaje, y permite reducir la evaporación, porque no hay agua estancada. Es además adecuado para distribuir fertilizantes en forma homogénea.

Los sistemas de pivote, que hacen girar una estructura de riego en grandes diámetros, son los de menor necesidad de mano de obra, y son ahorradores respecto del riego rodado. Pero también tienen cierto nivel de desperdicio por evaporación.

Finalmente los de goteo son los de mayor eficiencia de riego, alrededor del 95%, y permiten la aplicación de fertilizantes directamente en las raíces, se reduce la proliferación de las malezas y sobre todo se economiza energía porque se puede calibrar el gasto solamente para las necesidades exactas del cultivo.

Permite asegurar una mejor calidad de la cosecha y más altos rendimientos. Su desventaja es el costo de la infraestructura, por lo que es solamente adecuado para cultivos de alto ingreso por hectárea.

La producción ha sido apoyada por las políticas fiscales, sin embargo habría que preguntarse en qué momento deberían dejar de aplicarse estas políticas, una vez que comprobadamente, esos productores son altamente rentables, y no requieren de seguir siendo apoyados con subsidios.

Lo preocupante de esta situación es que la productividad lograda para el agua en los 43 municipios del ciclo PV, y los 10 de del ciclo OI, no se mantiene en el resto del país, pero sí se conserva el alto gasto de agua por hectárea.

Las principales áreas con riego en México están ubicadas en el norte del país, tal como Tamaulipas, Sonora, Chihuahua y Sinaloa, así como en el centro Guanajuato y Querétaro, estados donde se generan los mayores volúmenes de granos y hortalizas.

Es necesario insistir que esta producción se realiza con base en un alto subsidio, mismo que se concentra justamente en la producción de riego. Y esta situación ha sido justificada para apoyar la autosuficiencia alimentaria. Sin embargo el apoyo subsidiario mal dirigido genera gastos innecesarios de insumos en los cultivos más importantes, principalmente en el agua.