

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

El banco de agua: una propuesta para salvar el lago de Chapala¹

En este trabajo se presenta una propuesta de regulación en el mercado del agua de la cuenca Lerma-Chapala. El objetivo de la intervención en el mercado es asegurar un nivel mínimo de agua para el lago de Chapala; la regulación se hace a través de un banco de agua. Se propone comprar agua a los agricultores situados aguas arriba del lago y depositarla en el lago en momentos de escasez. Se analizan tres escenarios posibles de financiamiento para la compra-venta del agua.

Palabras clave: conservación de recursos hídricos, asignación de recursos, políticas agrícolas.

Water Bank: A Proposal to Save the Chapala Lake

This paper presents a proposal for regulation in the water market of the Lerma-Chapala river basin. Intervention is aimed at assuring a minimum level of water for the Chapala Lake; the regulation is formulated using a water bank. The proposal is based on the idea of buying water from upstream farmers to subsequently deposit it in the lake when shortage arises. Three possible financing scenarios are analyzed for the water purchase-sale scheme.

Keywords: hydraulic resources conservation, resources assignment, agrarian policies.

* Héctor Bravo es doctor en Economía y profesor titular del Centro de Investigación y Docencia Económicas, Carretera México Toluca 3655 (km 16.5), Lomas de Santa Fe, Delegación Álvaro Obregón, 01210, México, D.F., Tel. 5727-9800, ext. 2333, correo electrónico: hector.bravo@cide.edu. Juan Carlos Castro Ramírez es maestro en Economía y trabaja en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. Tel. 01-777-329-3675, correo electrónico: jccastro@tlaloc.imta.mx. Miguel Ángel Gutiérrez Andrade es doctor en Matemáticas y se desempeña como profesor en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, dirección particular: Zamora 135, Col. Condesa, México, D.F., correo electrónico: gamma@xanum.uam.mx.

¹ Artículo recibido el 26 de junio de 2004 y aceptado el 11 de enero de 2005.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional del Agua (CNA) es una instancia gubernamental que se encarga de la administración de los cuerpos de agua nacionales. La misión que tiene encomendada es: “Administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad para lograr el uso sustentable del recurso” (CNA, 2004). En la búsqueda de cumplir con su misión, la CNA ha generado sistemas e instituciones *ad hoc*.

Para que los agentes económicos hagan un uso ordenado del recurso, la CNA concesiona a particulares, por un número limitado de años, el uso o aprovechamiento de las aguas nacionales. La demanda de agua y, por ende, de concesiones ha aumentado proporcionalmente al crecimiento de la economía del país; la oferta, sin embargo, permanece fija, en el mejor de los casos. En las cuencas en donde ya no es posible incrementar la oferta de concesiones, los usuarios que demandan una concesión por primera vez deben adquirirla de otro usuario que ya posea una; el precio del agua, que podría ser una variable de ajuste del equilibrio, no ha sido utilizado para este fin.

En el caso particular de la cuenca Lerma-Chapala, prácticamente la totalidad de las aguas superficiales se dedican al uso agrícola; al lago de Chapala sólo se destina agua excepcionalmente cuando hay excedentes. Por otro lado, la ocurrencia de lluvias en la cuenca es una variable estocástica con ciclos muy pronunciados. El aumento de la demanda de agua en la cuenca, coincidiendo con la parte baja del ciclo hidrológico, ha ocasionado peligrosas disminuciones en el nivel del lago de Chapala. El gobierno mexicano ha considerado necesario regular el mercado de agua en la cuenca Lerma-Chapala para asegurar la existencia del lago. En este trabajo se presenta una propuesta de regulación.

La pregunta que motiva la realización de este trabajo es: ¿es viable económicamente un mecanismo de banco de agua para asegurar la sustentabilidad del lago de Chapala?

Para responder adecuadamente esta pregunta, se ha dividido el presente trabajo en cinco secciones: en la primera sección se describen las experiencias previas en la aplicación de este tipo de regulaciones y se revisa la literatura relevante sobre

el tema; en la segunda, se describe el entorno institucional actual en el que se gestiona el agua en México y que ha ocasionado la casi extinción del lago de Chapala; en la tercera, se describe la propuesta de intervención en el mercado de agua de la cuenca, y también se presenta el algoritmo de fijación de precios que se ha diseñado a fin de simular los distintos escenarios de solución que se plantean en el trabajo; en la sección final, se informan los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se llega.

REVISIÓN DE LAS EXPERIENCIAS PREVIAS

La intervención en el mercado de agua a través de un banco de agua para prevenir los efectos nocivos de la sequía se ha intentado con éxito en California y con pobres resultados en Texas. En España se han sentado las bases para el funcionamiento de un banco de agua, pero aún no hay suficientes pruebas empíricas para saber si ha sido un experimento exitoso o no.

La experiencia de California fue fundamental en la elaboración de este trabajo; por tanto, es importante conocerla con cierta profundidad.

California es un estado de contrastes geográficos y climáticos. Durante la estación seca, en el norte de California ocurren entre cinco y siete tormentas de invierno; una ligera escasez de tormentas causa un año seco y un par de tormentas de más produce un año húmedo (Bowling y Jercich, 1996, 3). Aproximadamente 75% de los escurrimientos naturales ocurren en la parte norte del estado, mientras que 75% de la demanda neta de agua se localiza en la parte semiárida central y sur del estado (Water Bank, 1996, 8).

En el último siglo, California ha experimentado dos periodos de sequía que han excedido cuatro años de duración, el último de los cuales fue de seis años, de 1987 a 1992 (Roos, 1992, 15). Después del cuarto año de la sequía de 1987-1992, el gobernador de California emitió una orden ejecutiva para formar un equipo de acción contra la sequía. Este equipo, constituido por funcionarios estatales y federales, elaboró un plan de acción en caso de que continuara la sequía. Una de las acciones propuestas fue la formación de un banco de agua de emergencia, manejado por el Departamento de Recursos Hidráulicos (DWR por sus siglas en inglés).

El propósito del banco era ayudar a satisfacer la demanda de agua urbana de California, la agrícola y los intereses medioambientales. En 1991, el DWR puso en marcha el primer banco (Department, 1991, 12), comprando agua de vendedores voluntarios y transfiriéndola a aquellos con necesidades críticas mediante los instrumentos de política contenidos en el Proyecto Estatal de Agua (SWP por sus siglas en inglés). El DWR repitió el exitoso programa del banco de agua en los años de sequías de 1992 y 1994.

Los vendedores, en este caso los granjeros y los distritos de riego, proporcionan el agua disponible para estos bancos al disminuir las cosechas, dejan el superávit de agua almacenado en reservorios y sustituyen el agua superficial por agua subterránea.

El DWR comenzó a planear el banco de agua para la sequía de California de 1995 durante el año de sequía crítico de 1994. Este programa ayudó a las agencias de agua a cumplir con sus necesidades críticas de oferta, previendo que 1995 fuera un año con poca agua. Las necesidades críticas incluyen agua para uso doméstico e industrial, propósitos de salud y de seguridad, cuidados de árboles, viñedos y otras cosechas de alto valor y para asegurar la vida de peces y fauna salvaje.

El DWR decidió que inicialmente el banco de agua no entrara en acción. Después de que los tres primeros contratos firmados entre el DWR y los compradores fueran aprobados por el Departamento de Servicios Generales de California, el DWR compraría opciones de oferta de agua de los vendedores y activaría el banco de agua si el año de 1995 resultara un año críticamente seco. Una vez activado el banco, el DWR podría ejercer las opciones y también hacer compras directas para cumplir con las necesidades críticas de los miembros del banco de agua.

Existen bancos de agua en casi todos los estados del oeste de Estados Unidos, pero mientras que su número se ha incrementado significativamente en los últimos 10 años, su actividad, medida como el número de transacciones y volúmenes intercambiados, no ha corrido con la misma suerte.

Así, la mayoría de los 23 bancos de agua se establecieron después de 1990. Éstos incluyen adquisiciones temporales o permanentes de agua superficial y subterránea, así como programas de almacenamiento de reservas de agua. Sólo en tres estados (California, Arizona e Idaho), los programas de sus bancos de agua se han distinguido por tener un alto nivel de actividad en cuanto a volúmenes de agua y número de transacciones.

En el caso del banco de agua de Texas la situación es muy diferente. En 1993, inició sus operaciones con el propósito de reasignar la oferta de agua, facilitando para ello las transferencias de los derechos de agua entre compradores y vendedores voluntarios dentro del estado de Texas. El banco no almacena físicamente derechos de agua, sino que funciona como una oficina de contacto entre compradores y vendedores a través de un “bulletin board”. Se permite que las transferencias sean temporales o permanentes y el agua intercambiada puede provenir de fuentes superficiales o subterráneas.

El banco de agua de Texas sólo ha logrado efectuar una transacción en más de 10 años de operación. Entre las explicaciones que suelen ofrecerse destaca lo novedoso de este programa. No obstante, resulta difícil aceptar que, a más de una década de haber entrado en operación, este nivel de actividades tan bajo se deba al desconocimiento de los usuarios del agua, sobre todo, si se considera que ocurren transacciones a gran escala directamente entre compradores y vendedores de manera directa, sin intervención alguna del banco.

Por consiguiente, parece más creíble la idea de que este programa, en particular, ha fracasado como un mecanismo de reasignación que los agentes han tomado por su cuenta, como es el caso de la mayoría de los mercados.

ACTORES Y ENTORNO INSTITUCIONAL

Una de las instancias más importantes para la gestión del agua son los Consejos de Cuenca (CC). La CNA los define de la siguiente manera (IAN, 2004, 22):

Los Consejos de Cuenca son instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal, municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica: Su objeto es formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca (Art. 13, Ley de Aguas Nacionales, IAN).

Para su funcionamiento, los Consejos de Cuenca pueden contar con organi-

zaciones auxiliares a nivel de subcuenca, microcuenca y/o acuífero, denominadas respectivamente: Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas).

El cc más antiguo, y probablemente el que mejor funciona en el país, es el instalado en la cuenca Lerma-Chapala. A pesar de que presupuestal y jurídicamente no se les concede a los cc gran capacidad de gestión, en esta cuenca el Consejo toma decisiones importantes en la asignación de agua superficial. Al igual que en el resto del país, en esta cuenca, el principal usuario de las aguas nacionales es el sector agrícola; por tanto, la discusión de cómo se asigna el agua entre los estados que forman la cuenca define, en gran medida, cuánta agua se asigna a la agricultura en cada ciclo en la cuenca.

Para hacer uso productivo del agua, los agricultores, como cualquier otro agente económico, deben cumplir con dos requisitos mínimos: tener una concesión por parte del gobierno y pagar un derecho por cada metro cúbico de agua extraído.

Las concesiones se otorgan de acuerdo con las reglas que fija la CNA. El otorgamiento de las concesiones está en función de la disponibilidad del recurso, y su administración depende de las regiones administrativas de la CNA. Aun cuando las regiones administrativas coinciden en términos generales con los límites geográficos de las cuencas, los cc no son las instancias administrativas encargadas de las concesiones.

En términos generales, para que la CNA otorgue una nueva concesión:

se deberá tomar en cuenta la disponibilidad del recurso, determinada conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, los derechos de explotación, uso o aprovechamiento de agua inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua, así como las vedas y reservas existentes y demás disposiciones administrativas y jurídicas aplicables (véase CNA, 2004).

Las nuevas concesiones sólo se podrán otorgar si los cuerpos de agua en cuestión no se encuentran en veda. Cuando algún nuevo usuario desee adquirir una

concesión en zonas de veda, deberá adquirir la concesión de usuarios previamente registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA). Cuando se trate de aguas bajo tratados internacionales, se deberá contar con la opinión de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (véase CNA, 2004).

Para el caso de uso no consuntivo (generación de energía hidroeléctrica y acuicultura), cuando el volumen sea extraído de la fuente, la concesión será otorgada por el volumen utilizado.

Para el caso de uso de acuicultura (uso no consuntivo) y que el agua no sea extraída de la fuente, la concesión será otorgada por la superficie utilizada del bien nacional (los terrenos ocupados por los vasos de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales, cuyas aguas sean de propiedad nacional, según el artículo 113 fracción II de la Ley de Aguas Nacionales). No se requerirá de concesión para este uso, cuando se trate de actividades en sistemas suspendidos en tanto no se desvíen los cauces, no se afecte la calidad del agua, la navegación y los derechos de terceros (artículo 82, último párrafo de la Ley de Aguas Nacionales).

No se requerirá concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para fines domésticos y de abrevadero, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal. Se presumirá que existe disminución cuando la extracción se efectúe mediante sistemas de bombeo, equipo o cualquier otro medio mecánico o eléctrico que haga presuponer un consumo mayor al que se requiere normalmente para uso doméstico.

Cuando el solicitante requiera más de un aprovechamiento en una misma cuenca de aguas superficiales, el volumen total de la concesión será la suma de los volúmenes señalados en cada uno de los anexos del título de concesión o asignación. Después de la emisión del Oficio de Resolución, se emitirá, en su caso, el Título de Concesión correspondiente, el cual será registrado de oficio por la Comisión Nacional del Agua ante el Registro Público de Derechos de Agua. Únicamente en el caso de uso agrícola, al presentarse la solicitud de concesión no se necesitará solicitar, al mismo tiempo, el permiso de descarga de aguas residuales, lo cual no los exime de la obligación de sujetarse a las Normas

Oficiales Mexicanas y a las condiciones particulares de descarga que en su caso se emitan, para la prevención y control de la contaminación extendida o dispersa que resulte del manejo y aplicación de sustancias que puedan contaminar la calidad de las aguas nacionales y los cuerpos receptores (artículo 30, párrafo segundo, y artículo 137 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales).

Quedan exceptuados de presentar la memoria e información técnica los solicitantes que vayan a utilizar el agua exclusivamente para uso doméstico en zonas rurales; para cualquier uso cuyo volumen anual, para un solo solicitante, no sea mayor de 150 metros cúbicos anuales, y para uso público urbano en localidades con menos de 500 habitantes (artículo 32, LAN).

Por otro lado, a pesar de que la política de precios de la CNA fue concebida en su origen para ser aplicada a todos los usuarios, con la idea de alcanzar un nivel de recaudación dada, posteriormente, por consideraciones de equidad a los agricultores, se les exentó del pago del derecho por uso o aprovechamiento de agua nacionales, con lo que se generaron grandes problemas de ineficiencia en la asignación del recurso, al ser el uso agrícola el mayor usuario de aguas nacionales.

En la manera de administrar las concesiones y de fijar los derechos de propiedad del agua es donde la CNA ha generado los problemas de asignación. Debe recordarse que la ocurrencia del agua es estocástica y, en la cuenca Lerma-Chapala, cuyos ciclos son muy pronunciados, dicha ocurrencia no es de ninguna manera constante en el tiempo, por tanto, la cantidad de agua que se asigna en cada ciclo es variable.

Cabe reconocer que las modificaciones de la LAN, aceptadas por el Congreso y que se aplican a partir del año 2004, dan mayor autoridad a los Consejos de Cuenca, así que los problemas de asignación deberían disminuir al permitirse que los consejos tengan la facultad de “proponer los términos para gestionar y concertar los recursos necesarios, incluyendo los de carácter financiero, para la consecución de los programas y acciones en materia hídrica a realizarse en el ámbito de competencia territorial del Organismo de Cuenca...”

Definir cuál es la cantidad de agua disponible para ser distribuida es un problema que no está contemplado en la forma de asignación actual de la legislación mexicana. Contrario a la disposición que contempla la variación de la oferta existente

en otras legislaciones hidráulicas, como las de Estados Unidos (K. Wright, 1990, 25), en la definición de los derechos de propiedad del agua en México, no se distingue cómo asignar el recurso en caso de escasez; la asignación se hace vía negociación entre usuarios.

La negociación, como se ha dicho, se hace en un foro específico: el Consejo de Cuenca. En este Consejo están representados los distintos estados que conforman la cuenca; el representante de cada estado puja por obtener la mayor cantidad de agua para los usuarios de su estado que, en esta cuenca, son los agricultores.

A pesar de que ha habido experiencias exitosas de autogestión de recursos hídricos (Tang, 1992, 44; S. Johnson III, 1997, 10; y E. Ostrom, 1992, 21, entre otros), no parece muy adecuado ensayar una solución de este tipo en el caso del agua en el lago de Chapala, debido a la inexistencia de un representante real de los intereses del lago.

Puesto que no existe un agente que represente los intereses del lago de Chapala, se ha acordado en el Consejo de Cuenca que el lago recibirá agua sólo cuando existan excedentes. Dada la situación geográfica de los usuarios en la cuenca, los agricultores de Guanajuato, que se encuentran aguas arriba, difícilmente podrán generar excedentes, sobre todo si se conserva, como hasta la fecha, un precio cero para el agua usada en la agricultura.

Por consiguiente, es muy importante, si se quiere salvar al lago de Chapala, diseñar una política de intervención que le asegure un nivel mínimo de agua.

PROPUESTA DE REGULACIÓN

Los bajos niveles de agua observados en años recientes en el lago de Chapala, con el consiguiente riesgo de deterioro ambiental, motivaron la intervención del estado, a fin de revertir este problema. Se han propuesto muy diversas formas de intervención. En este trabajo se describe una propuesta de intervención en el mercado del agua: el banco de agua.

La propuesta que se reporta en este trabajo se fundamenta en la experiencia del Banco de Agua de California. En la experiencia de California, la existencia de compradores y vendedores, la ciudad de Los Ángeles y los agricultores del valle Impe-

rial, respectivamente, garantizaba la posibilidad de intercambios de agua a precios positivos. Claramente existían dos usos rivales: agua potable y agua en la agricultura. En el caso de la cuenca Lerma-Chapala, el uso alternativo del agua destinada a la agricultura es el lago de Chapala, que no tiene valor económico determinado en algún mercado.

En el caso de la ciudad de Los Ángeles, los derechos de agua eran comprados a los agricultores, con el propósito de asegurar el abastecimiento de agua potable a esa ciudad. En el caso que nos ocupa, se trata de comprar agua o derechos temporales, no derechos de manera definitiva, a los agricultores de la cuenca Lerma-Chapala, para asegurar un mínimo de abastecimiento de agua para el lago de Chapala.

Si el agua de la cuenca se asignara mediante un mecanismo de mercado descentralizado de libre competencia, el resultado más probable sería la extinción del lago, ya que la asignación eficiente del recurso requiere igualar las tasas marginales de transformación entre los distintos bienes producidos a los precios relativos. Por otro lado, puesto que no hay un mercado para intercambiar el bien medioambiental que produce el lago, no existen incentivos para asignar, a través del mecanismo del mercado, agua al lago. Por tanto, la existencia de un banco de agua se justifica a partir del hecho de que el mercado del agua desregulado no puede resolver el problema de asignación de agua al lago de Chapala. Por otra parte, en la LAN (2004) se ha creado la figura legal del banco de agua, cuyas funciones tendrían que ser reguladas por sus respectivos reglamentos. Entendemos, por tanto, un banco de agua como una institución que interviene en un mercado de agua ya existente, comprando o vendiendo agua, a fin de asegurar un nivel de asignación mínimo de agua para el lago de Chapala.

Cada institución utilizada en la asignación de agua requiere, para su funcionamiento, distintos niveles de información, lo que implica la generación de distintos costos de transacción. Disminuir los costos de transacción, en general, y de administración, en particular, es una condición necesaria para alcanzar asignaciones de relativa eficiencia económica (D. North, 1990, 43).

Los costos de transacción disminuyen los incentivos al intercambio. En la experiencia de California, se logró disminuir a la mínima expresión los costos de administración, manteniendo un nivel mínimo de personal y, sobre todo, gracias al di-

seño temporal del banco, ya que éste sólo funcionaba cuando las condiciones de sequía así lo requerían.

El banco que se propone para la cuenca Lerma-Chapala tiene justificación como un instrumento de aseguramiento de agua para abastecer el lago de Chapala y debe dejar de funcionar cuando las condiciones hidrológicas lo justifiquen. De ninguna manera deberá tener una estructura burocrática fija que implique grandes costos.

En México, en general, y en la cuenca Lerma-Chapala, en particular, existen dos tipos de usuarios agrícolas: los agrupados en los distritos de riego y los agrupados en las unidades de riego. De los primeros existen estadísticas confiables, de los segundos, no. Las propuestas que se desarrollan en este trabajo se basan en las estadísticas disponibles, por lo que los valores de volúmenes intercambiados seguramente estarán subestimados.

Se analizan tres escenarios posibles en el financiamiento del banco. En los tres, la estructura burocrática propuesta es mínima y contingente a la pertinencia del banco. En los tres escenarios, se esperaría que el estado proveyera de recursos fiscales para iniciar el funcionamiento del banco, a fin de comprar el agua necesaria al inicio del periodo de secas. Posteriormente, se propone que sea el banco el que genere sus propios recursos, los cuales deberían ser suficientes para cubrir tanto los costos de operación como los gastos ocasionados por la compra de agua.

En el presente análisis, una parte importante es determinar el precio del agua que se alcanzaría en el mercado. Para este fin, se desarrolló un algoritmo que calcula el volumen de agua liberada por los agricultores y el precio al cual se les debe comprar el agua para lograr este objetivo.

MECANISMOS DE FIJACIÓN DE PRECIOS

Puesto que se trata de establecer un mecanismo de intervención en el mercado en la cuenca Lerma-Chapala, la primera condición que se requiere es la de fijar un precio de compra de los derechos de agua por parte del banco a los agricultores de la cuenca, que es el uso rival más fuerte del lago de Chapala.

El precio al cual se propone comprar el agua a los agricultores depende de dos

factores: el beneficio medio esperado que se obtendría por utilizar el agua en la agricultura y la distancia de cada uno de los distritos de riego al lago, tal como se describe en el siguiente apartado.

Fijación del precio de acuerdo con los beneficios medios agrícolas

Una primera alternativa considera que el banco fija el precio de compra de los derechos del agua a los usuarios agrícolas de acuerdo con la siguiente relación:

$$\text{Precio de compra} = \varepsilon(d) \text{ Beneficio medio esperado} \quad (1)$$

donde: $\varepsilon(d)$ representa un *mark-up* como función inversa de la distancia de la ribera del lago.

Además, se consideró un sobreprecio o margen de ganancia de 10 por ciento:

$$\varepsilon_i(d) = 1 + 0.1(1 - d_i/d_{\max}) \quad (2)$$

donde: d_{\max} = distancia al lago del distrito de riego más alejado

d_i = distancia al lago del i -ésimo distrito de riego.

Para establecer el precio de compra del derecho de agua, primero se calculan los beneficios totales según la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio total} = \text{Ingreso total} - \text{Costo total} \quad (3)$$

Donde:

$$\text{Ingreso total [\$]} = \text{Superficie cosechada [ha]} \times \text{Rendimiento [ton/ha]} \times \text{Precio [$/ton]}$$

$$\text{Costo total [\$]} = \text{Superficie cosechada [ha]} \times \text{Costos de producción [$/ha]}$$

Posteriormente, se calcula el beneficio medio:

$$\text{Beneficio medio } [\$/\text{m}^3] = \text{Beneficio total } (\$) / \text{Agua regada } (\text{m}^3) \quad (4)$$

El cual se pondera por la distancia de acuerdo con (2) y queda expresado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio medio ponderado} \times \text{distancia } [\$/\text{m}^3] = \\ \text{Beneficio medio } (\$/\text{m}^3) \times \varepsilon_i(d) \end{aligned} \quad (5)$$

Es importante señalar que todas estas variables se calculan por ciclo agrícola en cada distrito de riego y para cada tipo de cultivo, por lo que se requiere disponer, además, de los siguientes datos: tipo de cultivo, superficie sembrada y lámina de riego bruta.

El agua que se libera del uso agrícola y que se destina al lago de Chapala se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Agua liberada } [\text{Mm}^3] = (100 \times \text{Superficie sembrada } [\text{ha}] \times \\ \text{Lámina de riego bruta } [\text{cm}]) / (10^6) \end{aligned} \quad (6)$$

Es importante señalar que no existe ninguna obligación de vender por parte de los agricultores, sino que el banco fija el precio con la regla anterior y cada usuario decide qué cantidad vender en función de su tecnología y del tipo de cultivo. En principio, el contrato puede renovarse cada ciclo agrícola. El costo total de la compra se calcula según la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{Costo de la compra } [\$] = \text{Agua liberada } [\text{Mm}^3] \times \\ \text{Beneficio medio ponderado por distancia } [\$/\text{m}^3] \end{aligned} \quad (7)$$

FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE AGUA

La idea central es la siguiente: el banco funciona como un ente regulador que compra agua en momentos de abundancia y la vende en épocas de escasez, con lo cual intenta financiar los gastos ocasionados por su funcionamiento y asegurar, al mismo tiempo, un nivel mínimo de agua para el lago de Chapala. La adquisición de volúmenes de agua se hará esperando que los oferentes reaccionen de acuerdo con la regla especificada en el cálculo de precios.

Inicialmente, los gastos derivados del funcionamiento del banco, tanto por el gasto de operación como por la compra inicial de agua, tendrían que ser financiados por el gobierno.

Manteniendo la premisa de buscar los costos de administración más bajos con el mínimo personal empleado, se calculó un presupuesto de operación anual de \$5.3 millones, considerando que hay un solo gerente y un ayudante, al estilo del Banco de California. Este importe tendría que ser cubierto por el gobierno en los primeros cinco años.

Existen oferentes netos de derechos de agua: agricultores que sufren pérdidas económicas, principalmente los que se dedican a la producción de maíz, trigo, etcétera.

Por otra parte, existen demandantes netos de agua que, independientemente del ciclo hidrológico, están dispuestos a adquirir derechos: agricultores, cuyo volumen demandado es superior al volumen concesionado por la CNA, ciudades cuyo crecimiento poblacional les exige volúmenes mayores a los concesionados.

Al finalizar el ciclo de abundancia y al comenzar la escasez, el banco vendería el agua acumulada durante el periodo húmedo. Esto permitiría imponerle al precio un margen de ganancia respecto de aquél al que originalmente se adquiriera el agua.

Los volúmenes de agua acumulados durante el periodo de compra servirían para asegurar la cantidad mínima para que el banco arrancara en el primer año del nuevo periodo de humedad, y el remanente se mandaría al lago. Durante este periodo, el banco suspendería sus funciones. Esto es, los fondos para comprar agua destinada al lago de Chapala provendrían de un sobreprecio impuesto al valor de los derechos de agua adquiridos en una primera etapa por el banco.

La posibilidad de que el banco financie sus actividades a través de este mecanismo puede resultar en un incentivo perverso para el intercambio, ya que, al encarecer el precio del agua, se inhiben los intercambios y se propician mercados informales.

El supuesto de que las ventas de agua por parte del banco se realicen únicamente durante los periodos de sequía permite justificar dicho sobreprecio, pero no es suficiente para eliminar el efecto negativo sobre las señales de precios que aparecerían junto con el banco. La eficiencia del mercado de agua disminuye.

Los bancos de agua que ya funcionan en el norte del país funcionan como foros de intercambio libres y autónomos, en donde los agentes se informan de los excesos de oferta y de demanda de agua que se ofrecen en los distintos módulos que constituyen un distrito de riego; el precio de intercambio del agua se fija entre los usuarios del distrito y el banco sólo sirve como un foro para proporcionar la información. No se incrementa el precio del agua intercambiada, ni existen gravámenes ni subsidio alguno.

ESCENARIO 1

El volumen total de agua que se propone comprar para el banco de agua es de 171.8 millones de metros cúbicos al año, que es la cantidad que se puede ahorrar si dejan de sembrarse los cultivos poco rentables y se tecnifican los cultivos de frutales muy rentables, siempre y cuando se utilicen sistemas de riego tecnificados, como los sistemas por aspersión para los granos y el sistema de riego por goteo para los frutales, con eficiencias de aplicación de 85 y 95%, respectivamente (véase el cuadro 1).

En este escenario, ningún agricultor sería expulsado de su actividad como resultado de la adquisición por parte del banco de estos $171.8 \times 10^6 \text{ Mm}^3$, pero se requeriría invertir en la tecnificación de los distritos de riego. Este gasto puede ser de origen privado, público o mixto.

Utilizando el algoritmo propuesto en la sección anterior de este mismo trabajo, se observa que este volumen sería susceptible de ser vendido por los agricultores al banco a un precio de $\$0.03 \times \text{m}^3$, por lo que en total se requerirían \$5.2 millones.

CUADRO 1. ESTIMACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE AGUA SUSCEPTIBLES DE VENDERSE EN EL BANCO DE AGUA DE LA REGIÓN LERMA-CHAPALA
ESCENARIO 1

<i>Distrito de riego</i>	<i>Superficie regada (has.)</i>	<i>Volumen neto total del distrito de riego (m³)</i>	<i>Volumen neto propuesto (m³)</i>	<i>% del volumen propuesto respecto al total neto del distrito de riego</i>	<i>Volumen aprovechado (m³)</i>	<i>Volumen y ahorro susceptible a venderse (m³)</i>
Alto río Lerma	150 673	745 695 204	675 644 351	91	575 663 629	99 980 723
Morelia	20 260	71 208 692	66 415 856	93	56 453 477	9 962 378
Ciénega	13 364	56 329 765	50 414 266	90	42 920 651	7 493 616
Edo. de Méx.	7 060	14 360 353	12 517 453	87	10 639 835	1 877 618
Tuxpan-Maravatio	7 641	36 959 533	33 894 800	92	30 469 780	3 425 020
Zamora	6 041	127 771 638	87 132 403	68	79 571 000	7 561 402
La Begoña	6 387	40 693 266	34 949 800	86	29 707 330	5 242 470
Rosario	50 153	265 275 076	243 568 599	92	207 299 082	36 269 517
Total	261 579	1 358 293 529	1 204 537 528	74	1 032 724 784	171 812 744

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Si se agrega esta cantidad al presupuesto anual de operación del banco, el cual es de \$5.3 millones, se necesitarían \$10.5 millones por año.

Esto se repetiría durante cinco años, lo que en promedio dura el ciclo hidrológico de abundancia. Por consiguiente, se necesitarían \$52.1 millones para financiar las actividades del banco de agua.

En el sexto año, el primer año de secas, cada metro cúbico se vendería en \$0.12 y se colocaría en el mercado de agua un total de 429.5×10^6 Mm³, a fin de recuperar los costos de operación del banco y el costo de compra de los derechos de agua adquiridos durante los primeros cinco años. De esta manera, durante el periodo de sequía, el lago de Chapala tendría asegurado un total de 429.5×10^6 Mm³ por distribuir en los años que dure dicho periodo.

ESCENARIO 2

Éste es el escenario opuesto al presentado anteriormente. El agua que se puede vender es el total del agua asignada al uso agrícola en los distritos de riego, es decir $1\,628 \times 10^6 \text{ Mm}^3$ (véase el cuadro 1). El precio al que se comprarían los derechos sería de $\$3.16 \times \text{Mm}^3$. Se necesitarían $\$5\,135$ millones anuales que, aunados al presupuesto anual de operación del banco, darían un total de $\$5\,141$ millones de pesos.

Al igual que en el caso anterior, el banco compraría durante cinco años, lo que se supone que dura el ciclo hidrológico de abundancia. Por lo que se necesitaría, en total, la cantidad de $\$25\,704$ millones para financiar las actividades del banco de agua durante los primeros cinco años.

En el sexto año, cada metro cúbico se vendería a $\$6.32$ y se colocaría en el mercado de agua un total de $4\,070 \times 10^6 \text{ Mm}^3$. De esta manera, durante el periodo de sequía, el lago de Chapala tendría asegurada dicha cantidad de agua, que se podría distribuir como conviniera en los años que durara la sequía. En este escenario, se aseguraría el límite mínimo de aportación al lago de Chapala para asegurar su sustentabilidad a costa de acabar con la agricultura de la cuenca.

ESCENARIO 3

En este escenario, se considera que los usuarios tienen concesiones que amparan volúmenes superiores o inferiores a los realmente demandados (utilizados) y que el banco puede adquirir los volúmenes que no estén concesionados o aquellos que, estando concesionados, no se utilicen (demanden) en la producción.

En el cuadro 2, puede observarse que en algunos distritos, como el alto río Lerma, el volumen bruto total (demandado) es superior al volumen total concesionado por $137.9 \times 10^6 \text{ Mm}^3$, mientras que, en el distrito de Zamora, el agua que no se utiliza del total del volumen concesionado asciende a $44.1 \times 10^6 \text{ Mm}^3$.

El volumen total susceptible de venta en toda la cuenca Lerma-Chapala es de $361.35 \times 10^6 \text{ Mm}^3$; el precio al que el banco debe comprar es de $\$0.15$ por m^3 , así que el costo total anual de compra de agua es de $\$54.2$ millones que, agregado al costo de operación del banco, da un total de $\$59.5$ millones por año.

CUADRO 2. VOLUMEN DE AGUA PARA RIEGO CONCESIONADA Y VOLUMEN REALMENTE EMPLEADO EN LOS DISTRITOS DE RIEGO QUE CONFORMAN LA REGIÓN LERMA-CHAPALA

<i>Distrito de riego</i>	<i>Superficie regada (has.)</i>	<i>Volumen bruto total del distrito de riego (m³)</i>	<i>Volumen neto total del distrito de riego (m³)</i>	<i>Volumen total concesionado (m³)</i>	<i>Diferencia entre volumen concesionado y empleado</i>
Alto Río Lerma	161 838	1 036 219 100	746 279 800	898 270 000	137 949 100
Morelia	20 893	111 753 900	70 988 300	99 080 000	12 673 900
Ciénega	15 536	93 119 700	58 489 600	122 880 000	29 760 300
Edo. de Méx.	7 386	23 275 600	14 360 000	6 658 000	16 617 600
Tuxpan-Maravatio	8 245	67 013 600	37 120 500	100 595 000	33 581 400
Zamora	10 455	185 195 300	127 879 500	217 930 000	32 734 700
La Begoña	7 736	68 476 200	41 630 900	112 610 000	44 133 800
Rosario	55 251	303 850 900	263 374 300	357 746 000	53 895 100
Total	287 339	1 888 904 300	1 360 121 900	1 915 769 000	361 345 900

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

El banco compraría el volumen mencionado en el párrafo anterior durante el periodo de abundancia, que se supone que dura cinco años, por lo que se necesitaría un total de \$297.32 millones para financiar las actividades del banco de agua durante el periodo inicial de cinco años.

En el sexto año, cada metro cúbico se vendería en \$0.33 y se colocaría en el mercado de agua un total de $903 \times 10^6 \text{ Mm}^3$. Así, durante el periodo de sequía, el lago de Chapala tendría asegurada dicha cantidad de agua, la cual se podría distribuir como conviniera en los años que durara la sequía, con lo cual se coadyuvaría a la supervivencia del lago sin asegurar su sustentabilidad.

CONCLUSIONES

Tomando como base el funcionamiento del Banco de Agua de California, se ha propuesto un mecanismo similar para evitar el continuo deterioro del lago de Chapala.

La aplicación de este mecanismo necesariamente disminuye la eficiencia de los mercados de agua, pero es una manera de asegurar un nivel mínimo del lago de Chapala con un mínimo de gasto público.

Se propusieron tres escenarios alternativos para la compra de agua; para cada uno de esos escenarios, se determinan las posibles comisiones que financiarían las operaciones del banco. Es conveniente reiterar que la estimación de estas operaciones es muy conservadora, ya que se refiere a la comercialización de volúmenes en distritos de riego; faltaría incluir las unidades de riego y otras posibles operaciones que realizarían otros usuarios potenciales importantes, como la comercialización de agua residual proveniente de centros de población a industrias o de estos usuarios a riego.

Se demostró que es factible la operación de un banco de agua en la cuenca Lerma-Chapala que sea financieramente autosuficiente y que coadyuve al aseguramiento de un volumen mínimo de agua para el lago de Chapala.

Se puede concluir que la operación del banco de agua no es una solución definitiva para el problema del abastecimiento de agua del lago de Chapala y sólo debe considerarse como una medida coadyuvante para asegurar un mínimo de agua del lago. Dotar al lago, a través de este mecanismo, de $1\ 628 \times 10^6$ Mm³ implicaría asegurar la existencia del lago, significaría una erogación anual de \$5 140 millones, además de dejar sin agua a la agricultura, escenario a todas luces imposible.

Los costos de proporcionar agua al lago, según esta metodología, aumentan más que proporcionalmente con el volumen de agua transferida de los agricultores al lago. Esto se debe al hecho de que el precio al que hay que pagar el agua implica igualar los beneficios medios esperados de los agricultores. Cuando se compran los primeros metros cúbicos, se debe pagar poco, porque se compran a los agricultores más ineficientes; cuando se compran los últimos metros cúbicos se compra caro, porque se compra a los más eficiente .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, T. y P. Hill (eds.) (1997), *Water Marketing-The Next Generation*, Londres, Rowman and Littlefield.

- Authority for Environmental Analysis of Water Transfers (1996), *Delta Water Transfer Handbook*, Sacramento, Calif.
- Bowling, C.V. y S.A. Jercich (1996), *California's Response to Drought*, Proc., ASCE North American Water and Environment Conf. 1996.
- Comisión Nacional del Agua (2004), <http://www.cna.gob.mx>.
- Clifford, P., C. Landry y A. Larsen-Hayden (2004), *Analysis of Water Banks in the Western States*, Publication No. 04-11-011, Washington Department of Ecology and West Water Research, julio.
- Department of Water Resources (1991), *The 1991 Drought Water Bank*, Sacramento, Calif.
- (1992), *The 1992 Drought Water Bank*, Sacramento, Calif.
- (1993), *Water Transfers in California: Translating Concept into Reality*, Sacramento, Calif.
- Johnson III, S. (1997), *Irrigation Management Transfer in Mexico: A Strategy to Achieve Irrigation District Sustainability*, Research Report No. 16, International Irrigation Management Institute.
- Krautkraemer, J. y W. Zach (1991), "Learning from California's Five-Year Drought", *EDF Setter*, junio, p. 4.
- Ley de Aguas Nacionales (1992).
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (2004).
- Myles, G. (1995), *Public Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- North, D. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (1990), *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1992), *Diseño de instituciones para sistemas de riego auto-gestionarios*, San Francisco, ICS Press.
- Roos, M. (1992), *The Hydrology of the 1987-1992 California Drought*, Sacramento, Calif., California Department of Water Resources.
- State of California (1991), *Report of the Governor's Drought Action Team*, 15 de febrero de 1991, de acuerdo con la Executive Order No. W-3-91, firmada el 1 de febrero de 1991, Sacramento, Calif.

State of California (1993), *Program Environmental Impact Report State Drought*.

Tang, Shui Yan (1992), *Institutions and Collective Action: Self-Governance in Irrigation*, San Francisco, ICS Press.

Water Bank (1996), Department of Water Resources, Sacramento, Calif., noviembre.

Water Education Foundation (1996), *Layperson's Guide to Water Marketing & Transfers*, Sacramento, Calif.

Wright, K. (1990), *Water Rights of the Fifty States and Territories*, American Water Works Association.

