

*IWMI, Serie Latinoamericana: No. 11*

**EL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO Y  
SUS IMPLICACIONES PARA LA AGRICULTURA  
DE RIEGO MEXICANA**

Gilbert Levine  
y  
Carlos Garcés-Restrepo



IIMI  
631.7.8  
6404  
LEV  
C2



INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

***EI DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO Y  
SUS IMPLICACIONES PARA LA AGRICULTURA  
DE RIEGO MEXICANA***

**IWMI, Serie Latinoamericana: No. 11**

***EI DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO Y  
SUS IMPLICACIONES PARA LA AGRICULTURA  
DE RIEGO MEXICANA***

**Gilbert Levine  
Y  
Carlos Garces-Restrepo**



**INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE**

**Los autores:** Gilbert Levine es Investigador del Instituto Internacional del Manejo del Agua y Profesor Emérito de Ingeniería Agrícola en la **Universidad de Cornell**, Ithaca. **N.Y.**, Estados Unidos de **América**. Carlos **Garcés-Restrepo** es **Experto** en Irrigación del Instituto Internacional del Manejo del Agua y Jefe del Programa **IWMI-México**.

Gran parte del material de **este** documento proviene de estudios efectuados por el **IWMI** y sus colaboradores en **los últimos cuatro años**. Sería difícil especificar los nombres de todos los que cooperaron en **estos** estudios, **pero** es importante **reconocer las** contribuciones de R. Ahlers, A. Cruz G., S. Johnson, W. Kloezen, **E.** Rymshaw y C. Scott, del **IWMI**. y D. Garcia y S. Campos del Instituto **Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias**, y E. Palacios del **Colegio de Postgraduados**. Este **informe** es **una versión más amplia** del trabajo presentado en el **Simposio Internacional sobre el Manejo Integrado del Agua en la Agricultura**, auspiciado por la **SAGAR** y el **INIFAP**. que se **realizó** en Torreón, **México**, en **junio de 1999**.

Levine, G. y C. **Garcés-Restrepo**. **1999**. El desempeño de los sistemas de riego y sus implicaciones para la **agricultura mexicana**. **IWMI**, Serie **Latinoamericanas** No. **11** **México**, D.F., **México**: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

**IWMI**, **1999**. Todos los derechos reservados.

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, uno de los **16 centros** apoyados por el **Grupo Consultivo** para la **Investigación Agrícola Internacional (CGIAR)**, fue creado por un Acta del Parlamento de **Sri Lanka**. El Acta **está** actualmente **siendo** revisada para que se lea Instituto Internacional del Manejo del Agua (**IWMI**, por su **sigla en inglés**).

**Los autores** asumen toda la responsabilidad por el contenido de esta publicación.

Traductores: Nora **Arrarás de Allende** y Carlos **Garcés-Restrepo**.

## PRESENTACIÓN DE LA SERIE

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés) fue establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka.

El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en Mayo de 1990 copatrocinó con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesión especial sobre el Manejo del Agua en Latinoamérica en el marco del Décimo cuarto Congreso Internacional de la Comisión.

Posteriormente, en Noviembre de 1991, el Instituto organizó en compañía del Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas de la Argentina, un Seminario Internacional sobre Sistemas de Riego Manejados por sus Usuarios.

Los 2 eventos anteriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue así como en el año 94 abrió sus Programas de México, seguido en el 95 por el Programa Regional Andino con sede en Cali, Colombia. Este último culminó en Septiembre del 97.

El programa del IWMI en México continúa ininterrumpido hasta la fecha y es así como éste da origen a la idea de ésta "IWMI, Serie Latinoamericana" que aquí se presenta.

El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer más ampliamente en la región, los resultados de los trabajos de investigación ejecutados por nuestros investigadores y/o sus colaboradores.

Aunque la idea inicial es dar cabida únicamente a aquellos trabajos directamente relacionados con el Instituto. no pensamos descartar, en manera alguna, la posibilidad de dar espacio a *otras contribuciones* consideradas pertinentes a las metas globales del Instituto.

Como puede esperarse, el futuro de la serie dependerá de la aceptación y retro-alimentación recibida de parte de la comunidad a la cual esta dirigida: forjadores de políticas relativas al recurso agua. investigadores afines a la problemática del recurso, organizaciones e individuos involucrados. en una u otra forma, en aspectos técnicos, institucionales, económicos y sociales del manejo del agua, particularmente a la región latina pero en general a nivel global.

Para sus comentarios. en español o inglés, puede comunicarse a cualquiera de las 2 direcciones que aparecen en el reverso de esta publicación.

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo  
Jefe del Programa IWMI-México

# ÍNDICE

	pág.
GLOSARIO .....	xi
PRÓLOGO .....	xiii
RESUMEN .....	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Una perspectiva evolutiva del desarrollo de la irrigación .....	1
1.1.1 Contexto histórico .....	1
1.1.2 Medioexterno .....	3
1.1.3 Medio interno .....	4
1.2 La situación actual .....	4
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LOS DISTRITOS .....</b>	<b>6</b>
2.1 El Distrito de Riego de la Comarca Lagunera, DR 017 .....	6
2.2 El Distrito de Riego Alto Río Lerma (ARLID), DR 011 .....	7
2.3 El Distrito de Riego Bajo Río Bravo, DR 025 .....	8
2.4 El Distrito de Riego Bajo Río San Juan, DR 026 .....	8
<b>3. DESEMPEÑO DE LOS DISTRITOS .....</b>	<b>10</b>
3.1 La disponibilidad relativa del agua (DRA): agua de superficie ...	10
3.2 La disponibilidad relativa del agua (DRA): agua subterránea ...	12
3.3 El manejo conjunto del agua de superficie y el agua subterránea .	13
3.4 El mantenimiento .....	17
3.5 Los valores de la producción .....	18
3.5.1 Valor bruto estandarizado de la producción (VBEP) .....	18
3.5.2 Valor neto estandarizado de la producción (VNEP) .....	19
3.6 El rendimiento de la inversión en riego .....	21
<b>4. SUSTENTABILIDAD DE LAS ASOCIACIONES DE USUARIOS DEL AGUA .....</b>	<b>22</b>
4.1 Responsabilidad .....	22
4.2 Flexibilidad y adaptabilidad .....	22
4.3 Transparencia .....	23
4.4 Equidad y democracia .....	23
4.5 Capacidad de operación .....	24

	pág
<b>5. COMERCIALIZACIÓN DEL AGUA</b> .....	25
5.1       Modalidades de la comercialización del agua .....	25
5.2       Fijación de los precios del agua .....	26
<b>6. IMPLICACIONES PARA EL FUTURO</b> .....	29
6.1       La naturaleza de los sistemas de riego .....	29
6.2       La sustentabilidad de las asociaciones de usuarios del agua .....	29
6.2.1   La sustentabilidad financiera .....	29
6.2.2   La sustentabilidad institucional .....	30
<b>7. OPORTUNIDADES DE PROGRESO</b> .....	32
7.1       El mejoramiento de la operación de los sistemas .....	32
7.2       El mejoramiento institucional .....	32
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	34
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	35



## LISTA DE CUADROS

	<b>pág</b>
Cuadro 1. Características de los Distritos de Riego . . . . .	9
Cuadro 2. Volumen medio de agua entregada/ha a nivel de la Unidad en la Comarca Lagunera (DR017) . . . . .	11
Cuadro 3. Disponibilidad relativa del agua (agua superficial) y respuesta a la sequía . . . . .	11
Cuadro 4. Escenarios simulados en condiciones hidrológicas históricas . . . .	14
Cuadro 5. Valor bruto estandarizado de la producción . . . . .	19
Cuadro 6a. Promedios en dos años anteriores a la sequía de indicadores del desempeño basados en el valor <b>neto</b> de la producción . . . . .	20
Cuadro 6b. Promedios en dos años de sequía de indicadores del desempeño basados en <b>el</b> valor neto de la producción . . . . .	20
Cuadro 7. Tasa interna estimada de rendimiento de la inversión en infraestructura de riego . . . . .	21
Cuadro 8. Variedad en las transacciones en los cuatro distritos de riego . . . .	26
Cuadro 9. Rango de los precios de los derechos de agua en el año agrícola 1995- 1996 (dólares de 1994) . . . . .	28

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág</b>
Figura 1. Localización de los sitios estudiados . . . . .	6
Figura 2. Valores planeados, reportados y reales de la DRA; Distrito de Riego <b>Alto Rio Lerma</b> , ciclos de invierno, 1983-1996 . . . . .	10
Figura 3. Niveles estático y dinámico del agua del acuífero principal, Comarca Lagunera . . . . .	13
Figura 4. Respuesta simulada del nivel estático del agua subterránea a diferentes escenarios de cultivo . . . . .	15
Figura 5. Respuesta simulada del nivel estático del agua subterránea a diferentes escenarios de manejo del agua . . . . .	16
Figura 6. Cambios en el mantenimiento en <b>el</b> Distrito de Riego <b>Alto Rio Lerma</b> . . . . .	18

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AUA	Asociación de Usuarios del Agua
CNA:	Comisión Nacional del Agua
D R	Distrito de Riego
DRA:	Disponibilidad Relativa del Agua
<b>INIFAP:</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias
PROCAMPO	Programa de Ayuda al Campo
<b>SRL:</b>	Sociedad de Responsabilidad Limitada
<b>TIR:</b>	Tasa Interna de Rendimiento
<b>VBEP:</b>	Valor Bruto Estandarizado de la Producción
<b>VNEP:</b>	Valor Neto Estandarizado de la Producción

## PRÓLOGO

En esta publicación los autores Levine y Garcés-Restrepo recogen los resultados de las investigaciones del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) en México durante el periodo 1994 a 1999. Por lo tanto y como ellos lo hacen notar, la información acá presentada es el esfuerzo de un grupo de investigadores del Instituto asignados a este país en periodos variables durante ese lapso de tiempo y apoyados por un número de colaboradores nacionales –tanto del Instituto como de otros organismos mexicanos.

El trabajo empieza con una perspectiva evolutiva del desarrollo de la irrigación y tratando de ubicar a la República Mexicana dentro de ese contexto. Luego aborda diferentes temas de investigación, entre otros: desempeño y evaluación de los distritos de riego; el proceso de la transferencia del manejo de los distritos de riego del sector oficial al privado y el impacto de este proceso; la sustentabilidad de las asociaciones de los usuarios del agua después de la "transferencia" ya mencionada; los emergentes mercados del agua; y el manejo conjunto de las aguas superficiales y subterráneas. Finalmente, los autores nos dan a conocer sus percepciones sobre todo lo que esto puede significar para el futuro y las oportunidades que existen para continuar en un camino ascendente de desarrollo.

Como conclusión primaria el trabajo nos hace saber que a pesar de los problemas que existen, hay buenas oportunidades de mejorar el desempeño de los sistemas y el sub-sector de la agricultura bajo riego. Pero, que todo cambio en la utilización del agua debe ser evaluado en el contexto de las cuencas hidrográficas, ya que siendo el riego el principal usuario consuntivo del agua toda intervención podrá tener repercusiones considerables sobre los usuarios de los otros sub-sectores del agua.

Christopher A. Scott  
**Investigador**  
**IWMI-México**

## RESUMEN

Los sistemas de riego en Mexico, vistos desde la perspectiva de su adaptación a las necesidades físicas, sociales y económicas del entorno en un panorama en evolución, están por lo menos parcialmente desfasados con respecto a esas necesidades. Los estudios del IWMI en un período de cinco años revelan una serie de interrogantes acerca del desempeño del sector de la irrigación. Este informe presenta algunos resultados de esos estudios, identifica cuestiones importantes y sugiere oportunidades para introducir mejoras.

Muchos de los estudios del IWMI se centraron en el desempeño de los sistemas nacionales de riego transferidos a los usuarios en cuatro distritos de riego de la region central y norte de México. Las investigaciones revelan poca o ninguna mejora en el desempeño medible como consecuencia de la transferencia. Sin embargo, el período del estudio coincidió con una severa sequia, la cual confunde la evaluación de los efectos de la transferencia misma. La sequia puso en evidencia cinco criterios básicamente diferentes de manejo de los sistemas, conforme a la dependencia de éstos de la precipitación pluvial. Los distritos que dependían de la precipitación durante el ciclo agrícola para satisfacer una parte considerable de la demanda de agua de los cultivos tendían a mantener la misma superficie regada durante la sequia y reducían el número de riegos para compensar la falta de disponibilidad del agua. Aquellos distritos que normalmente no dependían de la precipitación durante el ciclo de cultivo tendían a reducir la superficie regada y a mantener la disponibilidad relativa del agua.

Los estudios indicaron que las utilidades brutas de la tierra dieron como resultado tasas internas de rendimiento relativamente altas, que variaron entre 17 y 23 %, lo cual indica que la inversión pública en esos sistemas estaba económicamente justificada. No obstante, las utilidades netas para los usuarios del agua fueron entre bajas y negativas con los cultivos de cereales básicos y positivas con los cultivos forrajeros, en especial cuando la explotación agrícola estaba integrada en forma vertical con la producción lechera. Las utilidades más altas se asociaron con el algodón, pero hubo datos limitados sobre las utilidades netas del agua. El subsidio gubernamental, PROCAMPO, proporcionó una pequeña cantidad de utilidades para los productores de maíz y sorgo.

Los agricultores que usaban agua subterránea tendían a producir cultivos de más alto valor, si bien su eficiencia en la utilización del agua no fue más alta que la de aquellos que empleaban agua superficial. La extracción de agua subterránea en general excedió la

concesión autorizada durante el período de sequía. con el consiguiente abatimiento de los niveles dinámicos del agua. Sin embargo, en ciertos casos los niveles estáticos del agua no parecieron ser seriamente afectados, lo cual sugiere que un manejo más activo del reservorio de agua subterránea puede ser útil en el manejo de la sequía. Los problemas del acceso a los créditos, los precios más altos de la energía y otras dificultades de la producción provocaron un menor uso del agua subterránea por el sector ejidal.

Los estudios del uso del agua señalaron la posibilidad de un manejo conjunto del agua superficial y el agua subterránea. Se investigó esto usando simulaciones en computadoras de la cuenca media del Río Lerma y se verificaron los resultados mediante mediciones sobre el terreno. Las simulaciones indicaron que los cambios en los patrones de cultivo no impedirían el continuo y relativamente rápido abatimiento de los niveles estáticos del agua en los acuíferos. Los cambios en el manejo del agua, específicamente las asignaciones de agua al riego, influyeron en forma considerable en la tasa de abatimiento y las asignaciones mayores al riego dieron como resultado tasas reducidas de abatimiento en la capa freática. Este resultado aparentemente anómalo se produce a causa de la conexión hidráulica entre el sistema de agua superficial y los acuíferos.

Una parte importante de los gastos de las asociaciones de usuarios del agua corresponde al mantenimiento. Estos gastos se han incrementado en forma sustancial desde la transferencia de las responsabilidades de operación y mantenimiento a los usuarios. No obstante, este aumento de la inversión en mantenimiento no se refleja en una mayor productividad. Los ensayos efectuados con un modelo con ayuda de computadoras (Marlin) permitieron establecer las prioridades del mantenimiento y el modelo está siendo adoptado por el Distrito de Riego Alto Río Lerma y los módulos que lo componen.

Las organizaciones de usuarios del agua parecen estar desarrollándose gracias a los beneficios que perciben los usuarios. No obstante, hay pruebas de una creciente politización a medida que las organizaciones se vuelven más importantes en las comunidades. Si bien los datos indican que las AUA están aumentando su sustentabilidad social, son vulnerables a los problemas financieros relacionados con las políticas para establecer tarifas del agua y los problemas económicos más amplios que afectan al sector agrícola, en particular a los ejidos. Estos problemas más amplios incluyen la creciente marginación del sector ejidal en los sistemas de riego y la participación cada vez mayor del sector privado.

Las condiciones de la sequía han intensificado las transacciones relacionadas con el agua en diversas formas. Hay pocas pruebas de que esas transacciones respondan a las fuerzas

del mercado o a reformas de las políticas; más bien, parecen reflejar las condiciones locales.

Las relativamente bajas utilidades netas de la agricultura de riego que hace hincapié en los cultivos de bajo valor, aunadas a los cambios en las normas concernientes a los derechos de propiedad, la creciente competencia por el agua y las utilidades netas relativamente bajas para los usuarios, indican que habrá una considerable evolución de estos distritos hacia una agricultura más comercial y una reducción de los ejidos.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Una perspectiva evolutiva del desarrollo de la irrigación

El desempeño de un sistema de riego, observado en un determinado momento, refleja no sólo las condiciones existentes en ese momento sino también las percepciones de los agricultores de lo que probablemente sucederá en un futuro relativamente cercano. Estas percepciones se basan en las experiencias anteriores de los agricultores y su conocimiento de los factores que afectan las operaciones agrícolas. En consecuencia, para comprender el desempeño del sistema y las implicaciones de ese desempeño es necesario situar al sistema en varios contextos, que incluyen el contexto histórico, el medio externo y el medio interno.

#### 1.1.1 *El contexto histórico*

Para determinar el contexto histórico es útil pensar en términos de la evolución de los objetivos del sistema y las estructuras físicas, organizacionales e institucionales que se establecen en respuesta a los cambios en su medio externo. En una forma quizás excesivamente simplificada,<sup>1</sup> se pueden visualizar los sistemas de riego como iniciándose con aquellos que están básicamente destinados a captar el agua y suministrarla al área general de uso. En este etapa de la evolución, los recursos más escasos son los conocimientos: acerca de la hidrología, los suelos, la respuesta de los cultivos al riego, etc. El agua es relativamente abundante y la tierra comparativamente barata. El sistema resultante es básicamente **hidráulico**.

La infraestructura física por lo general se limita a tomas de entrada, a menudo sencillamente de piedra, y/o presas o estructuras de derivación y canales de conducción. Las organizaciones pueden estar relacionadas con entidades existentes en la comunidad, por ejemplo el gobierno del pueblo, o ser desarrolladas para el propósito específico del riego. A menudo se concentran en las necesidades de mantenimiento, más que en la operación. Ésta habitualmente tiene un carácter adminisuativo, es decir, se basa en la aplicación de normas preestablecidas para la asignación, en lugar de responder a las necesidades determinadas en el campo. Las normas comúnmente son sencillas y se asigna el agua de manera proporcional a la superficie o a la contribución del usuario a la construcción y el mantenimiento del sistema.

Con el tiempo, se adquieren información y experiencia respecto al medio físico, se intensifica la necesidad de incrementar la producción y se hacen ajustes para optimar el medio productivo: ya sea la tierra, en el caso de las regiones más húmedas, o el agua, en las zonas más áridas. El sistema evoluciona: se agregan consideraciones económicas a sus operaciones y las asignaciones del agua con frecuencia reflejan las diversas necesidades de los cultivos y los suelos. El sistema es ahora un sistema **hidráulico-agrícola**.

---

<sup>1</sup> Véase en Levine, G., 1982, una exposición más completa de este concepto

La infraestructura física por lo común incluye canales de distribución que se extienden mas en la superficie regada y puede incluir también dispositivos para la medición del caudal. Desde el punto de vista de la organización, los sistemas implican un mayor grado de manejo. La operación, si bien generalmente sigue normas preestablecidas para la asignación, puede ser modificada conforme a la información acerca de circunstancias en el campo. Las normas de asignación en sí a menudo reflejan la situación de los cultivos y del suelo. Por consiguiente, la cantidad especificada de agua y/o el número de riegos asociados con cada “derecho” de agua puede variar según el cultivo y la textura del suelo.

A medida que crecen la producción y las presiones económicas, aumenta la necesidad de mejorar la eficiencia tanto de la producción como de las operaciones del sistema. Para lograr esto, participan cada vez más los usuarios del agua. El sistema se convierte en un sistema hidráulico-agrícola-del usuario. En esta etapa de desarrollo hay una mayor preocupación por la práctica de riego en las parcelas y se hace más hincapié en la eficiencia en la aplicación y la utilización del agua. Desde el punto de vista de la organización, los usuarios desempeñan funciones importantes en la toma de decisiones acerca de las normas para la asignación del agua, las actividades de mantenimiento y el financiamiento. En muchos casos, los usuarios tienen responsabilidades funcionales vinculadas con la mayoría de los aspectos del manejo del sistema; en ciertos casos son propietarios del sistema. Las normas para la asignación del agua a menudo reflejan consideraciones más complejas acerca de la equidad y se hace hincapié en compartir la “productividad del agua” y no sólo compartir el recurso mismo. Por lo tanto, puede haber asignaciones diferenciales que dependen del valor del cultivo. En general, hay un mayor acento en el manejo del agua y la información acerca de las necesidades agrícolas se considera en el “tiempo real”, es decir, en forma tal que influye en las decisiones que se toman cada semana o con intervalos más breves.

A medida que aumenta la competencia por el agua, el sistema evoluciona hacia una modalidad defensiva. Esto implica esfuerzos por proteger los derechos de agua y, en un sentido más amplio, la economía agrícola, la cual con frecuencia se encuentra en desventaja en comparación con los sectores urbanos/industriales. A menudo hay una “contracción” de los sistemas ya que se dedican tierras a propósitos distintos de la agricultura. En esta etapa, en general se cuenta con la infraestructura física para atender la superficie restante, si bien pueden realizarse esfuerzos por reducir los costos de operación y mantenimiento mediante mejoras tales como el revestimiento de los canales. Desde el punto de vista de la organización, los sistemas tienden a volverse más burocráticos y administrativos, en lugar de poner énfasis en el manejo. Los ingresos agrícolas suelen ser una parte relativamente pequeña de los ingresos de la familia de agricultores y los usuarios del agua están menos interesados en participar en el manejo del sistema. En ciertas situaciones, los usuarios del agua ya no contribuyen financieramente para cubrir los costos de operación y mantenimiento del sistema. Los profesionales que operan el sistema están cada vez más preocupados por sus propios objetivos, más que por los de los usuarios del agua. Las normas para la asignación del agua, que en general tienen una sólida base histórica, están sujetas a crecientes presiones de los competidores municipales e industriales. En los casos en que los derechos de agua están codificados en leyes, los sistemas son compensados por el agua tomada, si bien no



necesariamente en un grado considerado justo por los propietarios originales. En los casos en que los derechos de agua no están establecidos como derechos legales permanentes, se puede o no conceder una compensación.

Lo anterior no implica que todos los sistemas sigan esta evolución lineal o pasen por todas las etapas. Sin embargo, la experiencia indica que cuando las estructuras físicas, organizacionales e institucionales del sistema no tienen una congruencia razonable con las necesidades del momento, se producen serios problemas.

Desde una perspectiva histórica, Mexico debería ocupar un lugar avanzado en la escala evolutiva. Ha progresado considerablemente más allá de la etapa en la cual la captación del agua es una preocupación básica. Conoce y tiene una experiencia sustancial con la irrigación tanto tradicional como moderna. Si bien hay necesidad de más y mejor información acerca de la hidrología sobre y bajo la superficie, los datos actualmente disponibles proporcionan una base sólida para el diseño y la operación. Mexico también se ve sometido a grandes presiones para aumentar la eficiencia en la utilización de sus recursos hídricos; las necesidades urbanas e industriales crecen con rapidez y la competencia por el agua se ha exacerbado en los últimos años a causa de una prolongada sequía (Levine 1982).

### 1.1.2 El medio externo

El entorno físico dentro del cual funciona el sector de la irrigación en Mexico es en general árido o semiárido; la precipitación media en el 42% del país es inferior a 500 mm, con una demanda evaporativa de 1400 mm. Para la irrigación se usan el agua superficial y el agua subterránea (Garcés-Restrepo *et al.* 1997).

En muchos de los acuíferos del país el bombeo de agua se efectúa con tasas que superan la recarga natural (Peña *et al.* 1999; González *et al.* 1994) y las sequías severas periódicas han provocado una escasez crítica de agua. Como se señaló anteriormente, la situación empeora por el relativamente rápido aumento de la demanda de agua para satisfacer las necesidades de crecientes poblaciones urbanas y las actividades industriales.

El entorno económico que circunda al sector de la irrigación es difícil. Todo el sector agrícola aporta menos del 6% del producto interno bruto, a pesar de que emplea a aproximadamente el 22% de la fuerza de trabajo del país. Además, como resultado del Tratado de Libre Comercio para América del Norte con los Estados Unidos y Canadá existe una considerable competencia agrícola, en especial en el sector de granos básicos.

El entorno institucional y organizacional del sector de la irrigación en Mexico ha sufrido cambios importantes en el pasado cercano. En 1989, se estableció la Comisión Nacional del Agua (CNA) como principal organismo de manejo del agua en el país. La transferencia de la responsabilidad de la operación y el mantenimiento (tanto físico como financiero) de los sistemas de riego manejados por el gobierno a las organizaciones de usuarios fue acelerada por la enmienda de la ley básica sobre el agua en 1992. La enmienda de la Constitución

Mexicana en 1991 y una nueva Ley Agraria en 1992 dieron nuevo ímpetu a los cambios en el sector. Estos cambios **permiten** la transferencia y/o la venta de tierras y derechos de agua del sector de los ejidos,<sup>2</sup> que antes no podían ser vendidos.

### 1.1.3 El medio interno

El sector de la irrigación en México, que abarca alrededor de 5.9 millones de hectáreas, está en una etapa de transición. Aproximadamente un millón de hectáreas corresponden a sistemas privados, muchos de ellos basados en el agua subterránea. Unos 1.7 millones de hectáreas se encuentran en organizaciones relativamente pequeñas manejadas por los usuarios (unidades), algunas surgidas en forma independiente y otras que han recibido apoyo del gobierno. Los restantes 3.2 millones de hectáreas corresponden a sistemas gubernamentales, principalmente, aunque no exclusivamente basados en el agua superficial. En la actualidad, en más del 90% de estos sistemas se han transferido a los usuarios las responsabilidades de operación y mantenimiento. Con esta transferencia, casi todo el sector de la irrigación está nominalmente bajo el control de los usuarios. No obstante, la CNA controla el recurso básico, el agua, todavía es dueña de la infraestructura física de los sistemas gubernamentales y continúa ejerciendo una considerable influencia en las operaciones de los sistemas de riego transferidos.

La transición del sector de la irrigación se complica aun más por el creciente énfasis en el manejo de los recursos hídricos desde la perspectiva de las cuencas hidrográficas. Esto dio oportunidad para una mayor participación del sistema político a nivel de los estados y una mayor intervención de interesados ajenos a la agricultura. Aumenta así la incertidumbre acerca de la disponibilidad de agua para riego, en particular desde una perspectiva a largo plazo.

## I.2 La situación actual

Dadas estas condiciones, es problemático el ajuste del sector de la irrigación en México a sus diversos contextos. La experiencia histórica y la naturaleza del medio externo implican que los sistemas deben haber avanzado desde su objetivo de la eficiencia hidráulica a otro que haga hincapié en la producción agrícola eficiente y la eficiencia en el aprovechamiento del agua. En el ámbito institucional, los usuarios deben desempeñar una función importante en la planificación de las operaciones. Sin embargo, los sistemas gubernamentales en gran medida todavía son percibidos como sistemas de ingeniería, de suministro de agua, más que como sistemas agrícolas. Muchos de ellos no incluyen las consideraciones agrícolas en las decisiones acerca de la asignación o las operaciones. Si bien se ha iniciado una participación más amplia de los usuarios, en muchos de los sistemas "transferidos" la CNA tiene gran influencia en las decisiones acerca de la asignación, la operación y el mantenimiento.

---

<sup>2</sup> En los sistemas de riego mexicanos existen dos tipos de usuarios: los pequeños propietarios, cuyas tierras están limitadas a 100 ha, y los pequeños productores con derechos de usufructo de la tierra y el agua (los ejidatarios).

Además, la transferencia de las responsabilidades financieras de los sistemas a los usuarios es cuestionable. Las condiciones económicas y financieras del sector agrícola, en comparación con los sectores urbano e industrial, son tales que es incierta la viabilidad económica del sector de la irrigación. Cuando se agregan los costos de operación y mantenimiento de los sistemas, se vuelve aun más dudosa esa viabilidad, en particular en los sistemas que tienen una proporción relativamente grande de ejidos.

En las dos secciones siguientes se describirán los cuatro distritos de riego estudiados por el IWMI y sus colaboradores en los últimos cuatro años y los resultados de los estudios del desempeño a nivel de los distritos. A continuación se presenta un análisis de las implicaciones de este desempeño y se identifican áreas donde se podrían introducir mejoras.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS DISTRITOS

La Figura 1 muestra la ubicación de los distritos.

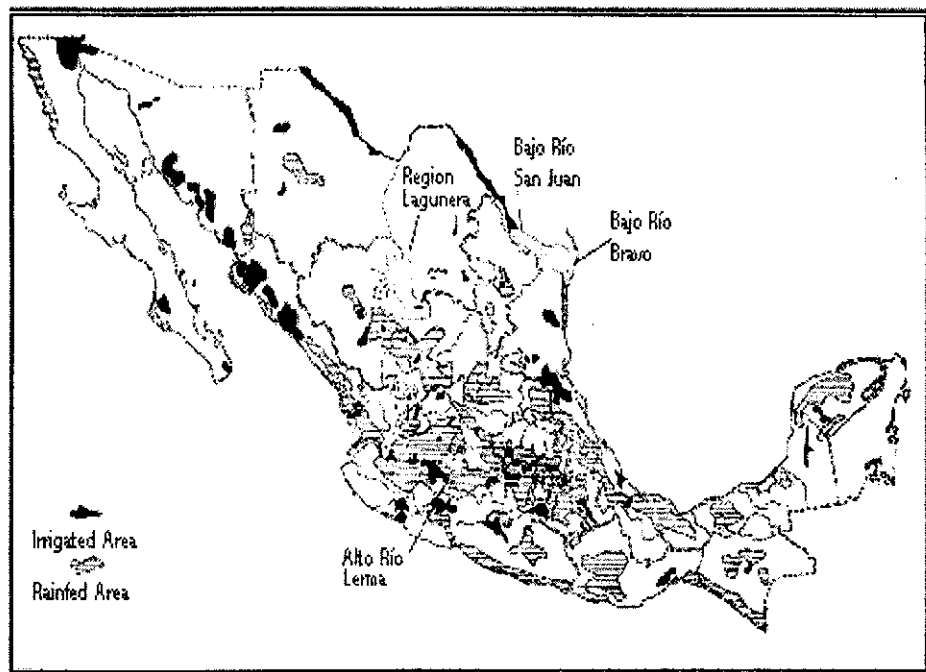


Fig. 1 Localización de los sitios estudiados

### 2.1 El Distrito de Riego de la Comarca Lagunera, DR 017

El distrito está en la región central norte de México y abarca las partes de los estados de Durango y Coahuila correspondientes a las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval. El distrito sufre una grave carencia de agua y tiene una superficie aproximada de 220,000 ha. La infraestructura de riego permite controlar alrededor de 93,000 ha, pero la superficie regada real varía considerablemente de un año a otro. Además, unas 54,000 ha son regadas por alrededor de 2,300 pozos. El distrito ha sido dividido en 20 módulos, 17 de los cuales han sido transferidos a los usuarios como parte del programa del gobierno de transferir la responsabilidad de la operación y el mantenimiento (OyM) de los sistemas nacionales a las asociaciones de usuarios del agua (AUA). Hay 38,000 usuarios: 92% de ellos son ejidatarios cuyas parcelas tienen en promedio 2 ha, y 8% son pequeños propietarios con fincas de un tamaño medio de 8.3 ha (Levine *et al.* 1998).

La escasez de agua es una **característica** dominante en la región, con una precipitación anual media de unos **200 mm** y una evaporación anual de aproximadamente **2,000 mm**. El patrón de cultivo del distrito ha pasado de una larga **historia** de cultivo del algodón a la producción forrajera; más recientemente, se ha incrementado el cultivo del algodón. Estos cambios **son** el resultado de las políticas gubernamentales vinculadas con los **créditos** y los subsidios agrícolas, sumadas a las sequías severas. En el sector privado se ha pasado del algodón a la producción lechera mientras que en los ejidos se cambió el algodón por cultivos forrajeros y alimentarios.

## **2.2 El Distrito de Riego Alto Río Lerma (ARLID), DR 011**

Este distrito, situado en el estado de Guanajuato en la región central de México, tiene una superficie aproximada de **112,772 ha** y un área de control de alrededor de 78,000 ha. Hay unos **24,000** usuarios del agua en el distrito de riego, **55%** de ellos ejidatarios y **45%** pequeños propietarios. El tamaño medio de las parcelas es de **5 hectareas**: **3.7 hectareas** en el caso de los ejidatarios y **7.6 hectareas** en el de los pequeños propietarios (Kloezen *et al.*, **1997**).

El clima es moderadamente subhúmedo, con una precipitación anual media de **730 mm** y una temperatura media de **19 °C**. La evapotranspiración anual es de aproximadamente **1,900 mm** y la **humedad relativa** es de alrededor del **60%**. El ciclo invernal seco, con unos **80 mm** de precipitación, comienza en noviembre y termina en abril. El ciclo de verano se extiende desde mayo a noviembre y tiene una **precipitación** media de **670 mm**.

Cuatro presas, con una capacidad combinada de almacenamiento de **2,140 millones** de metros cúbicos, proporcionan el agua de superficie para el distrito. Cinco presas de derivación, situadas a lo largo del Río Lerma, complementan las presas de almacenamiento. La red de irrigación abarca **475 km** de canales principales y **1,658 km** de canales secundarios y terciarios. Hay una red de canales de drenaje con una extensión aproximada de **1,931 km**. Además del agua de superficie, existen **1,714 pozos** profundos que sirven para regar otras **35,075 hectareas** en el distrito; en consecuencia, el distrito depende del agua superficial y del agua subterránea y su **uso** combinado desempeña una función vital en la operación del sistema. En el estado de Guanajuato hay **18 acuíferos** diferentes, tres de ellos explotados parcialmente por los agricultores dentro del ARLID. La recarga anual total estimada de esos tres acuíferos es de **500 millones** de metros cúbicos (Kloezen *et al.* **1997**).

Los principales cultivos producidos durante el seco ciclo invernal son el trigo y la cebada. Durante el ciclo de verano, más húmedo, los principales cultivos son el sorgo, el maíz y los frijoles. Tanto los ejidatarios como los pequeños propietarios cultivan hortalizas; los pequeños propietarios producen para el mercado interno y para la exportación. Los agricultores que usan pozos profundos tienden a producir **más hortalizas** que aquellos que dependen por completo del agua de los canales.

El distrito de riego está dividido en 11 módulos cuyo tamaño varia de **1,513** a **18,694** hectáreas; cada uno de ellos es manejado por una AUA. Las observaciones de las operaciones después de la transferencia indican que la CNA y las AUA comparten la responsabilidad de la Oym de los sistemas.

### **2.3 El Distrito de Riego Bajo Rio Bravo, DR 025**

Este distrito esta situado en el estado de Tamaulipas, a los largo de la frontera nordeste con los Estados Unidos de América. Fue establecido en 1941 con la construcción de la presa derivadora Anzalduas y tiene una superficie aproximada de comando de **269,000** ha, de las cuales **202,550** pueden ser regadas. La explotación del agua subterránea es minima a causa de problemas de calidad del agua. Hay alrededor de 15,000 usuarios, de los cuales el **42%** son ejidatarios con parcelas de un tamaño medio de **8.7** ha, y el **52%** son pequeños propietarios cuyos campos tienen un tamaño medio de **17** ha. El distrito ha sido dividido en nueve módulos, uno de ellos el mas grande del país con **52,000** ha (Ramirez 1998).

La precipitación anual media es de alrededor de **570 mm**. Como resultado del patron de las lluvias, se diseñó el sistema para riego complementario, es decir, se esperaba que el riego satisficiera entre el 60 y el **70%** de la demanda de agua de los cultivos. La demanda media durante el principal ciclo de riego, de enero a junio, es de **700 mm**. En los años de disponibilidad normal del agua, hay un promedio de **250 mm** de precipitación durante esos meses. La evaporación anual media es de 1,900 mm, con valores máximos en julio y agosto. Los cultivos principales son el maíz y el sorgo, que ocupan el **92%** de la superficie sembrada. Los cultivos secundarios son el algodón y la oca, una hortaliza. El distrito fue diseñado originalmente para contribuir a la autosuficiencia de México en la producción de maíz y sorgo y, 60 años después, estos continúan siendo los cultivos principales.

### **2.4 El distrito de riego Bajo Río San Juan, DR 026**

Este distrito está también situado en el estado de Tamaulipas, hacia el oeste y adyacente al distrito Rio Bravo. Comenzó sus operaciones en 1945 con la construcción de la presa Marte R. Gómez. Tiene un área aproximada de comando de **87,500** ha, de las cuales **76,800** ha están autorizadas para riego. No hay explotación del agua subterránea en el distrito. Existen **4,800** usuarios: **29%** son ejidatarios con parcelas de un tamaño medio de **9.5** ha, y **71%** son pequeños propietarios, cuyos campos tienen un tamaño medio de **23** ha. Este distrito ha sido dividido en **13** módulos como resultado del programa de transferencia del manejo de la irrigación (Rymshaw 1998).

La precipitación y la evaporación son similares a las del Distrito Rio Bravo, descrito anteriormente: 570 mm de precipitación y 1,900 mm de evaporación, con patrones semejantes de distribución estacional. Este distrito fue diseñado como distrito de riego complementario y se espera que la irrigación satisfaga entre **60** y **70%** de las demandas de

agua de los cultivos. El patrón de cultivo también es similar y el maíz y el sorgo abarcan el 91% de la superficie sembrada. El algodón ocupa otro 5% (Rymshaw y Levine 1998).

En el Cuadro 1 se presenta una síntesis de las características básicas de los cuatro distritos.

**CUADRO 1. Características de los Distritos de Riego**

Distritos de Riego	02 Lajo Río San Juan	025 Bajo Río Bravo	017 Región Lagunera	011 Alto Río Lerma
Transferencia	Noviembre 1992	Octubre 1993	Marzo 1991	Noviembre 1992
Área Comando (ha)	76,860	202,550	94,670	112,770
No. de Usuarios	4,800	15,000	38,000	24,000
Tamaño medio parcelas; (ha)	23	17	8.3	7.6
Tamaño medio de las parcelas; ejidatarios (ha)	9.5	8.7	2.0	3.7
Ejidatarios (%)	29 (17%)	42 (28%)	92 (74%)	55 (43%)
Peq. prop. (%)	71	58	8	45
Long. Canales	1,075 km	2,355 km	2,580 km	2,133 km
Fuentes agua ppal.	Bajo Río San Juan	Bajo Río Bravo	Río Naza Río Aguanaval	Alto Río Lerma Río Laja
Reservorios	Presas: Marte R. Gómez y El Cuchillo. Presas Internacionales: Amistad y Falcon	Presas Internacionales: Amistad y Falcon	Presas: Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco	Presas: Solís, Tepuxtepec, La Purísima y Laguna de Yuriria
Agua subterránea	No se usa	No se usa	2,286 Pozos	1,714 Pozos
No. de Módulos	13	9	20	11
Precipitación anual media (mm)	570	570	250	730
Evaporación anual media (mm)	1,900	1,900	2,200	1,900
Disponibilidad agua, área comando (mm/ha/año)	544 (1983-94) 350 (1995-96) <sup>b</sup>	452 (1983-94) 221 (1995-96) <sup>b</sup>	1,412 (1986-95) 420 (1996) <sup>b</sup>	No definido
Cultivos princip.	Sorgo, maíz, algodón	Sorgo, maíz, algodón	Algodón, maíz, frijoles	Trigo, Sorgo, frijoles
Principales ciclos agrícolas	Enero-Junio, Mayo-Septiembre	Enero, Junio, Mayo-Septiembre	Marzo-Agosto	Diciembre-Abril Mayo-Octubre

<sup>a</sup> Porcentaje de la superficie regada controlado por los ejidatarios.

<sup>b</sup> Periodos de sequía

Fuente: Datos modificados del Cuadro 1, Ahlers, R. *et al.* 1998.

### 3. DESEMPEÑO DE LOS DISTRITOS

En el programa de investigación del IWMI realizado en México desde comienzos de 1994, se evaluó el desempeño de los sistemas de riego usando una metodología creada por el Instituto y utilizada en todo el mundo (Perry 1996). El método se basa en la determinación de una serie de indicadores del desempeño que proporcionan un conocimiento razonable del comportamiento de los distritos. En la sección siguiente se sintetizan los resultados principales correspondientes a varios de esos indicadores en los cuatro distritos.

#### 3.1 La disponibilidad relativa del agua (DRA): agua de superficie

La disponibilidad relativa del agua (Levine, G. 1999) es una variable que indica la cantidad de agua aplicada al área de comando. Se puede calcular en distintos niveles del sistema, por ejemplo, en la toma del sistema, las tomas laterales o las salidas a las parcelas. Una DRA de 2.0 medida en la toma del sistema indica que se dispone de la mitad del agua para pérdidas en la conducción. Una DRA de 1.0 en la salida a la parcela indica que la eficiencia de la aplicación en la parcela tendrá que ser del 100% para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. En general, a medida que aumenta la DRA disminuye la intensidad de manejo requerida, por lo menos hasta que la cantidad de agua entregada dé como resultado un problema de drenaje.

Como se señaló antes, la sequía confunde toda evaluación de los efectos en el desempeño causados por la transferencia de las responsabilidades a los usuarios. No obstante, los limitados datos que se muestran en el Cuadro 2 y la Figura 2 sugieren que es pequeño el efecto sobre las asignaciones del agua.

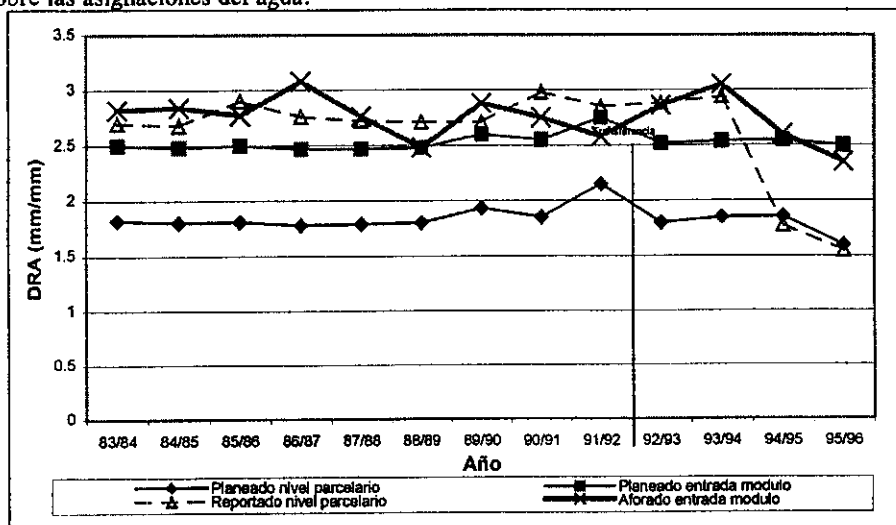


Figura 2. Valores planeados, reportados y reales de la DRA; Distrito de Riego Alto Río Lerma, ciclos de invierno, 1983-1996



**Cuadro 2. Volumen medio de agua entregada/ha a nivel de la unidad, en la Comarca Lagunera (DR 017).****Pre-transferencia**

<b>Año</b>	<b>Vol. Prom. (1000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Desv. Stand</b>
1992	16.307	3.51
1989*	12.396	1.52
1988	11.440	1.53
1987	14.284	2.49
1984	13.549	3.92
1983	12.467	1.77
Promedio	13.407	2.46

<b>Año</b>	<b>Vol. Prom. (1000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>Desv. Stand</b>
1994	14.350	2.58
1993	16.161	2.70

\*Datos 1990 y 1991 no disponibles.

El Cuadro 3 presenta los valores de la DRA correspondientes al agua de superficie en los cuatro distritos, en un año promedio y durante el período de sequía de 1994-1996. Además, se muestran las respuestas de las operaciones en los distritos a la sequía.

**Cuadro 3. Disponibilidad Relativa del Agua (Agua Superficial) y Respuesta a la Sequía.**

<b>Distrito</b>	<b>Río Lerma</b>	<b>Lagunera</b>	<b>Río Bravo</b>	<b>Río San Juan</b>
<b>Año Promedio</b>				
DRA	2.7	1.9	1.2	1.3
Coef. Variac.	0.07	0.09	0.25	0.14
<b>Año seco</b>				
Restricción Area	Severo	Severo	Moderado-Severo	Moderado-Severo
Reducción/ha de agua	Imperceptible	Imperceptible	Severo	Severo
Reducción de Entrega	Moderado	Imperceptible	Severo	Severo
DRA 1994-96	2.4	1.8	0.7	1.0

La característica de riego complementario de los distritos de Tamaulipas (025 y 026) es muy evidente por el bajo nivel de la DRA y el relativamente alto coeficiente de variación. Este último refleja la variabilidad del patrón de la precipitación en la zona, en términos de la contribución directa a las necesidades de agua de los cultivos y su efecto sobre el almacenamiento en los reservorios. El relativamente bajo coeficiente de variación en los distritos de la Comarca Lagunera y Río Lerma indica que la cantidad de agua entregada por hectárea es relativamente constante en el tiempo; esta observación es confirmada por la respuesta de esos distritos a las condiciones de sequía. Cuando hay escasez, se reducen las superficies regadas y se mantiene en esencia la misma DRA. Por el contrario, los sistemas complementarios intentan mantener las superficies sembradas, esperando que mejore la precipitación. El efecto de la sequía se refleja en los valores muy bajos de la DRA.

### 3.2 La disponibilidad relativa del agua (DRA): agua subterránea

Dos de los distritos, Río Lerma y la Comarca Lagunera, usaban el agua subterránea como elemento importante de su provisión de agua para riego. Los distritos Bajo Río San Juan y Bajo Río Bravo no usaban el agua subterránea en cantidades importantes debido a problemas de calidad del agua. En Río Lerma, la DRA correspondiente a los pozos particulares era de aproximadamente 2.2, más o menos la misma que la del agua de superficie, con excepción del Módulo Salvatierra, que tenía una DRA del agua de superficie mucho más alta (Kloezen y Garcés-Restrepo 1998). En la Comarca Lagunera, la DRA era de aproximadamente 1.5, también más o menos igual a la DRA del agua de superficie en el mismo nivel de distribución (Cruz y Levine 1998). Es interesante observar que la eficiencia no es mayor en el caso del agua subterránea, a pesar de los costos unitarios más altos de ésta.

El hecho de que esa eficiencia no sea más alta es significativo, no solo desde el punto de vista económico sino también desde la perspectiva de la sustentabilidad. En el caso del agua de superficie, la falta de eficiencia implicada por los valores relativamente altos de la DRA, en particular en el Distrito Alto Río Lerma, no es necesariamente problemática. El excedente de agua contribuye a la recarga de los acuíferos (Scott y Garcés-Restrepo 1999) y permite una inversión menos intensiva en el manejo. Sin embargo, en el caso del agua subterránea el bombeo excesivo tiene un costo financiero excedente directo y contribuye al abatimiento de los niveles del agua subterránea. Como en muchos de los acuíferos del país, en los distritos de la Comarca Lagunera y Alto Río Lerma se bombearon los acuíferos en cantidades que superaban la recarga durante los años de sequía y los niveles dinámicos del agua continúan cayendo, como ilustra la Figura 3.

Los datos, si bien no suficientemente completos para sacar conclusiones definitivas, indican que el bombeo excesivo está induciendo una recarga adicional del acuífero que basta para producir niveles estáticos del agua relativamente estables. Además, los ciclos con precipitación elevada dan como resultado la recuperación de los niveles dinámicos. Este patrón sugiere que hay posibilidades para un manejo activo de los acuíferos con el fin de contar con reservas para la sequía y, al mismo tiempo, mantener la sustentabilidad a largo plazo.

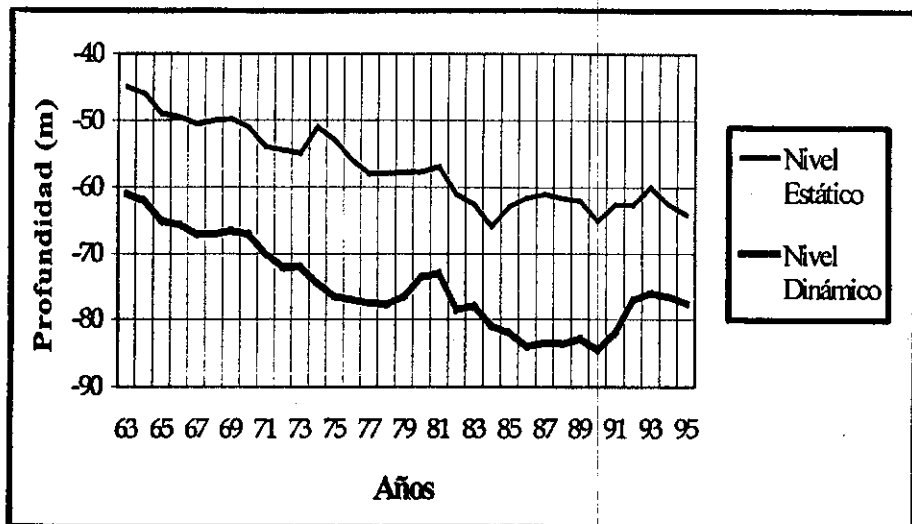


Figura No 3. Niveles estatico y dinamico del agua del aguifero principal, Comarca Lagunera. (Fuente: Cruz y Levine 1998).

### 3.3 El manejo conjunto del agua de superficie y el agua subterránea

Se investigaron las oportunidades para un manejo conjunto del agua de superficie y el agua subterránea en la cuenca media del Río Lerma, usando un modelo relativamente sencillo del agua de superficie y el agua subterránea para simular el comportamiento y la respuesta de la cuenca a los procesos climáticos y las asignaciones de agua (Scott y Garcés-Restrepo 1999). El interés primordial era el vínculo entre las prácticas de manejo del agua de riego y los niveles del agua subterránea. Sobre la base de un balance hídrico vertical, el modelo da cuenta de los cambios en el almacenamiento de agua subterránea resultantes de la diferencia entre las entradas –tanto las naturales (la precipitación y el caudal de los ríos) como las entregas de los reservorios para el riego dentro del sistema simulado- y las salidas, incluyendo el caudal de los ríos, las entregas para riego de zonas situadas fuera del sistema y la evapotranspiración de los cultivos y la vegetación natural. El cambio neto en el almacenamiento del acuífero es el término residual del balance de masas. Se verificó el modelo usando niveles estáticos del agua medidos en 398 pozos en los seis acuíferos de la zona (INEGI 1998). El cuadro 4 presenta los cinco escenarios de cultivo (S1-S5) y los tres escenarios de manejo del agua (S6-S8)<sup>3</sup> que se simularon. Estos escenarios fueron considerados factibles para la situación física y económica existente en la zona.

<sup>3</sup> Los escenarios del manejo del agua se basan en la disponibilidad relativa media del agua determinada para la región; el 10% de aumento en la DRA representa un aumento en la entrega del reservorio de aproximadamente del 25%; el 23% de aumento en la DRA representa un incremento en la entrega del reservorio de 57%.

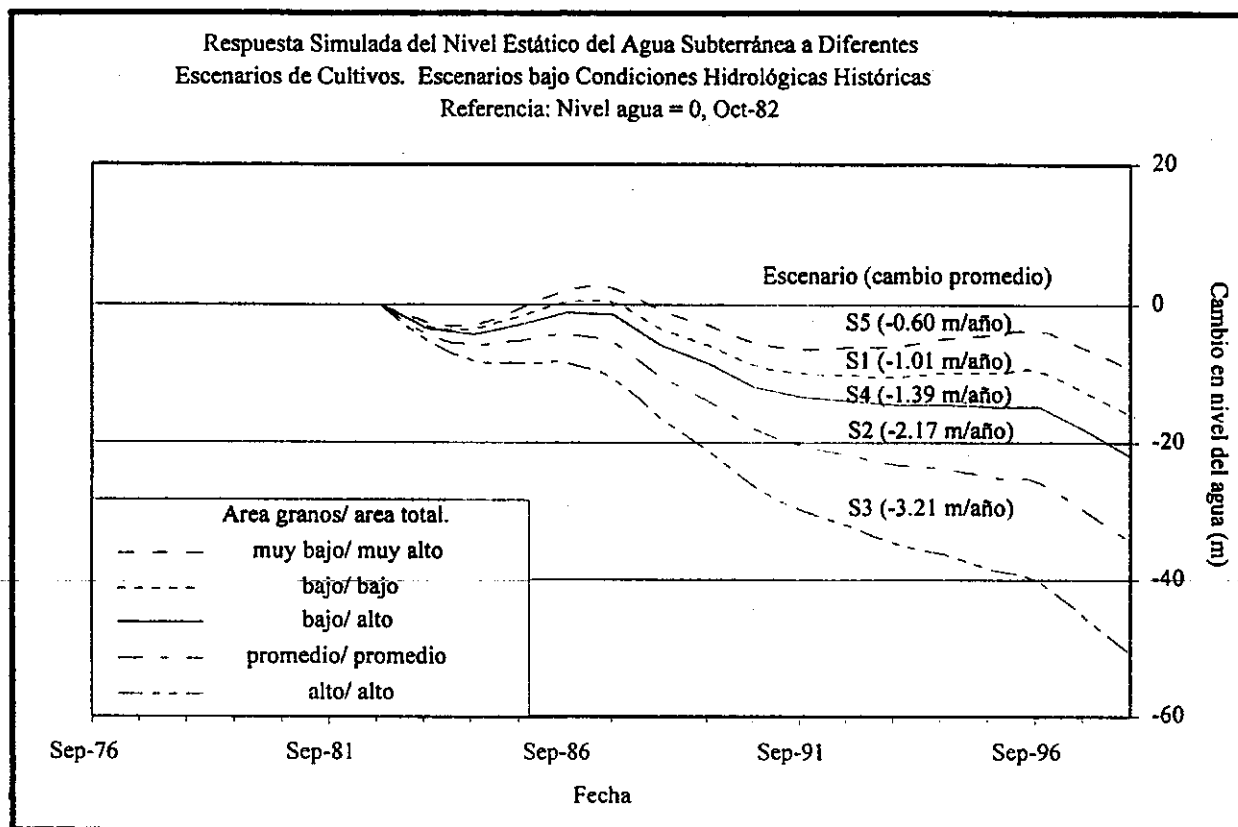
**Cuadro 4. Escenarios simulados en condiciones hidrológicas históricas.**

Escenario	Superficie cultivada con granos	Superficie Cultivada con Hortalizas	DRA del agua de superficie en la cuenca
S1	Baja	Baja	Real
S2	Media	Media	Real
S3	Alta	Alta	Real
S4	Baja	Alta	Real
S5	Muy baja	Muy alta	Real
S6	Real	Real	Real + 10%
S7	Real	Real	Real - 10%
S8	Real	Real	Real + 23%

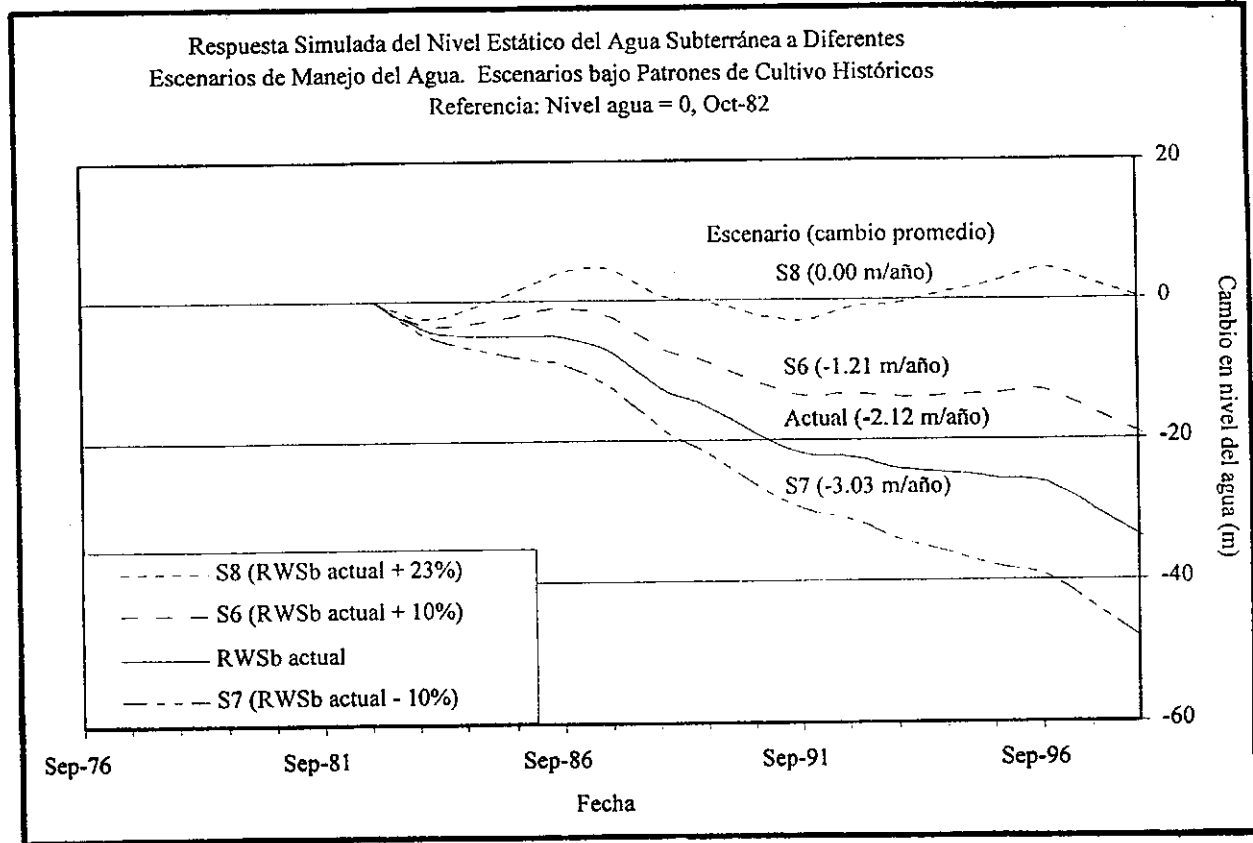
Donde: Muy bajo  $= A - 2_{DA}$   
 Baja  $= A -_{DA}$   
 Media  $= A$   
 Alta  $= A +_{DA}$   
 Muy alta  $= A + 2_{DA}$

La Figura 4 muestra la respuesta del agua subterránea a los escenarios de cultivo en las condiciones hidrológicas históricas.

La Figura 5 muestra la respuesta del agua subterránea a los diversos escenarios de manejo del agua en las mismas condiciones históricas.



**Figura 4** Respuesta simulada del nivel estático del agua subterránea a escenarios de cultivos



**Figura 5** Respuesta simulada del nivel estático del agua subterránea a escenarios de manejo del agua

Como se puede observar, ninguno de los escenarios de cultivo impidió el abatimiento continuo de los niveles estáticos del agua subterránea, pero hubo diferencias importantes en la tasa de ese abatimiento.

Los escenarios del manejo de la asignación del agua revelan el grado de interacción de los sistemas de agua de superficie y agua subterránea. La reducción de las “pérdidas” desde el sistema de riego gracias al revestimiento de los canales u otras medidas de “mejoramiento” en realidad dan como resultado abatimientos más rápidos de los niveles de agua subterránea. El aumento de la disponibilidad relativa del agua (DRA) (Levine 1999) desacelera la tasa de abatimiento. Se consideró que no era viable un aumento de 23% de la DRA, el cual detendría el abatimiento de los niveles del agua subterránea. No obstante, un aumento del 10% impediría el abatimiento en los años de precipitación relativamente abundante y, en general, desaceleraría la tasa de abatimiento. Comúnmente no se considera un objetivo deseable disminuir la eficiencia del riego, pero en esta situación de abatimiento continuo de las capas freáticas y un acuífero “con fugas”, abriría otra opción para abordar un problema cada vez más crítico. Sin embargo, debemos señalar que este criterio tendría en potencia efectos negativos aguas abajo en la cuenca.

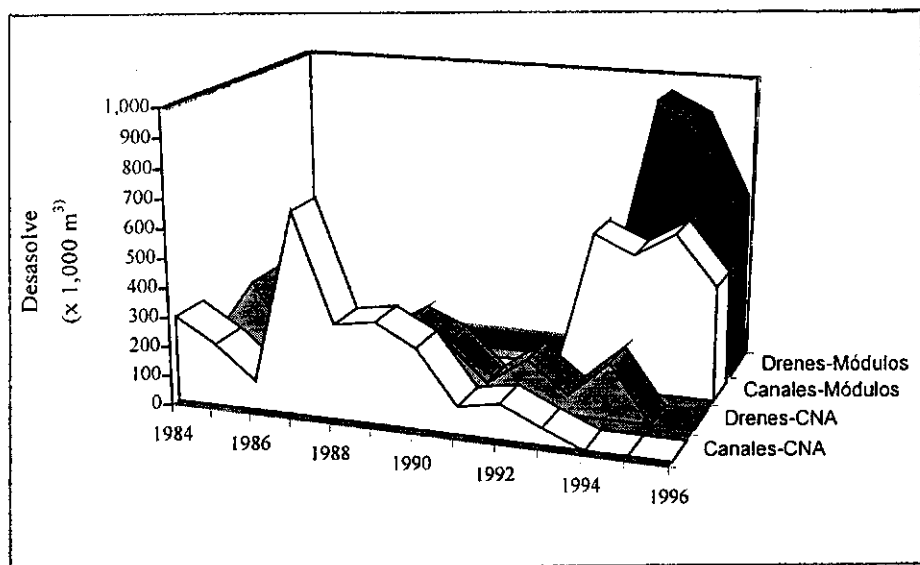
### 3.4 El mantenimiento

Uno de los resultados de la transferencia a los usuarios de las responsabilidades de la operación y el mantenimiento en los sistemas nacionales de riego ha sido el marcado incremento de los fondos para actividades de mantenimiento. La Figura 6 ilustra este rápido incremento de la inversión en mantenimiento de los módulos en el Distrito de Riego Alto Rio Lerma y la reducción de la inversión de la CNA desde la transferencia en 1992.

A pesar del mayor gasto en mantenimiento, no hay pruebas de que esto haya dado mejores resultados económicos. El programa de transferencia tiene relativamente poco tiempo de existencia y pueden existir beneficios económicos a más largo plazo, básicamente la reducción de los costos de rehabilitación y, tal vez, una desaceleración de la disminución de la producción. No obstante, si estos beneficios no se concretan en un lapso relativamente breve, el descuento con tasas de interés relativamente altas de los beneficios futuros vuelve cuestionable la justificación económica de la inversión en mantenimiento.

Dada la proporción relativamente grande de los presupuestos de las asociaciones de usuarios del agua dedicada al mantenimiento, es crítica la necesidad de usar esos fondos en forma eficiente y eficaz. Para lograr esto, el IWMI, en colaboración con Hydraulic Research (Wallingford) y módulos de la cuenca del Alto Rio Lerma, ensayaron un modelo para la toma de decisiones con la ayuda de computadoras (MARLIN). El modelo no incluyó criterios políticos importantes, pero, en general, identificó las prioridades del mantenimiento con

suficiente validez técnica; el modelo está siendo usado por la SRL<sup>4</sup> de Alto Río Lerma para elaborar el plan de mantenimiento de los canales principales y será aplicado en todos los módulos del distrito.



**Figura 6. Desasolve de los canales y drenes hecho por la CNA y los módulos, Distrito de Riego Alto Río Lerma, 1984-1996.**

### 3.5 Los valores de la producción

#### 3.5.1 Valor bruto estandarizado de la producción (VBEP)

El valor bruto estandarizado de la producción es una medida de la productividad económica. Se calcula estandarizando las utilidades obtenidas con los cultivos individuales en comparación con un cultivo base, en este caso el maíz, y calculando el valor de la producción para un determinado año (1994) en dólares estadounidenses.<sup>5</sup> El Cuadro 5 presenta el valor bruto de la producción por hectárea y por metro cúbico en los cuatro distritos.

<sup>4</sup> SRL es la abreviatura correspondiente a Sociedad de Responsabilidad Limitada, una asociación de los módulos a nivel del distrito que tiene la responsabilidad básica del mantenimiento de los canales principales.

<sup>5</sup> Este tipo de estandarización permite la comparación entre distintos países ya que elimina los efectos de las diferentes monedas y del momento de la reunión de los datos.



**Cuadro 5. Valor Bruto estandarizados de la producción .**

Distrito	Valor Bruto de la Producción/ha Regada (Dólares de 1994)	Valor Bruto de la Producción/m <sup>3</sup> (Dólares de 1994)	Cultivos Principales
Alto Río Lerma (011)	1422	0.10	Trigo, maíz, hortalizas
Región Lagunera (017)	1654	0.13	Alfalfa, algodón
Bajo Río Bravo (025)	769	0.19	Maíz, sorgo
Bajo Río San Juan	728	0.14	Maíz, sorgo

Los datos revelan diferencias importantes entre los distritos. Los dos distritos que proporcionan una cantidad adecuada de agua por hectárea sembrada (011 y 017) producen cultivos de más alto valor que los de los distritos que dependen más de la precipitación. La combinación de cultivos de más alto valor y mejores condiciones de cultivo dan como resultado una producción por hectárea que equivale a más del doble de la obtenida en los sistemas de riego complementario. Sin embargo, el valor de la producción por unidad de agua es más alto en el sistema del Río Bravo, donde el sorgo tuvo rendimientos relativamente altos a pesar de recibir una menor cantidad de agua. No obstante, hay que reconocer que las limitaciones severas de la superficie regada en los sistemas de riego total generan ingresos muy bajos para muchos de los usuarios del agua. Por ejemplo, durante la reciente sequía en la Comarca Lagunera el derecho de agua para cada ejidatario era inferior a 0.5 ha, cuando su asignación nominal era de 2 ha. Con esta pequeña asignación, muchos optaron por rentar su derecho de agua.<sup>6</sup>

Se considera que los valores brutos de la producción reflejan la productividad desde una perspectiva pública. Para el usuario individual del agua, tienen importancia fundamental los valores netos, es decir, las utilidades netas después de descontar los gastos.

### 3.5.2 Valor neto estandarizado de la producción (VNEP)

Se calcularon las utilidades netas sólo para los distritos Bajo Río Bravo (025) y Bajo Río San Juan (026), usando los costos de producción señalados por el Banco Agrícola (Rymshaw y Levine, datos inéditos), verificados mediante entrevistas a los usuarios del agua. Se calcularon los datos para dos períodos: el anterior a la sequía y el de la sequía. Se calculó el valor neto estandarizado de la producción para las zonas de temporal y las regadas, con y sin el subsidio agrícola, PROCAMPO. La verdadera productividad del agua se infirió sustrayendo la productividad de las zonas de temporal de la de las zonas de riego. Los Cuadros 6a y 6b presentan los resultados correspondientes al período anterior a la sequía y al de la sequía, respectivamente. (Rymshaw and Levine 1998).

<sup>6</sup> En el caso de varios ejidatarios, la decisión de rentar el derecho de agua fue en esencia forzada por la decisión de "compactar" la superficie. La compactación, es decir, la reducción de la superficie que se regará, fue un intento de disminuir las pérdidas durante la conducción resultantes del servicio a parcelas pequeñas muy dispersas.

**Cuadro 6a. Promedios en dos años anteriores a la sequía de indicadores del desempeño basados en el valor neto de la producción.**

<b>Distrito</b>	<b>DR 025</b>		<b>DR 026</b>	
<b>Indicador</b>		<b>PROCAMPO</b>		<b>PROCAMPO</b>
VNEP/ha sembrada temporal (dólares de 1994)	268	394	230	325
VNEP/ha sembrada de riego (dólares de 1994)	223	352	113	241
Productividad de la precipitación (VNEPm3, de temporal (dólares de 1994), valores netos	0.57	0.84	0.11	0.16
Productividad inferida del agua de riego (dólares de 1994/m3), valores netos	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01
Productividad inferida del agua de riego (dólares de 1994/m3), valores brutos		0.13		0.05

Fuente: Rymshaw, E. and G. Levine. (Inédito). Cuadro 5a.

**Cuadro 6b. Promedios en dos años de sequía de indicadores del desempeño basados en el valor neto de la producción.**

<b>Distrito</b>	<b>DR 025</b>		<b>DR 026</b>	
<b>Indicador</b>		<b>PROCAMPO</b>		<b>PROCAMPO</b>
VNEP/ha sembrada de temporal (dólares de 1994)	149	212	60	140
VNEP/ha sembrada de riego (dólares de 1994)	258	320	163	248
Productividad de la precipitación (VNEPm3, de temporal (dólares de 1994), valores netos	0.26	0.38	0.04	0.09
Productividad inferida del agua de riego (dólares de 1994/m3), valores netos	0.05	0.05	0.02	0.02
Productividad inferida del agua de riego (dólares de 1994/m3), valores brutos		0.12		0.07

Fuente: Rymshaw, E. and G. Levine. (Inédito). Cuadro 5b.

Los Cuadros 6a y 6b indican que en los años de precipitación media es poco el beneficio financiero neto del riego, excepto por la mayor seguridad del cultivo. La productividad inferida del riego durante los años de sequía es más alta, pero no tan alta como se podría esperar. Esto refleja la relativamente baja rentabilidad del sorgo y el maíz. Los datos también ilustran la importancia del subsidio de PROCAMPO.

A partir de estos datos se podría inferir que es poca la rentabilidad del riego en estos distritos; un programa del gobierno para asegurar contra los efectos adversos de la sequía permitiría una transformación importante de los distritos, con beneficios importantes. Se podrían reducir las superficies en forma suficiente para obtener niveles más altos de riego, lo cual estimularía el cambio a cultivos de más alto valor, o se podría cambiar toda la superficie a la producción de temporal y liberar el agua de riego para otros propósitos. No obstante, hay que hacer una advertencia importante: es probable que las zonas actualmente dedicadas a la producción de temporal sean las más apropiadas para ella desde el punto de vista de los suelos y el microclima. No se ha comprobado que las zonas actualmente regadas puedan tener una producción adecuada en condiciones de temporal.

### 3.6 El rendimiento de la inversión en riego

Desde una perspectiva pública, el riego a menudo es una inversión tanto económica como social. El Cuadro 7 presenta estimaciones de la tasa interna de rendimiento (TIR) de la inversión en infraestructura de riego en los cuatro distritos. No se contó con datos sobre los costos de construcción y, por lo tanto, se usó un promedio de 8,000 dólares/ha como costo.

Un estudio del Banco Mundial del proyecto de rehabilitación Río Bravo/Río San Juan (Otten y Reutlinger 1969) determinó una TIR de 18.0%, que indica que los datos presentados en el cuadro son razonables. Estas TIR son relativamente altas y las inversiones se consideran muy buenas desde una perspectiva pública. Un estudio de proyectos de irrigación apoyados por el Banco Mundial efectuado en todo el mundo (Jones 1995) mostró una estimación media de la TIR de 14%. En el momento en que se construyeron los sistemas, se consideraba que una tasa interna de 6% era suficiente para que el sistema fuera económico. En la actualidad, se considera necesaria una tasa de 12%.

**Cuadro 7. Tasa Interna Estimada de Rendimiento de la Inversión en Infraestructura de Riego.**

<b>Distrito</b>	<b>% de Rendimiento <sup>+</sup></b>
Alto Río Lerma	23.0
Región Lagunera	20.6
Bajo Río Bravo	17.5
Bajo Río San Juan	17.6

+ Se supuso un costo de inversión de 8,000 dólares/ha

#### 4. SUSTENTABILIDAD DE LAS ASOCIACIONES DE USUARIOS DEL AGUA

Como señalamos anteriormente, el **gobierno mexicano** está comprometido en lograr un mayor participación de los usuarios del agua en la operación y mantenimiento de los sistemas y distritos de riego. Se consigue esto mediante la formación de asociaciones de usuarios del agua (AUA). Gran parte de la investigación del IWMI se ha concentrado en el desempeño de los sistemas después de la transferencia, pero una cantidad considerable de los estudios han abordado cuestiones vinculadas con el desempeño de las asociaciones mismas.

El IWMI llevó a cabo un estudio sobre el terreno para evaluar la sustentabilidad institucional de las asociaciones de usuarios del agua en 10 de los módulos pertenecientes a los cuatro distritos. La metodología se basó en encuestas extensas y entrevistas abiertas. En el análisis se usaron los cinco indicadores siguientes (Monsalvo 1999):

- i) Responsabilidad de los miembros de las asociaciones de usuarios del agua; sus funciones y responsabilidades.
- ii) Flexibilidad y adaptabilidad; una medida de la capacidad de respuesta de la AUA para afrontar y resolver problemas relacionados con los módulos.
- iii) Transparencia **financiera**; el grado en que se realizan abiertamente todas las transacciones financieras.
- iv) Equidad y **democracia**, en el proceso de toma de decisiones y en la distribución de los beneficios y costos.
- v) Capacidad de **operación**; conocimientos para operar el sistema en forma oportuna, eficiente y equitativa.

Aun cuando los resultados obtenidos con cada indicador varían de un módulo a otro y, por lo tanto, de un distrito a otro, en los párrafos presentados a continuación se señalan los resultados generales.

##### 4.1 Responsabilidad

Con respecto a la responsabilidad, la gran mayoría (78%) de los entrevistados consideraron que existe un alto grado de responsabilidad en los módulos. Sin embargo, eran relativamente pequeñas las cantidades de miembros que asistían a las reuniones normales –y hasta a las extraordinarias– donde se discuten cuestiones vinculadas con la responsabilidad y se asignan las funciones y obligaciones. Se mencionó como un problema la deficiente comunicación entre los miembros y sus Juntas Directivas, relacionado en parte con la falta de asistencia a las reuniones. Parece existir cierta corrupción (mencionada por el 30% de los entrevistados); ésta se vinculó con privilegios otorgados a los miembros influyentes y el nepotismo, más que con prácticas financieras fraudulentas.

##### 4.2 Flexibilidad y adaptabilidad

En cuanto a la flexibilidad y adaptabilidad, los resultados muestran una capacidad más bien

notable de los **módulos** para **diseñar** estrategias que les permitan afrontar o **eludir** problemas. Los usuarios **están conscientes** de la **función** que **desempeñan** las Juntas Directivas y **reconocen** la importancia de un líder bien preparado. También comprenden que es esencial la buena **comunicación** entre los usuarios para que haya **flexibilidad** en el **manejo** de la **asociación**. La **mayoría** de los problemas asociados con este indicador se vinculan con leyes laborales, como la falta de **prestaciones** para los empleados, la **comunicación** deficiente y las **normas** y disposiciones restrictivas que emanan del **módulo** mismo o de acuerdos previos a la transferencia que todavía persisten.

Los **módulos** parecen comprender que, para tener **éxito**, **tienen** que considerar una gama **más** amplia de actividades productivas y dedicarse a **diversas** actividades comerciales. Estas pueden ser **paralelas** a las actividades agrícolas, por ejemplo la **compra** de fertilizantes y plaguicidas a **granel** o la **renta** de maquinaria agrícola. También pueden ser actividades no relacionadas, como la **operación** de **gasolineras**. Si bien todavía hay quienes se oponen a este criterio, la tendencia sigue esa **dirección**.

Para facilitar un **mejor** manejo, se da importancia a la **capacitación** en **cuestiones** técnicas, administrativas y sociales. Hay preocupación por **cambiar** las **reglas** relacionadas con los procedimientos de **elección** de los miembros o la **tenencia** de la tierra, así como por la necesidad de mejorar las prestaciones de los empleados, por ejemplo estableciendo **sistemas** de seguros y **protección**.

#### 4.3 Transparencia

La transparencia financiera es un **elemento** fundamental para la supervivencia y sustentabilidad de los **módulos**. Se la considera una **condición** necesaria para obtener la **cooperación**, el apoyo y la **participación** de los usuarios e implica el acceso a los registros contables, la existencia de procedimientos de auditoría tanto interna como externa y un plan claro para afrontar las **emergencias** económicas. Los **resultados** muestran cierto grado de **preocupación** con respecto al manejo de los fondos, pero la estructura del **módulo** incluye un Comité de Vigilancia, que tiene una **función** de supervisión. Estos comités en general gozan de buena **reputación** en los **módulos**. La situación financiera real de los **módulos** está relacionada con la importancia de la transparencia financiera. Si bien en general ha habido una mejora en la autosuficiencia financiera de los **módulos** en comparación con la situación antes de la transferencia, muchos de ellos están en una **condición** relativamente frágil. La estructura actual de los precios del agua es inadecuada para satisfacer las necesidades a largo plazo de los **módulos** y cuando hay **escasez** de agua se plantean serios problemas a corto plazo.

#### 4.4 Equidad y democracia

En cuanto a la **equidad** y democracia, se han producido cambios notables. El estudio muestra que **existe** una tendencia a **aumentar** la **independencia** con respecto a la CNA y una mayor **preocupación** por los derechos de la AUA. Se acepta la necesidad de cubrir los **costos**

de la AUA así como de compartir en **forma equitativa** los beneficios. No obstante, todavía es **difícil manejar** las **infracciones** a las reglas. Persisten **los** conflictos entre **los** principales tipos de **tenencia** de la tierra, representados por **los ejidos** y **los** pequeños propietarios. **Esos** conflictos se relacionan directamente con cambios **recientes** en las leyes sobre la tierra y el agua, en particular **los** derechos de agua y la venta y compra de **este recurso**. Sin embargo, **también** se manifiestan en el funcionamiento cotidiano de **las** AUA. A pesar de estos problemas, **los** usuarios **piensan** que **los módulos** necesitan tener **más** autoridad y control en **los procesos** de **toma** de decisiones importantes y que es **preciso** "cortar" **los lazos** con los acuerdos institucionales anteriores a la transferencia.

La **política desempeña una** creciente **función** en **los asuntos** de **los módulos**. A medida que **los módulos adquieren** importancia y visibilidad en la vida de **las** comunidades, **los miembros** de **las Juntas** a **menudo** consideran sus cargos como **un camino** natural para **alcanzar** más prominencia a **nivel** regional e, **incluso**, estatal. Sin **importar** las preocupaciones que pueda crear esta **situación**, el proceso debe ser visto como un desarrollo normal y **una** medida de la sustentabilidad de **los módulos**.

### 4.5 Capacidad de **operación**

La capacidad de **operación** se puede ver como el resultado natural de la convergencia de los indicadores anteriores. En la medida en que se puedan desarrollar y **sostener** la responsabilidad, la flexibilidad, la transparencia **financiera** y un proceso **democrático** y equitativo en el **manejo de los módulos**, se logrará una capacidad de **operación** contable y eficiente. **La** escasez de agua, **las limitaciones** de la maquinaria agrícola, **las** deficiencias en **las** redes de riego y drenaje, **las restricciones** financieras, la **cantidad** y la capacidad de **los recursos** humanos, **siempre influirán** en el desempeño de **los módulos**. Abordar y resolver **los** problemas vinculados con **los otros** indicadores conducirá a un mejoramiento del **desempeño** general.

**Los** participantes en el estudio identificaron **una** serie de **beneficios** desde la **creación** de **las** AUA: un **menor** grado de burocratización, nuevos acuerdos y **opciones** para **pagar las tarifas** del agua, **una** mayor responsabilidad del personal de campo, la idea de que el **servicio** de suministro de agua **está** mejorando. **oportunidades** de capacitación, el **asesoramiento técnico** sobre **prácticas** agrícolas. el **uso** compartido de la maquinaria agrícola y **mejores** relaciones institucionales y personales con **los otros** usuarios.

En **síntesis**, **concluimos** que **los módulos están** en el proceso de generar **organizaciones** que **beneficiarán** a todos los participantes y **comienzan** a **cumplir** una **función** más importante en la vida de **las** comunidades.

## 5. COMERCIALIZACIÓN DEL AGUA

El sector de recursos hídricos en México no ha escapado a la tendencia mundial a la privatización. A medida que aumenta la competencia y disminuye el agua disponible, tanto en términos de cantidad como de calidad, hay una necesidad urgente de mejorar el manejo de los recursos hídricos en todos los niveles y en todos los subsectores. México no ha sido una excepción. Durante los años noventa, el país desarrolló políticas nuevas e introdujo legislación que tiene un efecto directo sobre el manejo de los recursos hídricos. Además de la transferencia del manejo de los distritos públicos de riego del país a las asociaciones de usuarios del agua, han surgido mercados para este recurso.

En general, un mercado del agua tiene el fin de asegurar que ésta fluye con su valor más alto dentro de un mismo sector y entre sectores diferentes, con lo cual se usa el recurso en forma eficiente. El agua puede ser vendida entre agricultores, distritos de riego, distritos y municipios, el sector agrícola y el industrial, etc. Además de aumentar la eficiencia económica, la comercialización del agua inducirá a los titulares de los derechos a concretar todo el costo de oportunidad de su bien, con lo cual se estimula una utilización más prudente y la venta del excedente al mejor postor. En el contexto de la agricultura, en general se piensa que los mercados de agua proporcionan a los usuarios incentivos para aumentar la eficiencia en la utilización del recurso y para cambiar a cultivos de más alto valor que usan menos agua por valor unitario de la producción (Ahlers *et al.* 1999).

La aparición de mercados del agua en México se origina en las recientes políticas de amplia liberalización económica. La Ley Nacional del Agua de 1992 tiene el propósito de delegar más autoridad y responsabilidad a los usuarios, reducir la burocracia de la irrigación y establecer derechos de agua transferibles. Además, la enmienda del Artículo 21 de la Constitución mexicana, sumada a la reforma agraria de 1992, privatizó las tierras que eran propiedad del estado (ejidos) y fueron distribuidas durante la reforma agraria de 1936. La nueva Ley del Agua, por su concepción, revela un sólido compromiso con los mercados del agua. Llevó a la CNA a declarar que su objetivo será: "... la introducción de mecanismos del mercado del agua, la fijación de precios y otros incentivos para fomentar una utilización más eficiente del agua..." (Herrera, *en* Ahlers 1999).

Se realizaron estudios para determinar los alcances y la naturaleza de los mercados del agua en cuatro distritos. Esos estudios tenían el propósito de describir las modalidades y los procesos de la comercialización del agua, los acuerdos de compra y venta, las diferencias en los precios, los métodos para establecer los precios, la participación de las instituciones locales en las transacciones con el agua y las tendencias del mercado. En las secciones siguientes se sintetizan los resultados más importantes.

### 5.1 Modalidades de la comercialización del agua

La comercialización del agua se ha estado realizando en todos los distritos durante muchos años de manera informal, y a menudo secreta, ya que se la consideraba ilegal; esa

comercialización se efectuaba principalmente entre agricultores vecinos. Por razones de conveniencia, se intercambiaban los turnos de riego, en ocasiones sin que el dinero cambiara de manos. Con la legalización del comercio han aumentado las transacciones con el agua, si bien todavía están rodeadas de gran incertidumbre a causa de la falta de información y de la resistencia de algunos sectores. En el Cuadro 8 se presenta una síntesis de las distintas formas de comercializar el agua.

**Cuadro 8. Variedad en las transacciones en los 4 distritos de riego.**

Distrito	Nivel de la transacción		Fuente del Agua		Recurso		Duración			
	Usa rios	A U A	Distrito	De superfi cie	Subterránea	Tierra y Agua	Sólo Agua	turno	Ciclo	Vendido
Lerma	X	X		X	X	X		X	X	
Lagunera	X			X	X	X	X		X	X
Bravo	X		X	X		X	X	X	X	
San Juan	X		X	X		X	X	X	X	

Fuente: (Ahlers et al., 1999, Cuadro 3)

Como se puede ver, el comercio puede tener lugar en distintos niveles dentro del sistema: entre agricultores individuales, a nivel de los módulos y a nivel de todo el distrito. La transacción puede incluir tierra o agua, o ambas. En el caso del agua, ésta puede ser de superficie o subterránea. Por último, el período por el cual se efectúa la venta del derecho puede abarcar desde sólo un turno de riego a cualquier periodo del año (o varios años). Una característica notable son los distintos acuerdos y opciones en los diferentes distritos de riego.

## 5.2 Fijación de los precios del agua

La investigación sobre los precios y su fijación reveló una variación ya esperada entre los distritos. En los distritos de Tamaulipas, por ejemplo, con el comienzo de la sequía de los dos últimos años, las transferencias y ventas estacionales del agua aumentaron considerablemente. La mayoría de las ventas abarcan entregas de riego programadas para todo el ciclo. En ocasiones se vende un solo turno si el cultivo del titular ha fracasado a mediados del ciclo. Los precios son negociados por el comprador y el vendedor, cualquiera que sea la cantidad de derechos o el volumen involucrados, y se basan aproximadamente en los valores del producto en el mercado en el ciclo anterior. Después de la primera transacción, rápidamente se corre la voz y los acuerdos subsiguientes se basan en esos precios (Ahlers *et al.* 1999).



En el distrito Río **Lerma**, la venta del agua se **realiza más** a nivel de **los módulos** y **mucho menos** entre usuarios individuales. Sin embargo, **los agricultores** venden el agua **subterránea** para uno o dos turnos en un **determinado ciclo** para **complementar las** entregas de agua de superficie. A nivel de **los módulos**, las negociaciones **sobre los** precios se **efectúan** entre **las** AUA involucradas en la **transacción y**, **según** las mismas AUA, la CNA **sólo tiene que** aprobar y registrar la **transacción**. No obstante, el estudio **reveló** que la CNA **sí trata de** **desempeñar** una función “reguladora” para asegurarse de que **los módulos** no **vendan** su agua a “precios excesivamente altos”, si bien no estaba claro **cuándo** se consideraba “razonable” o “justo” un precio (Kloezen 1997). Estas transacciones **tienen lugar** en el **Comité Hidráulico**, con la **participación** de la Sociedad de **Responsabilidad Limitada (SRL)** **establecida** precisamente como una **organización coordinadora general** para ocuparse de **los intereses de los módulos**.

**En** el Distrito de la Comarca Lagunera, **las transferencias** de derechos **normalmente se** **efectúan** entre usuarios de una misma AUA o entre AUA diferentes. En el primer caso, la transferencia implica mencionar el cambio de **localización al pagar** la tarifa de riego en la organización de usuarios del agua, mientras que en el segundo caso hay que **notificar** a la CNA para que permita los cambios que se **realizarán** a nivel del **sistema**. Aquí, **los** vendedores son muchos **más** que **los compradores** y las negociaciones sobre **los** precios reflejan este desequilibrio. La **mayoría** de las transferencias son desde los ejidos al sector privado. El agua subterránea en general se renta con la **tierra**, si bien en **ocasiones** se venden las **concesiones** para su utilización en otra propiedad **situada** sobre el mismo acuífero. En estos casos, se **desmantelan** las instalaciones del pozo y se **las** traslada a la **tierra que se** regará. La **incertidumbre** en cuanto a la disponibilidad de **agua** de superficie y el alto **costo** de la energía para el bombeo **estiman** a los ejidatarios a vender **sus concesiones** de agua **subterránea** con el fin de contar con un ingreso seguro aunque bajo (Fortis y Ahlers, 1999).

**Los** precios que se pagan por el derecho de agua **normalmente se** establecen sobre la **base** de una unidad de superficie y, como era de esperar, difieren considerablemente en **los** cuatro distritos. Se ilustra esto en el Cuadro 9. Sin embargo, cuando **los** precios se establecen **sobre** una base **volumétrica**, se vuelven **más** uniformes. **Esto responde** a la diferencia en **las láminas** de riego aplicadas en los **distintos** sitios, pero es notable que se **incluyen** en el **rango común** general. El estudio no pudo establecer si esto era una coincidencia o si se trata **más** bien de la influencia en **todo** el país de una institución, como la CNA.

**Cuadro 9. Rango de los precios de los derechos de agua en el año agrícola 1995-1996 (dólares de 1994)**

<b>Distrito</b>	<b>Alto Río Lerma</b>	<b>Región Lagunera</b>	<b>Río Bravo y Río San Juan</b>
<b>Indicadores</b>	<b>Agua Subterránea</b>	<b>Aguas Superficiales</b>	<b>Aguas Superficiales</b>
Por ha	52 - 130	170	75 - 123
1000m <sup>3</sup>	9.30 - 11.60	12.70	8.40 - 15.40
% SEP/ha	3 - 6	6.8	12 - 19
% VBEP/1000m <sup>3</sup>	5 - 6	7.4	7 - 11
Precio por ha como % de la tarifa del agua	104 - 260	366	251 - 326

Fuente: Ahlers et al. 1999

## 6. IMPLICACIONES PARA EL FUTURO

### 6.1 La naturaleza de los sistemas de riego

En la introducción a este trabajo, señalamos que el sector de la irrigación en México no estaba estructurado para adaptarse en forma apropiada a su entorno. Observamos que los sistemas de riego todavía funcionan básicamente como sistemas hidráulicos de suministro, aun cuando las condiciones indican que deben ser operados poniendo más acento en una producción agrícola eficiente. En muchos sistemas, existe la infraestructura física para suministrar el agua con más eficiencia en términos de las necesidades de los cultivos y los usuarios. No obstante, esto implica un manejo más intensivo, con el consiguiente aumento de los costos de operación. Como se señaló antes, no es probable que esos costos sean cubiertos con la actual mezcla de cultivos. En consecuencia, habrá presiones para cambiar a cultivos de más alto valor y es más probable que hagan esta inversión los usuarios del sector privado y no los ejidatarios. La producción de esos cultivos de más alto valor, con sus mayores exigencias de inversión, incrementará la presión para lograr un riego más seguro. En el caso de las zonas más áridas, es probable que esto lleve a la compactación continua de la superficie regada. En todas las zonas donde se dispone de agua subterránea, aumentará el empleo de ésta, a menos que se instituya un programa más eficiente de control.

Lo anterior implica que el sector de la irrigación se privatizará cada vez más, con una marcada reducción de la participación de los ejidatarios, o que habrá una mayor presión para que el gobierno subsidie al sector. Como en la actualidad los principales beneficiarios de las actividades de riego están en los sectores urbanos e industriales (gracias a los precios relativamente bajos de los alimentos y los resultantes salarios relativamente bajos), hay razones importantes que fundamentan este curso de acción.

### 6.2 La sustentabilidad de las asociaciones de usuarios del agua

#### 6.2.1 La sustentabilidad financiera

Los estudios indican que, si no se efectúan cambios significativos en la estructura de financiamiento de las AUA, muchas de ellas no serán sustentables a largo plazo. Son evidentes dos problemas: el primero se vincula con los años "no normales" en cuanto al agua y el segundo, con la necesidad de rehabilitación y modernización.

Con respecto al primer problema, en las AUA que establecen sus tarifas "por riego", durante los ciclos con una precipitación superior a la normal habrá menos pedidos de riegos y esto provocará un déficit en los ingresos. Del mismo modo, en los ciclos en que la precipitación es lo suficientemente baja para causar una reducción considerable del agua almacenada, habrá una reducción en la cantidad de riegos. Estas dos situaciones provocan problemas importantes para las AUA. Aquellas AUA que establecen sus tarifas sobre la base de un "derecho de agua" (en las zonas más áridas), en principio deben recibir los mismos ingresos cada año, cualquiera que sea la disponibilidad del agua. Sin embargo, los períodos de escasez

de agua producen **severas limitaciones** de la superficie, con **menores** ingresos para los usuarios del agua. Esto **plantea posibles** problemas de pago de la tarifa del agua.

En la situación anterior, una tarifa constituida por dos **elementos** permitiría evitar **algunas** de las dificultades. El primer elemento sería un cobro por la **instalación**, es decir, el pago por la "capacidad de tener riego", que fuera suficiente para cubrir **los costos** de las operaciones y **mantenimiento esenciales** de la AUA. El segundo elemento sería un cobro por **operación**, que retejara los costos variables del suministro del agua.

En esta **última situación**, la tarifa por derecho de agua **tendrá** que ser establecida en un nivel suficientemente alto para que los ingresos medios de la AUA, teniendo en **cuenta** las probabilidades de falta de pago durante los periodos de sequía, fueran suficientes para cubrir la **operación y mantenimiento esenciales**.

La sustentabilidad **financiera** a largo **plazo** es mas problemática. Hay dos **razones** para esto: la **falta** de fondos de reserva y la **escasa rentabilidad** del sector de la irrigación. La **primera** dificultad en principio **podría** resolverse modificando **las** disposiciones de **las** AUA para permitir el establecimiento de fondos de reserva e incrementando la tarifa con el fin de **acumular los recursos** necesarios para la **rehabilitación periódica y la modernización**.

El segundo problema es **más** difícil de resolver. Nuestro **limitado** estudio de **las utilidades netas** que obtienen los usuarios del agua y las discusiones informales con ellos sugieren que será muy difícil **pagar** tarifas del agua **más altas**, o **incluso** continuar **pagando las** tarifas actuales, para **aquellos** cuyos cultivos primarios son los cereales y los frijoles. **No** es probable que **esta situación** se modifique en un futuro cercano a **causa de los** precios mundiales muy bajos de los cereales y las restricciones a **los subsidios agrícolas conforme al** Tratado de Libre Comercio para **América** del Norte. Los ingresos **netos** obtenidos con el algodón y el forraje **usado para la producción lechera** probablemente son **más** altos y pueden ser suficientes para proporcionar **los recursos** que se requieren para una **operación sostenida**.

Una alternativa, reconocida por muchas de las AUA, es crear fuentes adicionales de ingresos. Este **criterio** empresarial tiene sus **propias** exigencias en cuanto a **conocimientos**, capital y **cambios institucionales** que pueden ser difíciles de generalizar en **todo** el sector de la irrigación.

## **6.2.2** La sustentabilidad institucional

El estudio indica que muchas de las AUA son instituciones que **están** madurando y volviéndose **más** eficientes. Sin embargo, las presiones **económicas** en el sector agrícola, en particular en los ejidos, son tales que es probable que la **proporción** de productores privados aumente en **detrimento de los** ejidatarios, con el **consiguiente** cambio del poder **relativo** de estos dos componentes. Esto, combinado con la creciente **politización** de las AUA y la **cada** vez mayor **competitividad** de la escena política en Mexico, sugiere que las AUA sufrirán **más** presiones internas.

A pesar de esas presiones, hay pruebas de que la creciente transparencia de las acciones de las asociaciones y la instauración de mecanismos de rendición de cuentas dan como resultado una organización más eficiente y coherente, aun en una situación socioeconómica bipolar.

## 7. OPORTUNIDADES DE PROGRESO

### 7.1 El mejoramiento de la operación de los sistemas

Se ha señalado antes que existe la infraestructura física necesaria para aumentar la productividad del agua que se usa para el riego. Como primer paso, la eliminación del empleo de la “superficie” como valor sustituto del derecho volumétrico de agua permitiría a los agricultores mayor libertad para decidir sobre la práctica adecuada de riego. En la actualidad, se asigna el agua según una base volumétrica nominal, pero el control de la entrega no se basa en el volumen sino en la limitación de la superficie que se riega. Se aplica el agua a esa superficie en cantidades consideradas suficientes (por lo general con un alto valor en la relación entre el agua y la producción) y la cantidad real se decide o se negocia entre el usuario del agua y el canalero. Sería posible determinar el volumen de entrega usando la duración del flujo y con esto se eliminaría la restricción a la superficie en la cual se puede aplicar el agua. lo cual permitiría a los usuarios individuales regar con más flexibilidad. Aun sin el control de la frecuencia de riego, los usuarios del agua podrían aumentar la superficie regada aplicando menos agua por hectárea. Cierta influencia de los usuarios sobre la frecuencia del riego daría lugar a una mayor flexibilidad en la toma de decisiones acerca de los cultivos. La combinación del control del tiempo por los usuarios y la capacidad de éstos para decidir sobre la tasa de aplicación y la superficie brindaría la máxima oportunidad para usar el agua de manera más eficiente y productiva.

No obstante, como se señaló antes, estos cambios exigirían una considerable capacidad de manejo por parte de las AUA y también de los usuarios mismos del agua. Esta capacidad implica una mayor capacidad técnica, más recursos humanos y costos más altos.

Sin embargo, esta solución podría tener un efecto adverso en la recarga del agua subterránea. En la medida en que se aplica agua en exceso durante el riego planeado, puede haber un aporte considerable a la recarga del agua subterránea. Los datos muestran que las eficiencias globales del riego varían entre 25% y 60%. Con la excepción de los sistemas en Tamaulipas, el excedente de agua recarga el agua subterránea o vuelve a los ríos y da una oportunidad de uso aguas abajo. Para determinar los efectos globales de aumentar la eficiencia del riego sería necesario evaluar los componentes del balance hídrico a nivel de la cuenca hidrográfica.

### 7.2 El mejoramiento institucional

Los tipos de cambio necesarios para la sustentabilidad de las AUA, un manejo financiero y operativo más intensivo, implican la necesidad de mayores habilidades administrativas y de gestión. En consecuencia, sería preciso establecer un programa sistematizado de capacitación para desarrollar esas habilidades. La necesidad de una capacitación adicional fue reconocida por todas las AUA, que a menudo la identificaron como una prioridad. Durante el período inicial del programa de transferencia hubo actividades intensivas de capacitación, así como un programa de rehabilitación de la infraestructura física. A medida que se aceleró el programa,

no se expandieron paralelamente las actividades de capacitación y declinó considerablemente el nivel medio de la capacitación.

## 8 CONCLUSIONES

1. Son limitados los cambios discernibles en el desempeño técnico y agrícola de los distritos bajo el manejo de las AUA.
2. A pesar de que existe una política nacional única y un solo organismo de aplicación, hay inflexibilidad suficiente en la puesta en práctica para permitir una considerable adaptación a las diferencias locales.
3. El potencial de manejo de los sistemas está subutilizado, lo que provoca restricciones de la productividad agrícola.
4. Parecen existir posibilidades de un manejo conjunto de los sistemas de agua de superficie y agua subterránea con el fin de optimizar la utilización del agua y reducir los efectos ambientales adversos.
5. No está claro cuál es el nivel apropiado de inversión en mantenimiento, y urge poder establecer prioridades en el mismo.
6. Desde el punto de vista de la inversión pública, los sistemas de riego constituyen una buena inversión.
7. Desde el punto de vista de la inversión privada, el riego es mucho más cuestionable.
8. La combinación de cambios en el entorno económico de la agricultura y en el entorno sociopolítico probablemente llevarán a cambios significativos en la estructura y la sustentabilidad de las asociaciones de usuarios del agua.
9. También es probable que conduzcan a modificaciones considerables en la organización del sector, con una declinación de los ejidos, y a un cambio a cultivos de más alto valor producidos en superficies más pequeñas.
10. A pesar de los problemas, hay oportunidades de mejorar el desempeño de los sistemas y el sector de la irrigación.
11. **NO OBSTANTE, TODO CAMBIO EN LA UTILIZACIÓN DEL AGUA DEBE SER EVALUADO EN EL CONTEXTO DE LA CUENCA.** El riego constituye el principal usuario consuntivo del agua en casi todas las cuencas y la mayoría de los cambios en la utilización del agua pueden tener repercusiones considerables en otros usuarios.
12. Los estudios analíticos y sobre el terreno de los sistemas mexicanos nos han logrado proporcionar un conocimiento significativamente más amplio sobre su desempeño y complejidades y se han identificado las oportunidades de mejoramiento. Estudios similares en otras partes de México y en otros países de la región permitirían obtener resultados similares.



## BIBLIOGRAFÍA

- Ahlers, R. 1999. Dynamic or Dynamite: Water Marketing in the Comarca Lagunera, México. International Water Management Institute. Paper presented at conference "The environment of greater México: History, Culture, Economy, and Politics. San Diego, Cal. March 5-6.
- Ahlers, R., E. Rymshaw, and W. Kloezen. 1999. Policy and Practice: Challenging Conventional Thought on Water Trading. México. International Water Management Institute. Unpublished Draft.
- Cruz, A. and G. Levine. 1998. El uso de las aguas subterráneas en el distrito de riego 017, Región Lagunera, México. Serie Latinoamerica No. 3. International Water Management Institute. México City.
- Fortis-Hernández, M. and R. Ahlers (1999). Naturaleza y Extensión del Mercado del Agua en el Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera, México. Serie Latinoamericana No. 10. Mexico, D.F. Mexico: International Water Management Institute.
- Garcés-Restrepo, C., S.H. Johnson, G. Levine, and C. A. Scott. 1997. México Irrigation Sector Profile. Miscellaneous publication, International Irrigation Management Institute. México City and Colombo.
- Gonzalez, C.H., F.J. Gonzalez Villareal, and M. Contijoch Escontria. 1994. Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica. Comisión Nacional del Agua. México City.
- Jones, W.L., 1995. The Bank and Irrigation. International Bank for Reconstruction and Development. Washington, D.C.
- Kloezen, W. H. 1997. Water rights and water markets in the Alto Río Lerma Irrigation District, México. México D.F., México: International Irrigation Management Institute. Unpublished Draft.
- Kloezen, W.H. and C. Garcés-Restrepo. 1998. Assessing irrigation performance with comparative indicators: the case of the Alto Río Lerma irrigation district, México. Research Report 22, International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.
- Kloezen, W.H., C. Garcés-Restrepo, and S.H. Johnson III. 1997. Impact assessment of irrigation management transfer in the Alto Río Lerma Irrigation District, México. Research Report 15. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Levine, G. 1982. Perspectives on integrating findings from research on irrigation systems in Southeast Asia. In: Small, L. 1982. Investment decision for the development and utilization of irrigation resources in Southeast Asia. Teaching and Research Forum No. 26, The Agricultural Development Council, Bangkok and New York.

Levine, G. 1999. Entendiendo el comportamiento del riego: La disponibilidad relativa del agua como variable explicativa. Serie Latinoamericana: No 6. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

Levine, G., A. Cruz Galván, D. García, C. Garcés-Restrepo, and S. Johnson III. 1998. Performance of two transferred módulos in the Lagunera region: Water relations. Research Report 23. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Monsalvo, G., 1999. Sostenibilidad institucional de los módulos de riego en México. IWMI Serie Latinoamericana No. 8. Mexico, D.F. Mexico: International Water Management Institute.

Otten, A. and S. Reutlinger. 1967. Performance evaluation of eight ongoing irrigation projects. Economics Department Working Paper No. 40. World Bank. Washington., D.C.

Peña, S., J. Arreguín, J. Bredhoeft, and R. Young. 1999. Disponibilidad, uso y sobreexplotación de los recursos de agua subterránea en México. In: Banco Mundial and Comisión Nacional del Agua, Políticas Opcionales para el Manejo de la Sobreexplotación de Acuíferos en México, Estudio Sectorial. Guanajuato.

Perry, C.J. 1996. Quantification and measurement of a minimum set of indicators for the performance of irrigation systems. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka. (Duplicated)

Ramírez-C, J. 1998. Indicadores de desempeño en los distritos de riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México. Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación. Trabajo presentado en el evento " El desempeño de los módulos transferidos en el distrito DR 011". Valle de Santiago, Gto, Mex. Marzo 31- Abril 3.

Rymshaw, E. 1998. Análisis del desempeño de la irrigación en los distritos de riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México. IWMI, Serie Latinoamericana: No 1. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

Rymshaw, E., and G. Levine. 1998. Performance indicators for supplemental irrigation systems: A comparison in two districts in northeastern México. México. International Water Management Institute. Unpublished Draft.

Scott, C and C. Garcés-Restrepo. 1999. Manejo conjunto del agua de superficie y el agua subterránea en la cuenca media del Río Lerma, México. International Water Management Institute. Trabajo presentado en el “II Encuentro de las Aguas” Montevideo, Uruguay. Junio 15-19.

1. Ellen Rymshaw. 1998. Análisis del Desempeño de la Irrigación en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México.
2. Charlotte deFraiture y Carlos Garcés-Restrepo. 1998. Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigación: El Caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia.
3. Alejandro Cruz y Gilbert Levine. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México.
4. Jorge Sotomayor, Win H. Kloezen, Carlos Garcés-Restrepo y Elena Bastidas. 1999. Manejo del Agua en las Acequias Privadas Garrapatal y el Tambo en la Provincia del Carchi, Ecuador.
5. Marinus G. Bos y Jorge L. Chambouleyron (Editores). 1999. Parámetros de Desempeño de la Agricultura de Riego de Mendoza, Argentina.
6. Gilbert Levine. 1999. Entendiendo el Comportamiento del Riego: La Disponibilidad Relativa del Agua como Variable Explicativa.
7. Carlos Garcés-Restrepo y Julio Guerra-T. 1999. Consideraciones de Impacto Ambiental por Efecto de las Obras de Regadío en el Distrito de Riego Chancay-Lambayeque, Perú.
8. Gabriela Monsalvo Velásquez. 1999. Sostenibilidad Institucional de las Asociaciones de Riego en México.
9. Francisco J. Flores-López y Christopher A. Scott. 1999. Simulación de Alternativas del Manejo del Agua en la Cuenca del Río San Juan, México.
10. Manuel Fortis-Hernandez y Rhodante Ahlers. 1999. Naturaleza y Extensión del Mercado de Aguas en el Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera, México.
11. Gilbert Levine y Carlos Garcés-Restrepo. 1999. El Desempeño de los Sistemas de Riego y sus Implicaciones para la Agricultura Mexicana.

# **INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA**

Programa de México

c/o CIMMYT, Lisboa 27 Col. Juarez

A Postal 6-641. CP 06600. México D.F., México

Telf: (52 5) 7269091 Fax: (52 5) 7267558

E-mail : [cgarces@cimmyt.mx](mailto:cgarces@cimmyt.mx)

## **INFORME DE MÉXICO**



**INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE**

PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka

Tel (94-1) 867404. FAX (94-1) 866854 .

E-mail [IWMI@cgiar.org](mailto:IWMI@cgiar.org)

Internet Home Page <http://www.cgiar.org/iimi>