

La economía política de los mecanismos de asignación de agua subterránea en México

Edgar Rivero Cob y Helena García Romero *

Sumario

Uno de cada tres de los acuíferos más importantes de México se encuentra sobreexplotado. Esto significa que cada año se extrae más agua de la que la naturaleza recarga vía precipitación. El sector agrícola utiliza el 77% del agua concesionada y sólo el 46% de los usuarios tienen alguna tecnología de riego ahorradora de agua. Hay dos causas principales para el uso no sustentable del agua en las actividades agrícolas: el subsidio a las tarifas eléctricas para el bombeo de agua y los fallos institucionales en la inspección, monitoreo y sanción de las concesiones por el uso del agua. Estos dos fallos de políticas públicas afectan directamente los incentivos generados por los mecanismos vigentes de asignación de agua subterránea, a saber, los precios directos con medición volumétrica, los precios indirectos acoplados al consumo de energía y los mercados de transmisiones de derechos de agua. Los objetivos de este trabajo son analizar conceptualmente los incentivos que se generan a partir de la forma de asignación vigente del agua subterránea usando un mecanismo vía cantidades (concesiones) e identificar quiénes son los ganadores y los perdedores de una reforma institucional que transite hacia un mecanismo de asignación vía precios (tarifas), así como cuáles son las ganancias en sustentabilidad en los acuíferos por la disminución de la sobreextracción de agua para riego agrícola por esta reforma potencial.

Clasificación JEL: F59, Q25, Q59.

1. Introducción

1.1. El problema

En México existe una crisis de sobreexplotación de los acuíferos, ya que 101 de los 282 acuíferos más importantes del país se encuentran sobreexplotados, ello se debe a que anualmente se extrae más de lo que la naturaleza recarga por medio de la precipitación. Este número se ha incrementado de 32 en 1975 a 101 en 2007 (CONAGUA, [2009]). Por su estrecha vinculación con el agua superficial, esta situación genera problemas de cambios en el volumen de los caudales y en la dinámica de abastecimiento a lo largo del año, deterioro de los sistemas semi-acuáticos (*i.e.* humedales), intrusión salina, subsidencia de tierras y deterioro de la calidad de agua, entre otros (Muñoz-Piña, et. al. [2007]). La extracción excesiva de agua subterránea en el presente genera también problemas de abasto

* Dirección General en Investigación en Política y Economía Ambiental

y externalidades negativas para las generaciones futuras de agricultores, industriales y del sector doméstico, quienes tendrán que bombear agua de mayores profundidades y de menor calidad o buscar fuentes alternativas con un mayor costo de suministro.

El sector agrícola es el principal consumidor de agua subterránea. El 77% del agua concesionada del país es utilizada por este sector, un uso mayor al promedio mundial que es de 72% y al de otros países con disponibilidad hídrica mayor (agua renovable per cápita) y con un tamaño de economía similar, (ej. Brasil, 67.7% de uso de agua en el sector agrícola) pero con una mayor aportación de esta actividad a su PIB nacional (ej. 7% en Brasil vs 4% en México) (CONAGUA [2010] y Banco Mundial [2010]). Sin embargo, de acuerdo a la CONAGUA [2010], más de las dos terceras partes del agua que se extrae de los acuíferos del país se utiliza con eficiencias promedio de riego del 46%, es decir, alrededor de la mitad del agua que se extrae de los pozos para riego agrícola se infiltra o se evapora. Adicionalmente, el 48% de los agricultores son ilegales y de los legales solamente el 39% tienen un medidor para controlar y monitorear el consumo de agua. Por su parte, Muñoz-Piña *et ál.* [2007] encuentran que, para una muestra representativa de beneficiarios del Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica de la CONAGUA, en un 80% de los casos en los que existe un dispositivo de medición el volumen total extraído excede al volumen concesionado. Por estas razones, el manejo del agua en este sector es fundamental para alcanzar la sustentabilidad del recurso.

1.2. La causa

La literatura disponible para México¹ documenta que la sobreexplotación de los acuíferos de México por uso agrícola es causada por dos fallas de políticas públicas: por un lado, el gobierno federal subsidia la extracción de agua vía la reducción de tarifas eléctricas de bombeo, provocando un aumento de la cantidad de agua que se saca cada año; por otro lado, no existe un cumplimiento óptimo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) que evite la extracción ilegal que ocurre sin concesiones y aquella que ocurre por encima del volumen concesionado. Estos dos fallos de políticas públicas tienen un impacto en la asignación de agua subterránea para uso agrícola por medio de los tres mecanismos vigentes de asignación: 1) precio directo con medición volumétrica, 2) precio indirecto de la

¹ Muñoz Piña, Carlos, *et ál.*, “Análisis del subsidio a la tarifa 09” en Sustentabilidad y desarrollo ambiental, UNAM y Porrúa 2007 con el apoyo de la H. Cámara de Diputados, LX Legislatura; pp162-187.

energía eléctrica consumida para extraer agua y 3) mercado de transmisiones de derechos de agua. Estos tres mecanismos dan resultados sub-óptimos en términos de eficiencia, que son reflejados en los niveles de extracción del agua subterránea y en la sobreexplotación de los acuíferos.

En las siguientes secciones describiremos estos tres mecanismos y sus resultados, así como posibles reformas y sus efectos distributivos.

2. Los instrumentos de la política hídrica nacional.

2.1. Administración de la oferta.

Históricamente, la CONAGUA ha tratado de resolver el problema de escasez de aguas nacionales aumentando la oferta con el incremento de programas y del presupuesto para desarrollar suministros de agua adicionales y no ha considerado si los suministros de agua existentes se están utilizando eficientemente y si están definidos correctamente por las leyes y las instituciones mexicanas (Roemer, [2007]).

El uso de políticas e instrumentos de expansión de la oferta del agua, mediante el desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento (i.e. construcción de presas, acueductos, etc.), apunta en sentido contrario a la orientación de los esfuerzos internacionales de reforma en una era de escasez: la administración de la demanda de agua, esto es, incentivar el uso eficiente del agua ya disponible.

Por ejemplo, de acuerdo a un análisis de la CONAGUA [2002], para hacer frente a un escenario futuro de escasez de agua por menor precipitación, recarga de los mantos acuíferos y aumento de la temperatura y evapotranspiración, se requeriría aumentar la eficiencia de riego en 17 puntos porcentuales (pasar de un promedio de 46% a 63%). Como se muestra en el Cuadro 1, esto implicaría aumentar la superficie de riego a 5.8 millones de hectáreas (actualmente son 800 mil) e invertir anualmente 30 mil millones de pesos. Ahora bien, la inversión necesaria probablemente sea mayor, ya que este escenario no toma en cuenta un aumento de la demanda de agua en el sector agrícola. Así las cosas, la CONAGUA asocia el concepto de sustentabilidad con mayor gasto público en infraestructura de riego y no con la administración de las fuentes de agua hoy disponibles. Sin embargo, para poder hacer frente a las condiciones futuras de escasez es necesario administrar también la demanda.

Cuadro 1.

Prospectiva de la inversión para riego agrícola en México (2002 -2025).

Concepto	Escenario		
	Actual	Tendencial	Sustentable
Hectáreas de riego modernizadas (millones de hectáreas)	0.8	1.1	5.8
Eficiencia en el uso del agua (% de pérdidas)	54%	51%	37%
Distritos de Riego	62%	57%	45%
Unidades de Riego	45%	44%	26%
Demanda global de agua (Mm3)	56,210	58,098	58,346
Inversión anual en el sector (miles de millones de pesos)	14	16	30

Fuente: www.conagua.gob.mx

Es así que los arreglos institucionales vigentes no llevan a una asignación eficiente de los recursos hídricos a través de la demanda. Por un lado, los derechos de propiedad para el uso del agua, establecidos por medio de concesiones sobre la cantidad que es posible extraer, son inadecuados, sobre todo tratándose de un recurso de acceso común² como el agua subterránea; por otro lado, no generan los incentivos para que el recurso sea utilizado por los agentes que más lo valoran en un contexto de escasez.

La principal razón por la que son inadecuados es que si bien, en teoría, un organismo gubernamental omnisciente podría estructurar un sistema de licencias seguras para concesiones, en caso de que pudiera prever todas las eventualidades y responder automáticamente a las circunstancias cambiantes; en la práctica, las burocracias centralizadas tienen grandes dificultades para hacer frente a estos retos (Roemer [2007]). Los costos de transacción son demasiado altos, lo cual impide que la burocracia obtenga información suficiente y auténtica sobre la valuación de cada usuario del recurso, algo que teóricamente el mercado puede lograr con facilidad debido a sus incentivos implícitos. Sin embargo, si no se

² Cuando los recursos naturales son de acceso común, no existe exclusividad en el disfrute del recurso y éste es indivisible en su consumo. Los usuarios no tienen incentivos a conservar el recurso en virtud de que cada unidad que éstos dejen de consumir o preservar para un futuro incierto o de escasez, será consumida por otros que tienen libre acceso a la explotación del recurso. En el caso del agua subterránea, dado que la misma tabla está disponible para muchos usuarios, cada usuario inflige una externalidad a los otros; por lo que sin derechos de propiedad bien establecidos, no existen incentivos para la conservación de recurso (Zilberman y Schoengold, 2007).

reúnen una serie de condiciones ideales, el mercado también fallaría en la asignación de los recursos de manera eficiente.

Por otro lado, como se mencionó, las organizaciones burocráticas se encuentran orientadas a la creación de mayor infraestructura para encontrar fuentes adicionales de agua en lugar de administrar, por el lado de la demanda, los recursos ya existentes.

Sin embargo, en cuanto a ahorro del recurso, esto no es del todo opuesto a la administración de la demanda, ya que para los administradores del agua suele ser más atractivo el uso de ciertos tipos de ingeniería hidráulica (ej. construcción de presas, perforación de pozos, instalación de tuberías) para aumentar las fuentes de abastecimiento de agua para uso agrícola y para, eventualmente, generar ahorros de agua (evitando fugas y desperdicios) a través de la disminución de la evapotranspiración del agua destinada hacia los cultivos, así como el uso de subsidios a fondo perdido para la tecnificación de riego agrícola. Lo que hace la diferencia entre uno y otro tipo de instrumentos, es la eficiencia y la efectividad con la que se alcanzan los resultados, en un contexto de restricción presupuestal y máxima eficiencia en el uso de los recursos públicos.

Por último, a pesar de que se han realizado esfuerzos por incorporar las necesidades de los usuarios y las condiciones locales en la toma de decisiones³, las expectativas que la autoridad del agua ha puesto sobre los mecanismos de gobernanza local son muy elevadas y no se encuentran necesariamente alineadas con el resto de las políticas centralizadas. En todo caso, en el corto plazo no podrán reemplazar las tareas que por ley les corresponde realizar a las agencias burocráticas: hacer cumplir la Ley de Aguas Nacionales.

2.2. Mecanismos institucionales para la administración de la demanda.

Para lograr una administración adecuada de la demanda de agua existen varios mecanismos. El más comúnmente estudiado es el mecanismo de precios. Según Bromley [1991] el punto de partida para la discusión sobre la pertinencia de un mecanismo de precios vigente, es analizar si el recurso es utilizado eficientemente en la agricultura y si su uso en este sector, en relación con otros

³ La CONAGUA prevee que a través de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), como órganos de representación de los usuarios de aguas nacionales de los acuíferos, se transmitan los planes, intereses y demandas de los diferentes usuarios de aguas subterráneas a la autoridad del agua para que éstas sean escuchadas y apoyadas. La CONAGUA le apuesta a la descentralización del monitoreo y vigilancia a los COTAS para disminuir los costos de hacer cumplir la LAN.

usos alternativos, es el óptimo. Desde su perspectiva, “*el precio del agua para el sector agrícola está subestimado, por lo que la obtención del precio adecuado llevaría a la eficiencia de su consumo en el sector agrícola en beneficio de todo el país*”.

El papel fundamental de los precios es ayudar a asignar los recursos escasos entre usos y usuarios que compiten entre sí. Una manera de alcanzar una asignación eficiente del agua es establecer un precio correcto para su consumo, de modo que se asigne de acuerdo a quienes valoren más el bien o servicio. Los mecanismos de precios basados en el mercado han sido desarrollados para tratar las ineficiencias inherentes a las instituciones de irrigación existentes. Esto requiere derechos de propiedad bien definidos para determinar el precio de irrigación del agua.

Zilberman [2008] afirma que un establecimiento de precios óptimos en la agricultura resultaría en:

- La adopción de tecnologías de riego más eficientes;
- Mayores beneficios ambientales;
- Reducción de la superficie sembrada de cultivos de bajo valor;
- Menor construcción de proyectos de agua en el largo plazo; y,
- Sistemas hídricos más estables.

Existen varios mecanismos de establecimiento de precios al agua para riego agrícola. Los más utilizados son: a) Métodos de medición volumétrica; b) Métodos de medición no volumétrica y c) Métodos basados en el mercado de derechos de agua (Tsur, *et. ál.* [2004]). Estos tres mecanismos de asignación difieren tanto en las instituciones e información que requieren para su funcionamiento e implementación, como en la eficiencia y equidad de sus resultados. Cada uno tiene sus pros y contras, por lo que es importante identificar las condiciones que son apropiadas para cada uno.

- a) *Métodos de medición volumétrica:* Estos métodos requieren de dispositivos para medir el consumo de agua de cada usuario. Los costos de implementación de este tipo de medición son relativamente altos, ya que requieren que la autoridad central del agua o asociaciones de usuarios de agua establezcan el precio, monitoreen y recolecten tarifas o cuotas.
- b) *Métodos de medición no volumétrica:* En situaciones en las que el mecanismo de precios de medición volumétrica no es factible o deseable (altos costos de implementación que no alcanzan a igualar o superar los beneficios sociales), puede utilizarse la medición no volumétrica. En este método los precios se establecen de manera indirecta por medio del

producto, insumo, área o cuota fija. Si bien el precio por área es el método más común para el establecimiento de precios para el agua de riego agrícola con medición no volumétrica, el precio de la electricidad (o diesel) para extraer agua del subsuelo puede ser una herramienta poderosa para influenciar el consumo de agua, puesto que el principal costo variable en la extracción de agua subterránea es la energía requerida para extraerla (Kemper, *et. al.* [2003]; Scott, Shah y Buechler [2000]). Este costo depende no solamente de la profundidad de la tabla de agua, las características geológicas del acuífero y la eficiencia de la bomba, sino también del costo unitario de la energía utilizada para bombear el agua.

Paradójicamente, en muchas áreas del mundo los precios de la energía no pueden ser utilizados como mecanismo para enviar señales de escasez del recurso, ya que se destinan enormes subsidios para disminuir los costos privados de extracción para los agricultores. Si bien pudiera parecer atractivo subsidiar a los agricultores pobres para mejorar su bienestar, el subsidio generalizado puede no ser la mejor manera de hacerlo; dado que incentiva la extracción excesiva y el consumo no sustentable de agua subterránea, puede disminuir la disponibilidad de recursos hídricos para los mismos agricultores en el largo plazo.

- c) *Métodos basados en el intercambio de derechos de agua:* Un mercado de agua es un arreglo en el cual los que poseen los derechos de acceso al agua subterránea los comercian o transmiten entre ellos o con partes externas. El mercado del agua no es otra cosa que un conjunto de arreglos que permiten que el agua sea intercambiada de manera voluntaria, de manera parcial o total, y de manera temporal o definitiva. Los intercambios de derechos de agua han sido ampliamente reconocidos como mecanismos de asignación que pueden llevar a ganancias en eficiencia y en conservación, ya que proveen un mecanismo más flexible para asignar el agua que los medios administrativos de regulación (zonas de veda⁴, zonas reglamentadas, etc.).

⁴ La LAN establece que las aguas del subsuelo podrán ser libremente alumbradas excepto cuando el Ejecutivo Federal establezca zonas reglamentadas para su extracción o zonas de veda o de reserva. El primer Decreto de Veda se publicó en 1948 en el acuífero de la Comarca Lagunera. Para 2007 existían 145 Decretos de veda que cubren el 53% del territorio nacional (PNH, 2007 y Primer Informe de Gobierno, 2007).

Los mercados de agua pueden ser formales o informales. Generalmente funcionan informalmente en zonas de alta escasez, sobre todo cuando los gobiernos fallan en responder rápidamente a los cambios en la demanda de agua. Para que los mercados formales de agua sean efectivos, son necesarios derechos de uso de agua que sean comprables y vendibles. Por esta razón, la aplicabilidad general de mercados formales de agua en países en desarrollo ha sido cuestionada debido a que requieren el establecimiento previo de instituciones que disminuyan los costos de transacción y la información asimétrica de los intercambios potenciales.

El criterio principal para evaluar el desempeño de estos tres mecanismos es la eficiencia; es decir, que se maximice el beneficio neto total entre los diferentes usos posibles, el cual puede ser generado usando las tecnologías existentes y los volúmenes disponibles, y que éste incluya los costos de implementación (Tsur, *et al.* [2003]). El criterio de eficiencia se refiere únicamente a los beneficios totales que pueden ser generados por la irrigación y no a la manera en que este beneficio se distribuye entre los usuarios del agua.

En la ausencia de impuestos u otras distorsiones, una asignación que maximiza los beneficios netos totales es llamada Pareto eficiente o primer mejor, ya que al moverse hacia esa asignación todos los involucrados quedan mejor o igual que en la situación anterior. Cuando existen distorsiones, sean de información, institucionales, políticas u otras, la asignación es denominada segunda mejor, puesto que al moverse hacia la nueva asignación habrá ganadores y perdedores.

Dado que la administración de los sistemas de irrigación usualmente se caracteriza por algún tipo de intervención pública por las peculiaridades asociadas con la provisión de servicios de agua, en general, nos encontramos en un mundo del segundo mejor. Estas peculiaridades son, de acuerdo a Easter, Rosegrant y Dinar [1998]:

- La mayoría de las inversiones en infraestructura hidroagrícola incluyen grandes inversiones de capital y periodos largos antes de que las recompensas sean visibles, haciendo difícil atraer inversionistas privados;
- A menudo la oferta de agua (ej., distribución) exhibe rendimientos crecientes a escala lo cual lleva a subinversiones y a precios de monopolio;
- La autoridad central del agua, por lo general, posee información incompleta sobre la oferta, demanda y consumo de agua, la cual puede variar ampliamente entre los años;

- Algunos servicios ecosistémicos del agua son un bien público natural y proveen beneficios para toda la sociedad.

En estas condiciones, los autores antes mencionados, listan siete arreglos esenciales para que un mecanismo de asignación del agua sea eficiente, equitativo y sustentable:

1. Arreglos institucionales que establezcan derechos de propiedad separados de los derechos de propiedad de la tierra;
2. Una organización administrativa e infraestructura flexible que implemente y facilite el intercambio de derechos de agua;
3. La internalización de los efectos causados a terceros (externalidades) generados por el mecanismo de asignación;
4. Mecanismos de resolución efectiva de los conflictos de agua;
5. Instrumentos que consideren la eficiencia intergeneracional en la asignación del agua;
6. Bajos costos de transacción; y
7. Presencia de información completa entre los usuarios y administradores de agua.

Basados en Tsur, *et. al.* [2004], el Cuadro 2 ilustra la eficiencia de los diferentes métodos para el establecimiento de precios del agua para riego agrícola. La medición volumétrica alcanza una asignación de primer mejor debido a la facilidad que tiene este mecanismo para controlar los cambios en la demanda de agua, pero tiene una implementación complicada debido a la necesidad de disponer de información sobre el consumo de agua realizado por cada usuario. Los mercados del agua, por su parte, también generan asignaciones de primer mejor en términos de eficiencia, aunque resulta difícil su funcionamiento si no existen instituciones preestablecidas (*i.e.* derechos de propiedad y mecanismos de cumplimiento y sanción de los contratos).

Sin embargo, el método más comúnmente utilizado en las zonas agrícolas es el establecimiento de precios según el área cultivada, por su facilidad de implementación; no obstante, este método no alcanza un nivel eficiente de asignación, dado que la extensión del área cultivada no se encuentra necesariamente vinculada al consumo de agua y, por lo tanto, no tiene tanta capacidad de controlar las variaciones en la demanda de agua.

Dado que los costos de implementación asociados con cada esquema de establecimiento de precios varían ampliamente de región a región por las variaciones en el clima, demografía, estructura social, derechos del agua, infraestructura del agua, aspectos históricos y condiciones económicas generales,

los beneficios netos asociados con cada método también variarán de región a región.

Cuadro 2:

Propiedades de los Métodos de Establecimiento de Precio del Agua.

Esquema de precio	Implementación	Eficiencia alcanzada⁵	Horizonte de tiempo de eficiencia⁶	Capacidad de controlar la demanda
Volumétrico	Complicada	Primer mejor	Corto plazo	Fácil
Producto	Relativamente fácil	Segundo mejor	Corto plazo	Relativamente fácil
Insumo	Fácil	Segundo mejor	Corto plazo	Relativamente fácil
Por área	La más fácil	Ninguna	N/A	Difícil
Tarifas en bloque	Relativamente complicado	Primer mejor	Corto plazo	Relativamente fácil
Dos partes	Relativamente complicado	Primer mejor	Largo plazo	Relativamente fácil
Mercados de agua	Difícil sin instituciones pre-establecidas	Primer mejor	Corto plazo	N/A

Fuente: Tsur, et. al. [2004].

Finalmente, si bien los mecanismos de asignación del agua vía precios tienen pocos efectos redistributivos si se trata de usuarios agrícolas homogéneos, las tarifas en bloque o en dos partes pueden ser adecuadas para asignar el agua entre usuarios heterogéneos e incluir los aspectos de equidad y de eficiencia en la asignación.

3. Cambio institucional hacia la administración de la demanda.

Para poder transitar de un esquema de administración de la oferta a uno de administración de la demanda vía precios, se requiere que los costos de transacción del cambio institucional sean menores que el costo de oportunidad de

⁵ La eficiencia en la asignación definida como primer mejor no toma en cuenta la existencia de costos de implementación (*i.e.* administración, operación, acopio de información, etc.) o información incompleta (*i.e.* agua no medida). La asignación de segundo mejor sí toma en cuenta estos factores.

⁶ La eficiencia de corto plazo ignora los costos fijos en tanto que la eficiencia de largo plazo los contabiliza.

no actuar y mantener el *status quo* (Saleth y Dinar, [2004]). En este sentido, los esfuerzos de reforma dirigidos al establecimiento de precios “correctos” del agua, frecuentemente se originan de crisis financieras, de un bajo porcentaje de recuperación de costos, del deterioro de la infraestructura, del incremento en la demanda de agua y de reformas macroeconómicas relacionadas (Tsur, *et. al.* [2004]).

Existen varias dificultades para este cambio de paradigma. Entre ellas se encuentran la promulgación de leyes y creación de políticas orientadas a la asignación eficiente, así como la construcción de la estructura organizacional necesaria para poner las leyes en práctica dentro de organizaciones con experiencia y tradición en el desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento del agua (ampliación de la oferta) y no de administración de la demanda.

De esta manera, el desarrollo de nuevas habilidades y de información en las viejas administraciones del agua, y la creación de organizaciones intersectoriales e interregionales adicionales, resulta ser crítico para alcanzar los retos de un paradigma de administración de la demanda. A diferencia de la era del desarrollo de fuentes de abastecimiento, caracterizadas por el exceso de burocracia y el dominio de consideraciones políticas y de ingeniería hidráulica, la era de la asignación por el lado de la demanda requiere información económica y ecológica que disminuya las asimetrías de información e internalice las externalidades negativas; organizaciones de gobernanza que garanticen el cumplimiento y sanción de los derechos de propiedad; y bajos costos de transacción e implementación para realizar los intercambios necesarios para alcanzar las asignaciones de primero o segundo mejor.

Este cambio institucional sucede de manera natural al evolucionar las instituciones con las condiciones cambiantes y necesidades sociales. Sin embargo, el resultado final de este proceso está definido por complicados procesos políticos en los que intervienen distintos grupos e intereses. Según Saleth y Dinar, existen dos diferentes enfoques para el análisis de la influencia de los grupos políticos en la desviación, detenimiento o alentamiento de las reformas institucionales: a) el enfoque de los grupos de interés, donde las decisiones políticas son el resultado de la tensión entre los grupos de interés; b) el enfoque de los modelos en los cuales las políticas son el resultado de la negociación de jugadores con diferentes grados de poder.

Si los grupos de presión buscadores de rentas logran obstaculizar el proceso de reformas, pueden persistir instituciones que generan asignaciones subóptimas. Sin embargo, con el incremento de la escasez del agua y del déficit fiscal, las ganancias de los buscadores de rentas podrían disminuir y, de esta manera,

aumentar los costos sociales de las políticas inapropiadas del sector hídrico, creando las condiciones para que estos grupos estén abiertos y sean los impulsores del cambio.

4. Administración de la demanda de agua en México.

Hasta ahora la CONAGUA ha utilizado principalmente instrumentos regulatorios e instrumentos participativos para administrar las cantidades de agua subterránea utilizada para riego agrícola. CONAGUA puede extender concesiones, asignaciones y permisos⁷ a los productores agrícolas que deseen explotar aguas nacionales, siempre y cuando no se encuentren en zona de veda. En estas zonas la única forma de regularización u obtención de volúmenes de agua adicionales es a través de la transmisión de derechos.

La CONAGUA monitorea el cumplimiento adecuado de los mecanismos regulatorios por medio de visitas de inspección⁸. Sin embargo, se ha encontrado que estos instrumentos no incentivan un uso eficiente del recurso. Shah [2008] encontró que los volúmenes de agua concesionados están basados en una combinación del rendimiento del pozo y la extensión de la propiedad del usuario, por lo que, las concesiones de agua subterránea solamente regularizan el *status quo* y no tienen el objetivo de alinear la disponibilidad hidrológica de agua con los volúmenes otorgados en los títulos. Por su parte, la Auditoría Superior de la Federación (el máximo órgano de fiscalización presupuestal y funcional del país) encontró, en 2009, que CONAGUA había entregado títulos de concesión sin tomar en cuenta la disponibilidad hidrológica del agua, que la mayoría de los acuíferos aún no contaban con estudios de disponibilidad de agua publicados o actualizados y que no se estaba vigilando que los usuarios tuvieran instalado un medidor volumétrico para la extracción de agua.

Si bien desde la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales, la CONAGUA se ha propuesto utilizar la administración de las concesiones para

⁷ La concesión de aguas nacionales establece el máximo volumen permisible para la extracción de agua, el tipo de uso, el número de aprovechamientos o pozos, la localización de los aprovechamientos y la vigencia de la concesión.

⁸ Las principales infracciones son: 1) extraer agua por encima del volumen concesionado, 2) alterar la infraestructura autorizada para la explotación, 3) no contar con medidor, 4) no tener concesión cuando la ley así lo requiere, 5) no proporcionar los datos necesarios para la medición, 6) no destruir pozos reubicados o cuyos derechos fueron transmitidos y no ajustar la capacidad de los equipos de bombeo, 7) impedir la inspección, y 8) no inscribirse en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). Las multas a las que son acreedores los diferentes tipos de infractores van desde los mil hasta los 20 mil salarios mínimos vigentes en el Distrito Federal, según sea la gravedad de la falta.

lograr el objetivo de uso eficiente del recurso en el sector agrícola a partir de la asignación de volúmenes concesionados, de la vigilancia de que se extraiga sólo el volumen establecido, de la instalación de medidores para monitorear la extracción de agua, del cobro de las cantidades de agua consumidas por encima de lo permitido y de ser el intermediario para la transmisión de derechos (volúmenes) de agua entre los diferentes agentes económicos. Los análisis indican que existen serios fallos en la aplicación de estos mecanismos regulatorios de asignación del agua para uso agrícola⁹ (Shah [2000]).

De esta manera, los mecanismos utilizados actualmente no son los más efectivos para propiciar un uso eficiente del agua. Sin embargo, las instituciones formales vigentes le dan a la CONAGUA los instrumentos y la flexibilidad para moverse hacia una administración de la demanda por medio de mecanismos de asignación de precios.

4.1. Mecanismos de precios de medición volumétrica.

Los derechos que se deben pagar por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales de acuerdo con la zona de disponibilidad de agua¹⁰ están establecidos en el artículo 223 de la Ley Federal de Derechos (LFD). Además, por ley (Ley de Aguas Nacionales), todos los agricultores deben contar con un medidor que registre su consumo de agua. El Cuadro 3 señala los usos específicos y las cuotas que se han aplicado por los diferentes usos del agua, a saber, el régimen general, el agua potable, agropecuario, balnearios y centros recreativos, generación hidroeléctrica y acuicultura. El uso agropecuario tiene cuotas diferenciadas según si el consumo observado estuvo por debajo o por encima de la concesión.

⁹ Documento disponible en www.iwmi.org/iwmi-tata

¹⁰ Según la Ley Federal de Derechos existen nueve zonas de disponibilidad de agua clasificadas según su escasez de agua. La zona 1 es la zona con mayor escasez y la zona 9 es la zona con mayor disponibilidad de agua.

Cuadro 3.

Cuotas por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, según zonas de disponibilidad 2002 y 2008 (pesos por metro cúbico, pesos corrientes)

Uso	Año	Zona de Disponibilidad								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Régimen General	2008	16.5665	13.2527	11.0438	9.1113	7.1783	6.4876	4.8831	1.7349	1.3002
	2002	13.3885	10.7105	8.9253	7.3636	5.8014	5.2431	3.9466	1.4023	1.0509
Agua potable, consumo mayor a 300 l/hab.-día	2008	0.6564	0.6564	0.6564	0.6564	0.6564	0.6564	0.3057	0.1527	0.0380
	2002	0.2652	0.2652	0.2652	0.2652	0.2652	0.2652	0.1235	0.0062	0.0031
Agua potable, consumo igual o inferior a 300 l/hab.-día	2008	0.3282	0.3282	0.3282	0.3282	0.3282	0.3282	0.1528	0.0763	0.0380
	2002	0.2652	0.2652	0.2652	0.2652	0.2652	0.2652	0.1235	0.0062	0.0031
Agropecuario, sin exceder concesión	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agropecuario, por cada m ³ que exceda el volumen concesionado	2008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Balnearios y centros recreativos	2008	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0046	0.0022	0.0010
	2002	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0038	0.0018	0.0008
Generación Hidroeléctrica	2008	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
	2002	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
Acuicultura	2008	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0013	0.0006	0.0003
	2002	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0011	0.0005	0.0002

Fuente: Elaboración propia con información de la Ley Federal de Derechos, últimas reformas publicadas en el DOF, el 13 de noviembre de 2008 y de Estadísticas del Agua en México, 2003.

Como puede observarse, la LFD exenta a los agricultores del pago, salvo aquellos volúmenes consumidos por encima de lo establecido en el título de concesión; y aún para ellos la cuota es la más baja de todos los usos contemplados en la Ley. Además, existen problemas de cumplimiento de ley en materia de instalación de medidores, por lo que en muchos casos no existe información sobre el consumo de agua de los productores (ASF [2009]).

4.2. Mecanismos de precios de medición no volumétrica.

Al no existir un precio directo por el consumo de agua para uso agropecuario, los agricultores pagan el precio indirecto del agua a través de la energía eléctrica que utilizan para bombear y rebombear agua del subsuelo hacia sus parcelas.

Las tarifas eléctricas para bombeo agrícola las establece y publica la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) en el Diario Oficial de la Federación (DOF). En 2003, a raíz del Acuerdo Nacional para el Campo, se establecieron las tarifas eléctricas de estímulo en la Ley de Energía para el

Campo (LEC) para mantener a los agricultores mexicanos en condiciones de competitividad respecto a los principales socios comerciales de este país. Como puede observarse en el Cuadro 4, en 2009 las tarifas eléctricas para bombeo agrícola que pagaron los agricultores mexicanos, representaron solamente una cuarta parte de lo que pagaron los productores agrícolas de Estados Unidos y no fue sino hasta 2007 que las tarifas normales en México estuvieron por encima de las tarifas estadounidenses. Por otra parte, entre 2003 y 2009 en México, las tarifas de estímulo (9 CU y 9 N) aumentaron en 40%, mientras que las tarifas normales (9 y 9M) se incrementaron en casi 300%. Por esta razón, Shah [2008] menciona que una de las principales razones por las que los agricultores buscan tener una concesión de agua no es para evitar las multas y sanciones de CONAGUA, sino para tener acceso a las tarifas de estímulo de electricidad para bombeo y re-bombeo agrícola.

Cuadro 4:

Comparación de Tarifas Agrícolas en México y Estados Unidos (pesos por kwh).

Año	México			EUA
	Tarifas de Estímulo ^{1/}		Tarifas Normales (9 y 9M) ^{2/}	Tarifas Agrícolas ^{3/}
	9 CU	9 N		
2003	0.30	0.15	0.41	0.72
2004	0.32	0.16	0.52	0.83
2005	0.34	0.17	0.66	0.83
2006	0.36	0.18	0.84	0.94
2007	0.38	0.19	0.98	0.96
2008	0.40	0.20	1.31	1.42
2009	0.42	0.21	1.63	1.37

1/ DOF, 7 de enero y 8 de agosto de 2003 y sus modificaciones.

2/ DOF, 7 de enero de 2003 y sus modificaciones.

3/ Energy Information Agency (EIA).

Fuente: SAGARPA [2009].

Ahora bien, SAGARPA otorga a cada agricultor una cuota energética que puede pagarse con las tarifas de estímulo. El consumo de energía eléctrica excedente se paga con las tarifas normales (Ver figura A1 del Anexo). La cuota energética es otorgada de acuerdo a una fórmula cuya variable principal radica en los caballos de fuerza del equipo de bombeo que tiene el agricultor¹¹, indicador de la cantidad de agua que requiere el agricultor para satisfacer sus necesidades de riego de acuerdo a las características de su unidad de producción, la profundidad del pozo,

¹¹ Cuota Energética (CE) = (HP x 0.746 x 365 x 24) x 0.75 + 438; Donde HP = capacidad del motor de la bomba.

entre otros aspectos. Sin embargo, actualmente la cuota energética sobrestima el verdadero consumo de energía eléctrica de los agricultores lo que garantiza que los agricultores siempre paguen energía eléctrica a tarifas de estímulo¹².

Por esta razón, los mecanismos de precios a través de mediciones no volumétricas tampoco han incentivado un uso más eficiente del recurso y distan de poner a México en una situación de administración de la demanda.

4.3. Mecanismos de precios por medio de mercados de agua

En México los intercambios en mercados de agua pueden desarrollarse plenamente cuando el acuífero esté declarado como zona de veda ya que, al existir un límite de extracción, CONAGUA no puede expedir más títulos de concesión que los vigentes en el mercado y los usuarios deben poseer un título de concesión. De esta manera, la única vía para regularizarse es intercambiando derechos de agua.

En los últimos años las transmisiones de derechos han ido en aumento, especialmente en las zonas en las que existe un mayor grado de presión del recurso hídrico. En 2001 se registraron 672 transacciones y en 2008 se incrementaron a 2,821; la mayoría correspondientes a aguas subterráneas y a un uso final agrícola (Canizales [2009]).

Destaca que el 90% del volumen total transmitido por el sector agrícola fue intercambiado entre los propios usuarios agrícolas, lo que indica que este mecanismo se encuentra asignando el recurso a los agricultores que más lo valoran, es decir, el agua está llegando a aquellos agricultores que poseen un mayor costo de oportunidad de no tenerla, que aquellos agricultores que actualmente tienen el derecho de usarla (Canizales [2009]).

La transmisión de derechos de agua se ve fortalecida con el adecuado funcionamiento de los mecanismos de cumplimiento y sanción de los contratos, y con el establecimiento de instituciones y organizaciones que disminuyan las asimetrías de información y los costos de transacción (de encontrar a oferentes y demandantes, de llegar a acuerdos, de elaboración y cumplimiento de contratos, etc.) de intercambiar los derechos de agua.

En este sentido, el artículo 37 Bis de la Ley de Aguas Nacionales prevé el establecimiento definitivo o temporal de Bancos de Agua que proporcionen

¹² En 2009, 93% de los usuarios de tarifas eléctricas de estímulo consumieron por debajo de su cuota energética.

información confiable, certera y oportuna sobre las ofertas y demandas de agua existentes en una región hidrológica específica. Hasta septiembre de 2009 se habían creado tres bancos de agua para apoyar la gestión de las transmisiones de derechos de agua¹³. Sin embargo, en México existen 145 Decretos de Veda, por lo que son necesarias muchas más instancias para efectivamente disminuir los costos de transacción y desarrollar el potencial del mercado de transmisiones de derechos.

Un problema en la definición de los mercados de agua en México es que al ser este recurso propiedad de la nación (Art. 27 Constitucional), en sentido estricto no se puede vender, por lo que CONAGUA solamente registra las cantidades intercambiadas y no tiene control sobre los precios al que los agricultores compran y venden los derechos de agua¹⁴. Los agricultores acuerdan por fuera el precio al que se realizará la transmisión y luego, en su caso, acuden a la CONAGUA a registrar el intercambio. Al no llevarse el registro oficial de los precios a los que se transfieren los derechos de agua se pierde información valiosa sobre la escasez relativa del recurso en el acuífero.

5. Análisis de economía política de los mecanismos de asignación del agua en México

Para entender por qué no se usan plenamente los mecanismos existentes para la asignación de precios al agua en México, es necesario hacer un análisis de economía política. La economía política es el estudio de las distintas estructuras de asignación entre las que la sociedad puede elegir (Phelps [1985]). El primer paso para este análisis es entender cómo sería una asignación eficiente y cómo los arreglos institucionales vigentes llevan o no a esa asignación.

En las siguientes secciones utilizaremos un modelo sencillo de equilibrio parcial en el mercado de agua subterránea para entender estas características y cómo afectan la asignación final del recurso. Esto con la finalidad de proponer arreglos institucionales que lleven a una asignación más eficiente.

5.1. Análisis de equilibrio económico sin asignación intertemporal.

Como se mencionó anteriormente, La Ley Federal de Derechos (LFD) exenta a los agricultores del pago de agua que consumen, siempre que sea dentro de su

¹³ Los tres Bancos de Agua se encuentran en las cuencas Centrales del Norte (Región Lagunera, sede en Coahuila), cuenca Lerma-Santiago-Pacífico (abarca nueve estados, con sede en Jalisco) y el último en la cuenca Río Bravo (Nuevo León).

¹⁴ <http://www.jornada.unam.mx/2009/07/09/index.php?section=sociedad&article=044n1soc>

concesión. Es decir, no pagan el costo directo de extracción y distribución del recurso, ni mucho menos las externalidades a generaciones presentes y futuras o el costo marginal del usuario. Asimismo, el precio indirecto de extracción (medido por el costo de la energía eléctrica utilizada para bombear agua del subsuelo) se encuentra fuertemente subsidiado por las tarifas de estímulo establecidas en la Ley de Energía para el Campo (LEC).

Como se observa en la Figura 2, en un acuífero en equilibrio o con margen de extracción, el equilibrio socialmente óptimo estaría dado por el punto A, donde la curva de demanda cruza la curva $CME + CMD + CMA + CMF$. Esto da como resultado un precio óptimo, P^* , y una cantidad extraída óptima, m^* ¹⁵. Sin embargo, al no incluir: el costo de almacenamiento futuro, el costo de la externalidad y el costo de distribución, y al subsidiar el costo de extracción a través de la tarifa eléctrica, lo que tenemos es un resultado subóptimo en el punto D, con un precio P_s y una cantidad m_s , donde $P_s < P^*$ y $m_s > m^*$. El exceso de consumo de agua es representado por la distancia $m_s - m^*$ y el diferencial entre P^* y P_s mide tanto la falla de mercado como la falla de política del arreglo institucional vigente (OCDE [2003]). Algunos autores (Saleth y Dinar [2004]), ven ese diferencial de precios como el resultado del cabildeo y de la presión política de los grupos de interés. El área ADE_2 representa la pérdida neta del bienestar de la sociedad que genera el mecanismo de precios del arreglo institucional vigente.

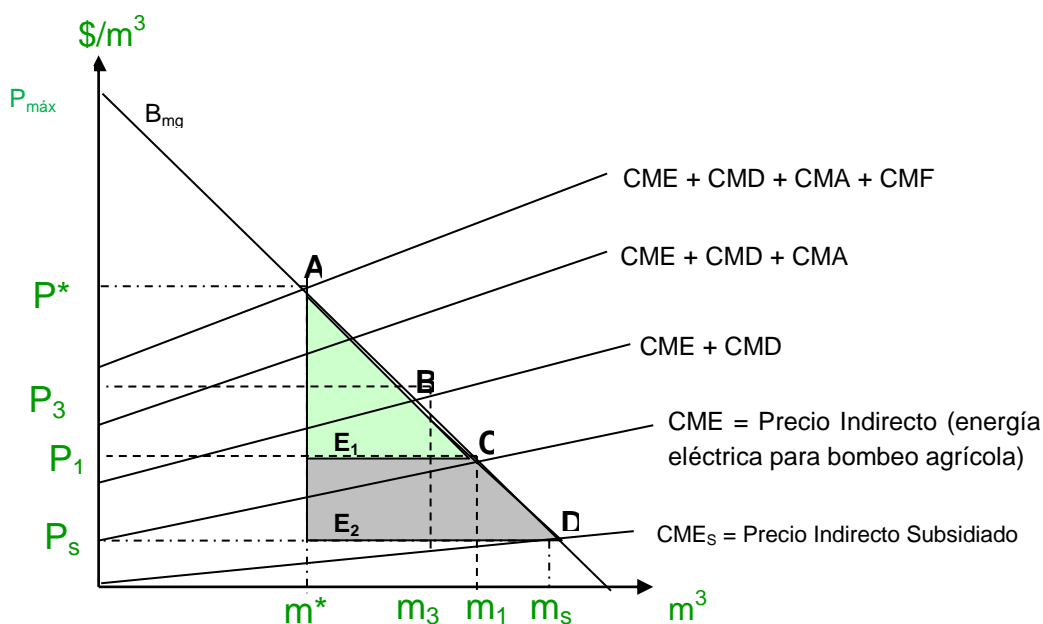
Incluir en el precio cualquiera de estos costos o disminuir el subsidio a la electricidad nos acercará, todo lo demás constante, al equilibrio socialmente óptimo. Para llegar al equilibrio óptimo los tomadores de decisiones tendrían que elegir entre controlar la cantidad de extracción del agua estableciendo un precio mínimo igual a P^* o vigilando que la extracción del agua no sobrepase m^* (por ejemplo, a través de que las concesiones que se cumplan). En presencia de información perfecta, ausencia de costos de transacción y de incertidumbre, ambos instrumentos de política son equivalentes (Weitzman [1974]). Sin embargo, tal y como señala Tsur, et. al. [2004], en el caso del agua, los costos de transacción son enormes en la práctica y la información de la que disponen las autoridades del agua es a menudo incompleta; situación que se agrava con la incertidumbre asociada a la alta dispersión en los resultados de las proyecciones

¹⁵ Por cuestiones de simplicidad asumimos que m^* es igual al volumen de extracción sustentable, es decir, que iguala el volumen de precipitación anual y la recarga del acuífero (flujo); que a niveles de consumo superiores a m^* ya empiezan a utilizar el stock de agua disponible; y que fue acumulado durante cientos o miles de años. Sin embargo, el nivel de consumo eficiente puede ser igual, menor o superior al nivel sustentable.

de las variaciones en los patrones y la localización de la precipitación en los modelos climáticos existentes¹⁶.

Figura 2.

El precio y extracción óptima del agua en un acuífero en equilibrio hidrológico.



Donde:

- CME: Costo marginal de extracción;
- CME_s: Costo marginal de extracción con subsidio;
- CMD: Costo marginal de distribución;
- CMA: Costo marginal ambiental (externalidad);
- CMF: Costo marginal de almacenamiento futuro (de usuario);
- B_{mq}: Beneficio marginal = Demanda.

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Zilberman y Schoengold [2007] y OCDE [2003].

Si se estableciera un precio mínimo igual a P^* por medio de un impuesto, el excedente de los agricultores disminuiría en el área P^*AP_{max} , en tanto que el gobierno federal recaudaría adicionalmente $(P^* - P_s) \times m^*$. Por otra parte, si se fijaran las cantidades de agua, si se vigilara que nadie extrajera por encima de ese volumen y si hubieran intercambios de agua sin un precio oficial de por medio

¹⁶ Para mayor información ver Galindo, Luis Miguel, "La economía del cambio climático en México", SEMARNAT-SHCP, 2008.

(como ocurre en los mercados formales de derechos de agua en México), la recaudación del gobierno sería cero.

La diferencia entre el excedente de los agricultores con y sin el subsidio es una medida indirecta de la presión que los grupos de interés pueden ejercer sobre el gobierno para instaurar un esquema de subsidios que les permita obtener mayores ganancias en el presente a costa de otros agricultores del presente y del futuro. Por otro lado, ningún mecanismo intermedio de asignación de precios, por más distorsionado que éste sea, puede superar las enormes ganancias que tienen los agricultores mediante un mecanismo de asignación vía cantidades. Estas ganancias se vuelven todavía mayores si este esquema funciona de manera ineficiente, es decir, sin derechos de propiedad adecuadamente establecidos, débil monitoreo, vigilancia y sanción de las concesiones, y altos costos de transacción de los intercambios de derechos de agua.

Es por esta razón que los agricultores mexicanos ejercen enormes presiones para mantener el *status quo* mixto, ya que combina un mecanismo de precios y tarifas con subsidios altamente distorsionantes para el consumo de agua con un mecanismo de asignación vía cantidades, que es incapaz de alcanzar sus objetivos en el consumo eficiente y sustentable del agua.

En un acuífero con sobreexplotación extrema se hacen más inclinadas las curvas de costo marginal social total, puesto que cada unidad adicional de agua consumida tiene un mayor costo de oportunidad para las generaciones futuras. La mayor inclinación de la curva de costo marginal total acrecienta la brecha entre $m^* - m_s$ y $P^* - P_s$; de igual forma, la pérdida neta del bienestar (ADE_2) resulta ser mucho mayor debido a las ganancias en bienestar a las que renuncian las generaciones presentes y futuras, por la existencia del subsidio.

De esta manera, los efectos de una reforma institucional del subsidio al precio indirecto de extracción de agua subterránea serían mucho mayores en acuíferos sobreexplotados y la existencia por sí sola de esta pérdida de bienestar, sería un factor importante que utilizarían los ganadores para impulsar la reforma (Saleth y Dinar, [2004]).

Sin embargo, a consideración de Muñoz-Piña, *et. al.* [2007], existen diversos factores que podrían influir en que se mantenga el *status quo*, en cuanto a la distribución de subsidios y exenciones en el sector agrícola, entre los cuales se encuentran: 1) los beneficios de las transferencias gubernamentales que reciben los grupos de interés están concentrados en pocas personas mientras los costos están dispersos en toda la sociedad, 2) existe información asimétrica entre la población en general y los grupos de interés quienes proveen de información

estratégica por medio del cabildeo a los tomadores de decisiones, 3) algunos agricultores no tienen una base ideológica por lo que ofrecen su respaldo a quien les otorga mayores transferencias, 4) Los distritos electorales agrícolas están “sobrerrepresentados” en el Congreso, 5) la mayoría de las actividades agrícolas tienen una influencia en el medio ambiente, cuya organización se encuentra menos desarrollada y 6) los costos de transacción de reformar los subsidios agrícolas son elevados.

La figura 2 se refiere a una asignación de primer mejor, es decir, no considera la existencia de costos de transacción y supone la existencia de información completa. Sin embargo, en la realidad los costos de transacción (cumplimiento de contratos, monitoreo, medición, obtención de información, etc.) y los costos políticos (obtención de acuerdos) asociados a la extracción del agua subterránea son positivos, por lo que las agencias gubernamentales se encontrarán sujetas a la presión de los buscadores de rentas que tratan de mantener su *status quo* de ganancias privadas. La literatura sugiere incorporar estos costos de transacción en los costos marginales, lo cual puede disminuir las ganancias en eficiencia de una reforma institucional (Dinar [2000]).

Por otra parte, existe incertidumbre sobre la oferta y demanda de agua subterránea, ya que existen varias características del agua subterránea que plantean problemas particulares para su asignación. Kraemer, *et. ál.* [2002] mencionan las siguientes:

- Costos relativamente altos y la complejidad de la evaluación hidrológica del agua subterránea;
- Uso del recurso altamente descentralizado, el cual incrementa los costos de monitoreo;
- Invisibilidad del agua al público en general y rezagos en el tiempo del impacto de las acciones de conservación del recurso;
- Impactos variados de los contaminantes dependiendo de la vulnerabilidad del acuífero;
- Irreversibilidad en el largo plazo de la mayoría de los acuíferos contaminados.

5.2. Análisis de equilibrio económico con asignación intertemporal.

La Figura 2 ilustra la asignación óptima del agua subterránea suponiendo que las cantidades extraídas y consumidas en el presente son independientes o no afectan las asignaciones óptimas en el futuro; lo cual sería cierto si el acervo de agua almacenada en los acuíferos permaneciera constante en el tiempo, lo que sólo podría ocurrir si los flujos anuales de recarga fueran mayores o iguales a las cantidades extraídas y consumidas anualmente de los mismos.

Tsur, *et. al.* [2004], afirman que si en un periodo la diferencia entre la recarga natural y la extracción es negativa, entonces el acervo de agua en el próximo periodo será más pequeño y, si esta situación persistiera, eventualmente se acabaría. El impacto inmediato en el próximo periodo es que la extracción será más cara. En el largo plazo, la extracción podría restringirse a no exceder la recarga natural o podría cesar completamente si el acervo del agua queda arruinado (*i.e.* intrusión salina o contaminación con arsénico). En tal situación, la extracción y el consumo presente no se encuentran totalmente desvinculados del futuro.

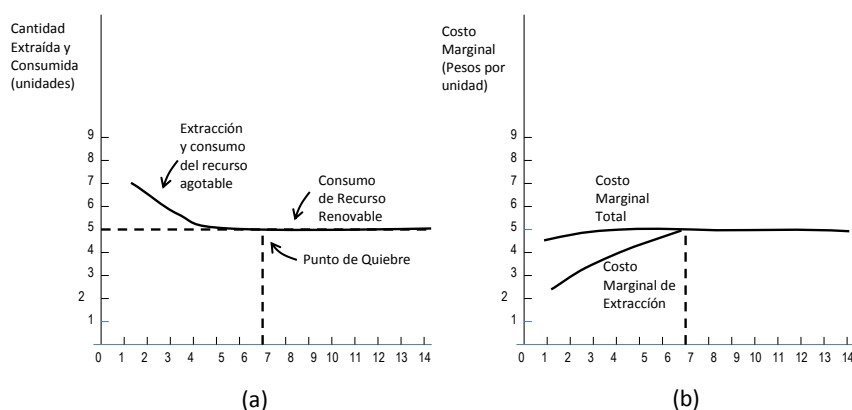
Tietenberg [2006] también señala que cuando la extracción excede la recarga en un acuífero, el recurso será eventualmente agotado ya sea cuando el acervo se termine o cuando el costo marginal de extraer agua adicional llegue a ser demasiado elevado o prohibitivo, ya que en mercados eficientes de agua subterránea, este costo se incrementaría a medida que la tabla de agua disminuye.

Adicional al costo marginal de extracción, se debe incluir la no disponibilidad en el futuro de cualquier unidad de agua utilizada en el presente. En mercados eficientes de agua subterránea, si el costo marginal total (de extracción y del usuario) se incrementara a medida que la tabla de agua disminuye, el precio del agua se incrementaría proporcionalmente y el consumo disminuiría con el tiempo hasta detenerse por completo.

La Figura 3 ilustra el caso en el que la extracción y el consumo de un stock de un recurso exhaustible (ej. agua subterránea cuya extracción excede la recarga) disminuye a lo largo del tiempo a medida que los costos marginales totales, de extracción (ej. energía eléctrica para bombeo agrícola) y del usuario, se incrementan, reflejando una mayor escasez del recurso. En este caso, existe una fuente alternativa de obtención de un recurso renovable (ej. agua superficial) a un costo marginal constante. La extracción y el consumo del recurso exhaustible terminan en el momento en que el costo marginal total de obtener una unidad adicional del recurso es mayor al beneficio marginal de consumir esa unidad o al costo marginal constante de sustituirlo por un recurso renovable.

Figura 3.

La asignación óptima intertemporal del agua subterránea.



Fuente: Elaboración propia adaptado de Tietenberg [2006].

Aún en el supuesto de que las externalidades ambientales y los costos marginales de extracción y de distribución sean conocidos, persiste la incertidumbre sobre el verdadero valor que los usuarios del futuro estarían dispuestos a pagar por el agua que dejarían de consumir, en caso de que las generaciones presentes estuvieran disminuyendo el stock de agua disponible para el consumo futuro, es decir, el costo de oportunidad o costo marginal del usuario.

Al abandono del supuesto de cero costos de transacción, hay que sumarle también las implicaciones en la asignación óptima de incluir la presencia de incertidumbre en la oferta y demanda de agua subterránea en acuíferos sobreexplotados. Por el lado de la oferta, existe incertidumbre cuando los patrones de precipitación, recarga y disponibilidad de agua son muy cambiantes, lo cual sucede en un contexto de cambio climático, en donde existe gran incertidumbre no sólo de los signos de las variaciones de lluvia, sino de su magnitud, frecuencia y localización. Por otra parte, cuando un acuífero se encuentra en sobreexplotación extrema y los niveles de abatimiento hacen que se empiece a extraer agua de calidad deficiente, se puede desconocer con precisión la magnitud del costo de control del daño (ej. costos de instalar y de operar tecnologías que traten agua subterránea de calidad deficiente o contaminada con arsénico por los niveles de

abatimiento) y/o el costo marginal del daño (costos marginales del daño a la sociedad por mayores gastos en salud por tomar agua contaminada).

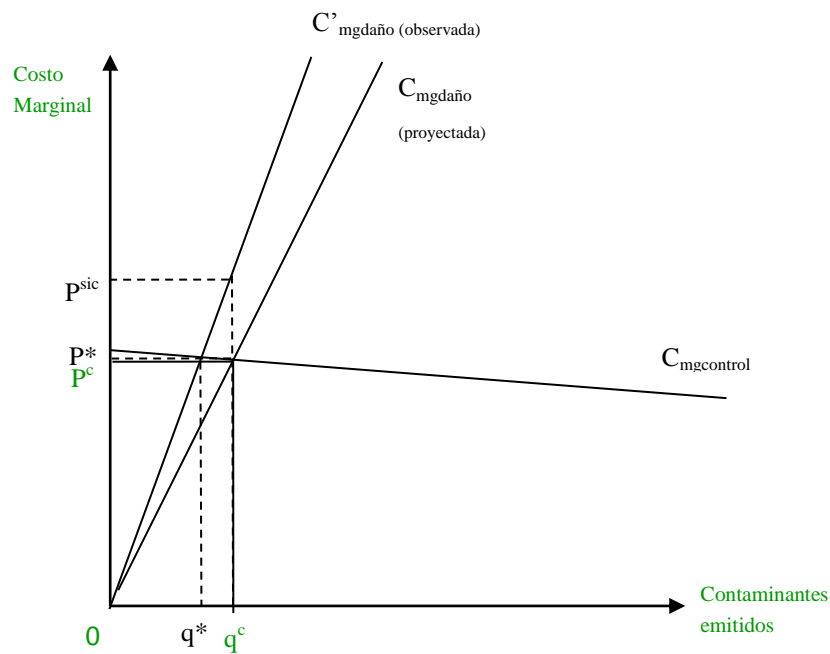
Lo que sucede en la realidad, es que cuando existe un elevado nivel de incertidumbre y de información incompleta, se desconoce la sensibilidad que tienen las curvas de costos y beneficios marginales totales en los puntos cercanos a la asignación óptima, lo que repercute en la elección del mejor instrumento que maximiza las ganancias netas para la sociedad.

Tietenberg [2006], retomando a Pizer [2002] y a Weitzman [1974], sugiere que en un contexto en el que la curva de costo marginal de control del daño sea muy plana (más elástica) y la curva de costo marginal del daño evitado sea muy inclinada, como en la Figura 4, el uso de un mecanismo de control vía cantidades (*i.e.* prohibición de extracción de agua después de cierto nivel) sería un mejor instrumento de política que controlar la asignación óptima vía precios. Pequeñas variaciones en la cantidad de asignación óptima generan enormes variaciones en el costo marginal del daño (*i.e.* mayores gastos en enfermedades por consumir agua con arsénico). En otras palabras, el costo de equivocarse y elegir un precio erróneo como mecanismo de asignación de agua subterránea, por ejemplo P_c , tiene mayores costos para la sociedad por el daño marginal causado por variaciones en los niveles de extracción (y contaminación) óptima, en tanto que los costos de control para los contaminadores, son prácticamente insensibles a las variaciones en los niveles de contaminación.

En la situación anterior, en la que el costo marginal de control es conocido, pero el costo marginal del daño es desconocido (o las proyecciones tienen un elevado grado de incertidumbre), es mejor establecer prohibiciones a la sociedad sobre las cantidades óptimas de extracción de agua sobre el nivel m^* , porque unidades adicionales de consumo del recurso por encima de ese nivel generan un gran daño a la sociedad.

Figura 4.

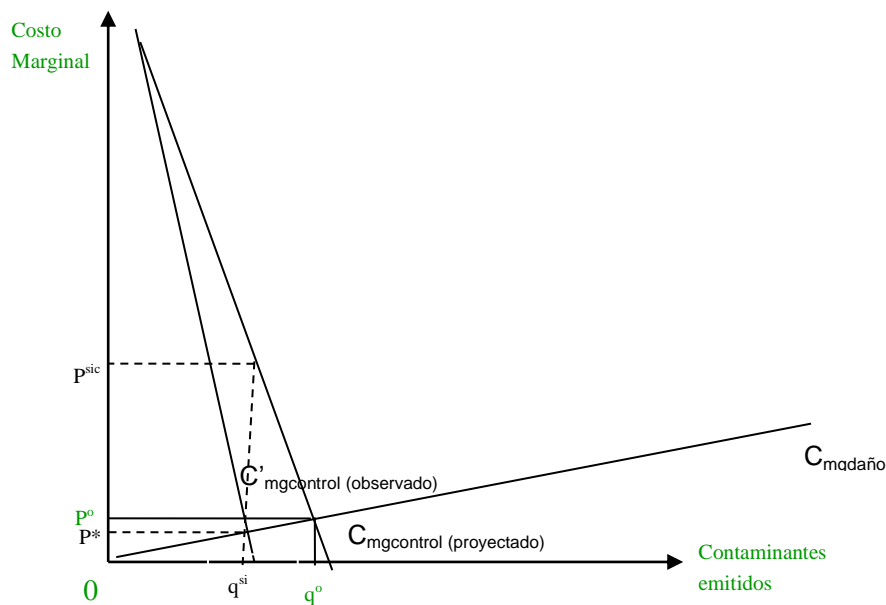
Acuífero con sobreexplotación extrema en condiciones de incertidumbre: Curva de costo marginal de control del daño muy plana y curva de costo marginal del daño evitado muy inclinada.



Por otra parte, si la curva de costo marginal de control es desconocida y más inclinada (Figura 5), y la curva de costo marginal del daño es conocida y casi plana, es decir, prácticamente insensible a las variaciones en la extracción del recurso, el uso de un mecanismo de precios para controlar la asignación óptima es el mejor instrumento de política y habría que dejarle a los usuarios (contaminadores) la decisión de cuánto extraer, ya que el precio al que se enfrentarían por nivel de extracción ya internalizaría el daño causado. Por lo tanto, buscarían la mejor tecnología para disminuir ese costo y, eventualmente, generar una asignación óptima.

Figura 5.

Acuífero con sobreexplotación extrema en condiciones de incertidumbre: Curva de costo marginal de control del daño muy inclinada y curva de costo marginal del daño evitado muy plana.



Como resulta evidente, el análisis de la elección del mejor instrumento de asignación se complicaría si tanto el costo de control del daño como el costo marginal del daño resultan desconocidos; así como si éstos se encuentran correlacionados positiva o negativamente, cuestión que no se abordará en el presente análisis.

6. Conclusiones

En México existe una crisis por la sobreexplotación de los acuíferos causada por dos fallas de políticas públicas: 1) la inexistencia de un mecanismo de asignación del agua subterránea vía precios, ya sean directos, con medición volumétrica o indirectos, vía tarifas eléctricas para bombeo agrícola, 2) así como la debilidad en hacer cumplir el régimen de concesiones, asignaciones y permisos establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

Esta crisis podría controlarse administrando la demanda de agua; sin embargo, la autoridad del agua ha utilizado históricamente la administración de la oferta a través de una mayor construcción de infraestructura y del aumento en el gasto, sin resolver los problemas de derechos de propiedad y sin hacer uso de las facultades completas que le brinda la ley. Por ejemplo, ésta ha hecho un mayor uso del régimen de control de las concesiones y de las zonas de veda y reglamentadas, sin obtener los resultados esperados, ya que recientemente se han detectado altos niveles de abatimiento y de deterioro de la calidad del agua en las zonas con mayor antigüedad de prohibición de extracción de aguas nacionales.

No se ha generado una transición hacia mecanismos de asignación vía precios, puesto que los altos costos de implementación y de transacción de los mecanismos de precios directos limitan su uso en México, aunado a que un gran porcentaje de agricultores no disponen de mecanismos de medición del agua que consumen.

El incentivo al ahorro y al uso eficiente del agua que pudiera tener el uso de precios indirectos, como la tarifa eléctrica para bombeo agrícola, es limitado ya que las tarifas se encuentran fuertemente subsidiadas. Por su parte, los mercados de derechos de agua aún no se desarrollan plenamente porque requieren el establecimiento adecuado de los derechos de propiedad, garantía de cumplimiento y sanción de los contratos y de bajos costos de transacción para realizar los intercambios.

Por otra parte, los agricultores mexicanos ejercen enormes presiones para mantener el *status quo* de un sistema ineficiente mixto, que combina un mecanismo de precios y tarifas, con subsidios altamente distorsionantes para el consumo de agua, con un mecanismo de asignación vía cantidades, debido a que el uso de estos mecanismos les trae grandes beneficios y cualquier reforma representaría fuertes pérdidas para ellos. Además, estos beneficios se encuentran concentrados en un grupo limitado, mientras que los costos están dispersos en la sociedad y a través del tiempo.

Finalmente, en un escenario de incertidumbre e información incompleta, la distribución de las ganancias y costos de usar un mecanismo de precios o de cantidades dependerá de la sensibilidad de los costos marginales del daño y de los costos de control del agua contaminada, debido a la sobreexplotación extrema a los diferentes niveles de extracción y/o contaminación. De esta manera, en un escenario de cambio climático con altos niveles de incertidumbre en los niveles y tendencias de la precipitación, sequía y temperatura, el costo de equivocarse en la elección del instrumento erróneo puede tener grandes repercusiones en el bienestar. Este riesgo refuerza la tendencia a no reformar la situación actual.

Sin embargo, aun con incertidumbre y altos costos políticos, la reducción o transformación en la forma de entregar el subsidio existente en las tarifas eléctricas puede traer grandes ganancias en eficiencia y en la sustentabilidad de los acuíferos del país, especialmente los más sobreexplotados. En este sentido, la recomendación de política de las agencias de desarrollo es desacoplar o desvincular el consumo de energía del subsidio otorgado vía precios de los insumos. Es decir, recomiendan medidas que tengan un efecto neutral en la asignación del recurso, tales como transferencias *lump-sum* a los agricultores al inicio del año para cubrir sus facturas estimadas de energía, de tal forma que reciban, por medio de sus tarifas eléctricas, las señales de escasez relativa y del mayor costo de extracción para bombear agua desde mayores profundidades, a la vez que mantienen el subsidio recibido pero desacoplado o desvinculado del consumo. Este tipo de medidas son Pareto-eficientes, ya que disminuyen la sobreextracción del agua en los acuíferos, mantienen el *status quo* de subsidios recibidos por los agricultores, la producción agrícola se vuelve sustentable y podría mantener el equilibrio político maximizando su aceptabilidad entre los diferentes actores involucrados.

7. Referencias

- Aguilar, A. y Canizales R., (2008) “La demanda de transmisión de derechos de agua en México: un análisis descriptivo para el periodo 2001 – 2006”, *Gaceta de Administración del Agua*, Volumen II, Número 1.
- Bromley, D., (1991) *Environment and Economy: Property Rights and Public Policy*, Oxford: Blackwell.
- Canizales, R., (2009) “Transmisión de derechos inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua, 2008”, *Reporte Económico de Administración del Agua*, Primer Trimestre.
- CONAGUA, *Censos de Aprovechamientos de los acuíferos del programa piloto para apoyar la estabilización de acuíferos sobreexplotados en México*, Subdirección General de Administración del Agua.
- Dinar, A., (2000) *The political economy of water pricing reforms*, Oxford University Press.
- Easter, W., et al. (1998) *Markets for water: potential and performance*, Kluwer Academic Publishers.
- Instituto Nacional de Ecología, (2009) *Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, SEMARNAT.

- Kraemer, et. al., (2003) *Economic Instruments for Water Management: Experiences from Europe, and Implications for Latinamerican and Caribbean*, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Kemper, et. al., (2003) *Economic instruments for groundwater management*, World Bank Briefing Note.
- Ley de Aguas Nacionales, en el Diario Oficial de la Federación (1992).
- Ley de Energía para el Campo, en el Diario Oficial de la Federación (2003).
- Ley Federal de Derechos, en el Diario Oficial de la Federación (2009).
- Muñoz-Piña, C., et al., (2007) “Análisis del subsidio a la tarifa 09” *Sustentabilidad y desarrollo ambiental*, UNAM y Porrúa.
- Phillipe-Barde, J. y Outi, H., (2003) *Environmentally Harmfull Subsidies*, OCDE.
- Phelps, E., (1985) “Economía Política: Un texto introductorio”, Antoni Bosch Editor, 1985.
- Pizer, W. A., (2002) “Combining price and quantity controls to mitigate global climate change,” *Journal of Public Economics*, Vol. 85, Issue 3.
- Roemer, A., (2007) *Economía y Derecho: Políticas Públicas del Agua*, Editorial Porrúa.
- Saleth, M. y Ariel D., (2004) *The Institutional Economics of Water*, World Bank and Edward Elgar Publishing.
- Scott, C., et al. (2000), *Energy pricing and supply of groundwater demand management*, International Water Management Institute.
- Shah, Tushaar, *Governing the groundwater economy: Comparative Analysis of National Institutions and Policies in South Asia, China and Mexico*, en *Governance of Water*, Edited by Vishwa Ballabh, SAGE Publications India, pp.237 – 266.
- Stiglitz, J. (2000), *La Economía del Sector Público*, Antoni Bosch Editor, Tercera Edición.
- Tietenberg, T., (2006) *Environmental and Natural Resource Economics*, Seventh Edition.
- Tsur, et. al., (2004) “Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries”, *Resources for the Future*, Washington.
- Tuinhof, et. al., (2002) *Groundwater Management Strategies*, Briefing Note 3, World Bank.
- Weitzman, M., (1974), ”Prices vs Quantities”, *Review of Economic Studies*, Vol. 41, No. 4.

Zilberman, D., y Schoengold, K. (2007) "The Economics of Water, Irrigation and Development", *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 3, Edited by Robert Evenson y Prabhu Pingali,.

<http://www.cfe.gob.mx>

<http://www.oecd.org>

<http://www.conagua.gob.mx>

<http://www.iwmi.org>

www.worldbank.org

8. Anexos

Cuadro A1. Instrumentos de la política hídrica nacional de los que puede hacer uso la CONAGUA según la Ley de Aguas Nacionales:

- a) *Instrumentos regulatorios*: Los más importantes son los títulos de concesión y sólo pueden otorgarse en caso de que exista disponibilidad del recurso y el acuífero no se encuentre en zona de veda. También entran en esta categoría los permisos, las asignaciones y las prórrogas.
- b) *Instrumentos económicos*: Son aquellos que están contenidos en la Ley Federal de Derechos, la cual establece el pago por el uso de aguas nacionales, así como por el uso de cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.
- c) *Instrumentos de orden y control*: Los instrumentos básicos son las inspecciones, mediciones y las sanciones. La CONAGUA realiza visitas de inspección para monitorear y sancionar a los usuarios para verificar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la Ley de Aguas Nacionales.
- d) *Instrumentos participativos*: Los más importantes son los Consejos de Cuenca y las Asociaciones de Usuarios (*i.e.* COTAS). Los primeros se establecen para conciliar los intereses de los gobiernos federales, estatales o municipales con los usuarios y otros grupos interesados, en tanto que los segundos, se dan principalmente en los Distritos y las Unidades de Riego.

Figura A1: Estructura de las tarifas eléctricas para bombeo agrícola (2010).

