

**22**  
**-Es**

*Informe de Investigación*

**Evaluación del Desempeño  
del Riego con Indicadores  
Comparativos: El Caso del Distrito  
de Riego Alto Río Lerma, México**

*Wim H. Kloezen*

*y*

*Carlos Garcés-Restrepo*



**Instituto Internacional del Manejo del Agua**

## **Informes de Investigación**

La misión del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) es fomentar y apoyar el aumento sostenible de la productividad en la agricultura bajo riego, dentro del contexto general de la cuenca hidrográfica. Para cumplir esta misión, el IWMI se concentra en la *integración* de políticas, tecnologías y sistemas de manejo con el fin de lograr soluciones aplicables a problemas reales, es decir, resultados prácticos e importantes en el campo del riego y de los recursos hídricos.

Las publicaciones de esta serie cubren un amplio rango de temas —desde el desarrollo de modelos por computadora hasta las experiencias adquiridas con las asociaciones de usuarios del agua— y varían en su contenido desde investigación que puede aplicarse directamente hasta estudios más básicos de los que depende, en último término, el trabajo aplicado. Algunos informes de investigación son estudios empíricos analíticos y detallados, de enfoque estrecho; otros son resúmenes que abarcan diversas situaciones y sintetizan los problemas genéricos.

Aunque la mayoría de estos informes son publicados por el personal del IWMI y sus colaboradores, recibimos con beneplácito contribuciones de otros individuos y entidades. Cada informe se examina internamente por el personal del IWMI, por los científicos visitantes y por revisores externos. Los informes se publican y se distribuyen tanto en papel como electrónicamente (<http://www.cgiar.org/iimi>), y, en cuanto sea posible, todos sus datos y análisis estarán disponibles como archivos separados que se pueden bajar de la red. Los informes pueden copiarse libremente y citarse con el debido reconocimiento.

*Informe de Investigación 22*

**Evaluación del Desempeño del Riego con  
Indicadores Comparativos: El caso del  
Distrito de Riego Alto Río Lerma, México**

*Wim H. Kloezen*

*y*

*Carlos Garcés-Restrepo*

**Instituto Internacional del Manejo del Agua**  
P.O. Box 2075, Colombo, Sri Lanka

*Los autores:* Wim H. Kloezen es Experto Asociado en Manejo del Riego y Carlos Garcés-Restrepo es el Jefe del Programa Nacional IWMI-México.

Los autores agradecen la contribución de Alfredo Marmolejo y José Jesús Ramírez, asistentes de campo en la investigación del IWMI en Cortázar y Salvatierra. También expresan su gratitud al personal de la Oficina del Distrito de la CNA en Celaya y al grupo de Hidrociencias del Colegio de Postgraduados en Montecillo por el apoyo prestado, así como la Directiva, el personal técnico y los usuarios de los módulos de Cortázar y Salvatierra. Los autores agradecen además a Ian Makin, Sam H. Johnson III y David Molden y a cuatro revisores anónimos sus valiosos comentarios sobre este informe. El IWMI expresa su reconocimiento por el apoyo financiero otorgado por la Oficina en México de la Fundación Ford y la Directoraat Generaal Internationale Samenwerking (DGIS) del Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de los Países Bajos.

Kloezen, W. H. y Garcés-Restrepo, C. 1998. *Evaluación del desempeño del riego con indicadores comparativos: El caso del Distrito de Riego Alto Río Lerma, México*. Informe de Investigación 21. Colombo, Sri Lanka: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

*/ manejo del riego / programación del riego / asignación del agua / distribución del agua / estudios de casos / restricciones institucionales / operación / monitoreo / indicadores / índices del desempeño / derechos de agua / aspectos económicos / recolección de datos / efectos ambientales / evaluación del desempeño / eficiencia en la utilización del agua / México /*

ISBN 92-9090-366-x

ISSN 1026-0862

© IWMI, 1998. Todos los derechos reservados.

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, uno de los dieciseis centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAR), fué creado por una 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.

# Contenido

Resumen	v
Los indicadores del Proceso en Contraste con los Indicadores Comparativos del Desempeño	1
El Distrito de Riego y los Dos Módulos Seleccionados	3
El Distrito de Riego	3
El Módulo Cortázar	4
El Módulo Salvatierra	5
El Manejo del Riego en el DRARL	6
Aspectos Institucionales	6
Los Derechos de Agua	6
Aspectos Financieros	7
Normas para la Asignación, la Distribución y la Programación del Riego	7
Metas Operativas y Monitoreo	8
Metodología para la Recolección de Datos	10
El Desempeño en la Utilización del Agua	13
Indicadores Comparativos del Desempeño	13
Indicadores del Desempeño en el Proceso	17
El Desempeño Agrícola	26
El Desempeño Financiero	30
Los Impactos Ambientales	31
Evaluación de los Procedimientos de Recolección de Datos	32
Conclusiones	34
El Desempeño del DRARL	34
Algunas Enseñanzas Metodológicas	37
Anexo: Indicadores Comparativos Definidos	39
Bibliografía	41

# Resumen

Además de usar indicadores del proceso, que son aquellos que vinculan el desempeño real con metas específicas relacionadas con los objetivos de los administradores, el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) propone emplear un conjunto mínimo de indicadores comparativos para evaluar el desempeño hidrológico, agronómico, económico, financiero y ambiental de los sistemas de riego. El propósito de aplicar indicadores comparativos es evaluar los resultados y las repercusiones de las prácticas de manejo del riego, las intervenciones en distintos sistemas y en diferentes niveles de los sistemas, además de comparar entre sí diversos ciclos y métodos de riego. La aplicación de los indicadores comparativos proporcionará a los administradores de los sistemas, los investigadores y quienes formulan las políticas información sobre las diferencias en el desempeño y, por lo tanto, les permitirá identificar las deficiencias en las políticas de manejo del riego. En general, se usan los indicadores del proceso para evaluar el desempeño real del riego en relación con los objetivos del manejo y las metas operativas específicos del sistema. Se piensa que, en comparación con los indicadores del proceso, la aplicación de indicadores comparativos requiere procedimientos para la recolección de datos que implican menos tiempo y recursos.

Con el fin de poner a prueba su aplicabilidad y utilidad, se aplicaron los indicadores comparativos en el Distrito de Riego Alto Río Lerma (DRARL) en México, que tiene un área de control aproximada de 113,000 hectáreas, y en dos módulos dentro del distrito. Se compararon los resultados y los procedimientos de recolección de datos de los indicadores comparativos con los de un grupo pequeño de indicadores del proceso.

La evaluación del desempeño del DRARL con los indicadores comparativos revela un manejo del riego en condiciones de disponibilidad de agua relativamente abundante, láminas de riego planeadas que son

altas en relación con las demandas de los cultivos, rendimientos económicos por unidad de agua y de tierra que son favorables en comparación con otros distritos, la recuperación total de los costos de organización y manejo y una sobre-explotación de los mantos acuíferos.

La aplicación de los indicadores del proceso a nivel del distrito y de los módulos, así como a nivel de los canales y parcelas seleccionados, permitió conocer mejor los procesos y la dinámica del manejo del sistema. Los resultados indican que la asignación real del agua a nivel del distrito concuerda mucho con los volúmenes concesionados a los módulos y que hay pocos problemas relacionados con la oportunidad y la distribución espacial del suministro de agua en los canales seleccionados. En todos los casos observados, la entrega real de agua a los canales y parcelas fue más alta que el suministro planeado y el reportado. Una ventaja importante de evaluar el desempeño sobre la base de los indicadores del proceso fue que proporcionó una forma excelente de conocer mejor la naturaleza y la calidad de los datos reportados por los módulos. Como estos datos reportados constituían la base de gran parte de los datos disponibles a nivel del distrito, resultaron un elemento importante al verificar la confiabilidad de los datos del distrito, que en gran medida se usan para calcular los indicadores comparativos.

La aplicación de los indicadores comparativos requirió menos tiempo y recursos que el procedimiento usado para recolectar datos primarios para los indicadores del proceso. No obstante, resultó más compleja de lo previsto. La razón principal de esto fue la necesidad de reunir y totalizar los datos en los niveles más bajos del sistema para verificar los datos totales a nivel del distrito. Además, se encontraron varios problemas al calcular los indicadores, como la falta de datos confiables sobre la ET no benéfica, el flujo hacia sumideros y la falta de estandarización

para el cálculo de la precipitación efectiva. Por último, la carencia de estudios comparativos hizo difícil interpretar los rendimientos por unidad de agua y de tierra.

Una vez que se hayan resuelto estos problemas metodológicos, el conjunto mínimo de indicadores

comparativos será un instrumento útil y eficaz en relación con su costo para monitorear los resultados y las repercusiones del manejo del riego, y proporcionará una buena base para comenzar a vincular el tipo y la calidad del desempeño en el proceso con el desempeño comparativo.

# *Evaluación del Desempeño del Riego con Indicadores Comparativos: El Caso del Distrito de Riego Alto Río Lerma, México*

*Wim H. Kloezen y Carlos Garcés-Restrepo*

## **Los Indicadores del Proceso en Contraste con los Indicadores Comparativos del Desempeño**

Este informe de investigación describe y evalúa la aplicación de un conjunto mínimo de indicadores del desempeño propuesto por el IIMI en el Distrito de Riego Alto Río Lerma (DRARL), situado en el estado mexicano de Guanajuato, y compara esos indicadores con la aplicación de un conjunto pequeño de indicadores del desempeño en el proceso. Se usa este estudio con el fin de poner a prueba tres hipótesis sobre la utilidad y la aplicabilidad de este conjunto mínimo de indicadores comparativos para evaluar el desempeño de un sistema de riego en gran escala:

- Dentro de un solo sistema, los indicadores comparativos permiten distinguir las diferencias en el desempeño entre los niveles del sistema, los ciclos y las fuentes de riego.
- Las evaluaciones basadas en indicadores comparativos ayudan a identificar las deficiencias en las políticas de manejo.
- A diferencia de lo que sucede con los indicadores del proceso, la aplicación de los indicadores comparativos no requiere gran cantidad de datos y, por consiguiente, es eficaz en relación con su costo.

Se aplicaron los indicadores del desempeño durante los ciclos de riego otoño-invierno (OI) 1995–1996 y primavera-verano (PV-SC) 1996 en el distrito en general y en dos de las 11 subunidades de riego del distrito, los módulos Cortázar y Salvatierra. El restringido conjunto de datos en este informe permite comparar los niveles de desempeño en distintas áreas dentro del sistema, ciclos diferentes de riego y diversas fuentes del riego (agua superficial y agua subterránea). Kloezen, Garcés-Restrepo y Johnson (1997) presentan un análisis detallado de los cambios temporales en el desempeño en un informe de investigación sobre los impactos de un programa de transferencia del manejo del riego en el DRARL, en el cual se emplean datos en series cronológicas correspondientes a 1982–1996.

El propósito de usar indicadores comparativos es evaluar los resultados y las repercusiones de la intervención en sistemas individuales, comparar el desempeño de un sistema en el transcurso del tiempo y también sistemas en áreas diferentes y niveles distintos de un sistema (Molden et al. 1998). Esto contrasta con los indicadores del proceso, en general usados para evaluar el desempeño conforme a un modelo orientado hacia los objetivos. Este enfoque vincula el desempeño real con metas de manejo específicas del sistema, relacionadas con los objetivos esta-



blecidos por los administradores del riego (Small y Svendsen 1990, 1992).<sup>1</sup> Los indicadores del proceso ayudan a los administradores del sistema a monitorear la calidad del desempeño operativo diario y por ciclo (Murray-Rust y Snellen 1993), pero no permiten evaluar la importancia del riego en un determinado sistema, en distintos niveles del sistema, en un ciclo dado y con una fuente específica de agua, en relación con otros sistemas, niveles, ciclos o fuentes de riego.

Numerosos estudios se concentran en la definición de una serie de indicadores del proceso. Los indicadores comúnmente definidos en la literatura sobre el tema incluyen:

- La eficiencia de la conducción, de la distribución, de la aplicación y del proyecto (Bos y Nugteren 1990; Molden y Gates 1990; Wolters 1992).
- La confiabilidad de la distribución del agua (Abernethy 1986; Molden y Gates 1990; Oad y Sampath 1995).
- La equidad o la uniformidad espacial de la distribución del agua (Abernethy 1986; Levine y Coward 1989; Sampath 1988; Sharma, Oad y Sampath 1991; Molden y Gates 1990).
- La adecuación y la oportunidad del suministro del riego (Levine 1982; Abernethy 1986; Molden y Gates 1990; Oad y Sampath 1995; Meinzen-Dick 1995).

Rao (1993) ofrece un excelente resumen de esta literatura y muchos autores han aplicado uno o más de esos y otros indicadores en sistemas individuales de riego (véase, por ejemplo, Jurriëns 1996). Sin duda, todos esos indicadores han resultado útiles porque proporcionan información importante acerca de procesos del desempeño operativo de los sistemas individuales donde se aplicaron los indicadores. No obstante,

los indicadores antes mencionados han mostrado ciertas limitaciones en cuanto a su utilidad y aplicabilidad. Esas limitaciones incluyen los siguientes aspectos:

- La mayoría de los autores proponen usar distintos indicadores o emplear diferentes metodologías o instrumentos para medir el mismo indicador. Si bien en esfuerzos recientes se ha tratado de estandarizar algunos indicadores del proceso (Bos et al. 1994), siguen surgiendo propuestas de indicadores nuevos del proceso u otras metodologías para medir los indicadores. En consecuencia, casi no son posibles las comparaciones entre distintos sistemas o en el transcurso del tiempo.<sup>2</sup>
- Los indicadores del proceso se basan en la existencia de objetivos del manejo y metas operativas claramente definidos. Sin embargo, en muchos sistemas de riego no existen esos objetivos y metas o están definidos en forma muy general y se contradicen unos a otros (Brewer, Sakthivadivel y Raju 1997).
- Como señalaron Small y Svendsen (1990) medir los indicadores del proceso siguiendo el modelo de los objetivos implica que hay subjetividad en la evaluación del desempeño en el establecimiento de los mismos objetivos y metas y en la forma en que se ponderan los objetivos que difieren. Los administradores de los sistemas, quienes formulan las políticas, los productores y los investigadores podrían todos establecer objetivos y metas diferentes, en especial en los sistemas donde ambos no están aún definidos (o lo están en forma deficiente), o cuando se han modificado los objetivos como resultado de cambios espectaculares en, por ejemplo, los patrones de cultivo, la disponibilidad de

<sup>1</sup>Small y Svendsen (1990 y 1992) distinguen este *modelo orientado a los objetivos del modelo del sistema natural*, que mide el desempeño en términos de la capacidad de un sistema de obtener recursos, más que en términos de sus resultados o sus repercusiones.

<sup>2</sup>Véanse, por ejemplo, Oad y Sampath (1995) y Meinzen-Dick (1995).

agua o los sistemas políticos y económicos.

- En general, estos indicadores del proceso se refieren a cómo se utiliza el insumo (el agua), pero no dan información sobre las repercusiones hidrológicas, agrícolas, económicas, sociales y ambientales más amplias a las que han llevado los insumos.
- La mayoría de los ejercicios de evaluación del desempeño descritos en la literatura se realizaron en el contexto de programas intensivos de investigación, a menudo para poner a prueba indicadores nuevos introducidos por los investigadores más que propuestos por los administradores de los sistemas. Por consiguiente, poco se sabe acerca de cómo perciben los administradores de los sistemas la utilidad de esos indicadores para la operación cotidiana del sistema, y acerca de cuán fácil es aplicar esos indicadores para los propósitos de monitoreo diario.
- La medición de la mayoría de los indicadores del proceso requiere procedimientos complicados de recolección de datos. Normalmente no se han instalado sistemas de monitoreo para reunir los datos requeridos. En conse-

cuencia, la aplicación de los indicadores exige contar con personal, conocimientos y equipos adicionales, que comúnmente no existen en los sistemas de riego o son difíciles de obtener.

Sin pretender superar todas las limitaciones mencionadas antes, el IWMI ha identificado nueve indicadores comparativos que abordan al menos algunos de esos problemas. Este conjunto mínimo de indicadores se basa en parámetros hidrológicos, agronómicos, económicos, financieros y ambientales. El propósito es evaluar las repercusiones de las intervenciones de manejo y proporcionar una base para determinar cómo está funcionando un sistema midiendo los rendimientos de la agricultura de riego. Este informe forma parte de una serie que ilustra la aplicación del conjunto mínimo de indicadores comparativos recomendado por el IWMI.

Con el fin de evaluar la experiencia de aplicar los indicadores comparativos y el tipo de información con ellos generada, se agregaron una serie de indicadores del proceso para la comparación. La elección de este conjunto de indicadores del proceso se basa en lo que los administradores del sistema en el DRARL perciben como las metas operativas más importantes.

## **El Distrito de Riego y los Dos Módulos Seleccionados**

### *El Distrito de Riego*

El DRARL fue construido en los años 30 y tiene un área aproximada de control de 112,772 hectáreas. Está situado en el estado de Guanajuato, en la región central de Méxi-

co. El distrito está ubicado en el tramo superior de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala, que tiene 48,215 km<sup>2</sup> y cruza cinco estados para servir a nueve distritos de riego y el enorme lago de Chapala, cerca de Guadalajara. La captación total de esta

cuenca es de alrededor de 4,740 millones de metros cúbicos (MMC), de los cuales en promedio 43% (2,020 MMC) se entrega a los distritos de riego, 30% a las unidades de riego (los sistemas de riego en pequeña escala) y el resto se destina al lago de Chapala y a usos domésticos e industriales. De los nueve distritos de riego, el DRARL es el más grande y absorbe aproximadamente el 44% (880 MMC) del total de agua almacenada para empleo dentro de los distritos (CNA 1992).

Hay aproximadamente 24,000 usuarios del agua en el distrito de riego, 55% de ellos clasificados como ejidatarios<sup>3</sup> y 45% como pequeños propietarios.<sup>4</sup> La propiedad en el distrito de riego tiene en promedio cinco hectáreas.

El clima ha sido clasificado como subhúmedo moderado, con una precipitación anual media de 750 mm y una temperatura media de 19<sup>o</sup> C. La evapotranspiración anual media es de aproximadamente 2,000 mm y la humedad relativa media, de alrededor del 60%. El ciclo seco de otoño-invierno, con unos 80 mm de precipitación, comienza en noviembre y termina a fines de abril. La precipitación en el ciclo primavera-verano, desde mayo hasta noviembre, es de aproximadamente 670 mm.

El agua superficial para el distrito es proporcionada por cuatro presas de terraplén, con una capacidad conjunta de almacenamiento de 2,140 MMC, para regar 35,075 hectáreas. La red de riego comprende 475 km de canales principales y 1,658 km de canales secundarios y terciarios. Hay también una red de unos 1,031 km de canales de drenaje. Normalmente se cultivan trigo y cebada durante el ciclo seco otoño-invierno, mientras que el sorgo, el maíz y los frijoles son los principales cultivos producidos en el ciclo primavera-verano, más húmedo. Los productores con acceso al agua subterránea tienden a producir más hortalizas.

El estado de Guanajuato tiene una alta concentración de pozos. Aproximadamente el 20% de todos los pozos de México se encuentran en este estado. El estado tiene 18 mantos acuíferos diferentes, tres de los cuales son explotados por los usuarios del DRARL. La superficie total que cubre estos tres mantos acuíferos es de 330,600 hectáreas, con una recarga anual media de 500 MMC.

El distrito de riego está subdividido en 11 unidades, llamadas módulos. Cada módulo es manejado por una Asociación de Usuarios de Agua (AUA). En la Figura 1 se muestra la ubicación del distrito de riego y sus 11 módulos.

### *El Módulo Cortázar*

El módulo Cortázar está situado en el centro del distrito y tiene un área total de control de 18,694 hectáreas, incluidas 7,760 hectáreas servidas por pozos. Se extrae agua superficial del canal principal Coria, que transporta agua desde el reservorio Solís y la obra de cabeza Toro de Lomo en el río Lerma. El canal principal corre por 72.2 km a lo largo del borde oriental del módulo y riega 10,934 hectáreas en la orilla izquierda, entre el canal y el canal principal Salamanca. El módulo es largo y estrecho y está servido por 54 canales secundarios con una longitud total de 222 km. La red de drenaje se extiende a 95 km. El agua subterránea es extraída mediante 340 pozos profundos, para abastecer 5,796 hectáreas con pozos instalados por los propietarios particulares y 1,964 hectáreas abastecidas con pozos públicos manejados por el módulo. Normalmente, las áreas regadas por canales son distintas de las irrigadas con pozos, pero algunos productores usan ambas fuentes de riego. Si bien se han asignado áreas compactas a la mayoría de los pozos pro-

<sup>3</sup>Miembros de las comunidades resultantes de la reforma agraria, creadas durante la revolución mexicana a comienzos del siglo XX. Hasta la revisión del Artículo 27 de la Constitución en 1992, la tierra del ejido pertenecía al estado mexicano.

<sup>4</sup>El término «pequeño propietario» es una designación errónea porque en México esa categoría de usuarios abarcaría propiedades de hasta 100 hectáreas para un propietario individual. En la práctica, esa superficie se vuelve más grande cuando el usuario divide la propiedad entre sus parientes.

fundos públicos, a menudo los usuarios tienen que emplear la infraestructura de canales para poder transportar agua subterránea a sus parcelas, lo cual complica el manejo del agua superficial. Los ejidatarios ocupan el 52% de la superficie, en 32 ejidos con 1,962 usuarios; 1,028 pequeños propietarios cultivan el restante 48% de la tierra.

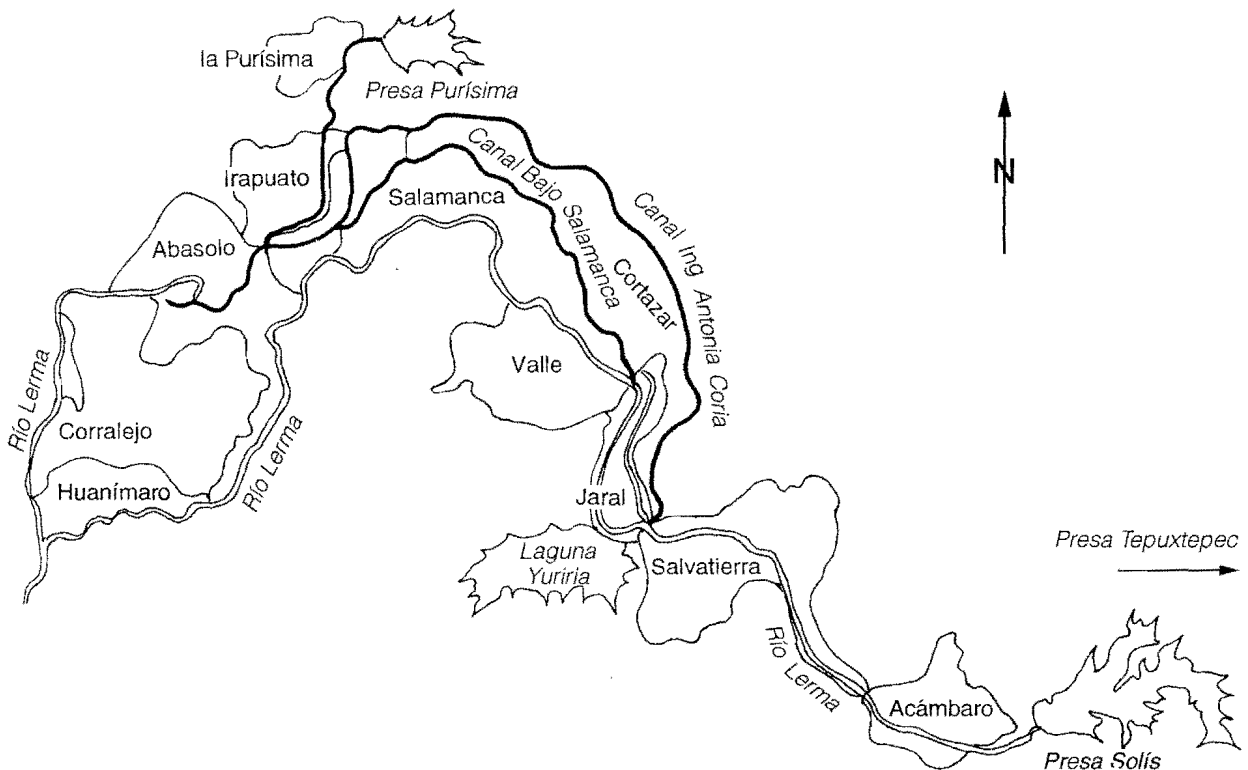
### ***El Módulo Salvatierra***

El módulo Salvatierra está situado arriba del módulo Cortázar, en la parte meridional del distrito, con un área total de

control de 16,093 hectáreas y 6,054 usuarios. Extrae agua de dos presas, Tepuxtepec y Solís (Figura 1), mediante seis tomas de canales en el río Lerma. La red de canales tiene 251 km de largo. La longitud total de los canales de drenaje en el módulo es de 208 km. Hay 21 pozos públicos y 170 pozos privados, que riegan 565 ha y 2,753 ha, respectivamente.

Aproximadamente el 85% de la tierra es cultivada por ejidatarios, con parcelas medias de 2.7 hectáreas agrupadas en 44 ejidos. El resto es cultivado por 972 pequeños propietarios, con parcelas medias de 2.4 hectáreas.

FIGURA 1.  
El Distrito de Riego Alto Río Lerma y sus 11 módulos.



# El Manejo del Riego en el DRARL

## *Aspectos Institucionales*

A fines de los años 80, el gobierno de México decidió reestructurar y modernizar su sector agrícola. Un componente de la estrategia adoptada fue la transferencia del manejo del riego (TMR) orientada a traspasar la autoridad de manejo de los sistemas públicos de riego de la Comisión Nacional del Agua (CNA) a asociaciones de usuarios del agua. Como resultado de este programa, la operación y mantenimiento (OyM) de los sistemas de riego dejó de ser una responsabilidad exclusiva del gobierno federal para ser compartida con las recientemente creadas AUA. Oficialmente, la función de la CNA se limita ahora al manejo de las presas, las obras de cabeza y los canales principales de la nación. También en 1992, se formaron comités hidráulicos a nivel de distrito para elaborar un plan anual de riego y asegurarse de que efectivamente se pone en práctica ese plan. Estos comités, donde intervienen la CNA, las AUAS y funcionarios estatales locales, proporcionan una coyuntura para el manejo, la negociación y la toma de decisiones en forma conjunta.

Los usuarios comenzaron a compartir la responsabilidad del manejo con la CNA en noviembre de 1992.<sup>5</sup> Como resultado de la TMR, la AUA en Cortázar se volvió responsable de la OyM por debajo de las tomas de canales secundarios en el canal principal hasta el nivel parcelario, mientras que en Salvatierra la AUA asumió la responsabilidad por la OyM de todo el sistema de distribución, desde las tomas de los seis canales principales hasta el nivel parcelario. Ambas AUA han contratado personal profesional y técnico para la operación del sistema de riego, manejado por administradores generales designados por las Directivas de

las asociaciones. Las directivas son elegidos mediante la votación libre de los usuarios y están constituidos por un presidente, un secretario y un tesorero, además de sustitutos elegidos para cada cargo. Las Directivas, más los delegados de cada ejido y dos delegados por municipio que representan a los pequeños propietarios, constituyen una asamblea general que normalmente se reúne cada mes. En 1996, las AUA de Cortázar y Salvatierra emplearon a 23 y 38 técnicos respectivamente, de los cuales aproximadamente una mitad eran canaleros y la otra, personal administrativo y de conservación. Antes de la transferencia del manejo, la CNA tenía 273 empleados en 1992, de los cuales quedaban sólo 116 en 1996.

## *Los Derechos de Agua*

El programa de TMR fue acompañado por la promulgación de la nueva Ley de Aguas Nacionales en 1992. Esta ley aclara los derechos de agua y permite comerciar con ésta. Las disposiciones que apoyan la ley fueron aprobadas en 1994. Según la ley, a cada AUA dentro de un distrito de riego se le otorga una concesión que le da derecho a una parte del agua disponible para cada ciclo. Estas partes o concesiones son proporcionales a las áreas con derechos de agua de gravedad en cada módulo. Si bien las concesiones se otorgan por períodos de hasta 20 años, la CNA retiene una amplia facultad discrecional respecto al derecho de los concesionarios a usar el agua y a efectuar transacciones con ésta (venta o renta).

Según la Ley, las concesiones pueden ser otorgadas a usuarios individuales del agua. Sin embargo, parece existir una fuerte preferencia de la CNA por hacer conce-

<sup>5</sup>Véase en el trabajo de Kloezen, Garcés-Restrepo y Johnson (1997) una discusión detallada del programa de TMR en el DRARL y de sus repercusiones en, entre otras cosas, la utilización del agua, el financiamiento de la OyM, la conservación y la productividad agrícola y económica.

siones a las AUA (Rosegrant y Schleyer 1996). La idea es que las AUA establezcan normas y reglamentos del proceso para otorgar derechos subsidiarios de agua en forma equitativa a todos sus miembros. No obstante, en el caso del DRARL ninguna de las AUA ha establecido estas normas y reglamentos. Los acuerdos de venta y renta del agua entre los usuarios son prácticas comunes, con o sin la aprobación de la CNA.

Según la nueva ley, el agua puede ser comercializada, por ejemplo, entre dos AUA. Las ventas de agua requieren la aprobación de la CNA y de la mayoría de la asamblea general de las AUA involucradas.

### *Aspectos Financieros*

Antes de la transferencia de la responsabilidad del manejo, los usuarios pagaban tarifas por el agua directamente a la CNA. Sin embargo, en gran medida a causa del deterioro de la infraestructura y los servicios de conservación, la proporción de tarifas cobradas cayó de 85% a comienzos de los años 60 a alrededor del 15% a fines de los 80 (Palacios 1994a; Whiteford y Bernal 1996). Después de la transferencia, las tarifas son fijadas y cobradas directamente por las AUA. En general, los usuarios pagan sus tarifas antes de recibir el riego. En 1995 y 1996, las tarifas por servicios de riego en el DRARL eran de aproximadamente US\$7.5/ha/riego. Con cinco riegos al año, las tarifas totalizan US\$37.50/ha o US\$2.5/1,000 m<sup>3</sup>, con una lámina total aproximada de 1,500 mm.

Como resultado de la TMR, una proporción negociada de las tarifas cobradas por las AUA es pagada a la CNA por el suministro de servicios de Oym en las cabecezas y en los canales principales. La proporción de las tarifas pagadas a la CNA fluctúa entre el 11% y el 28% de las tarifas cobra-

das, según la complejidad y el nivel del servicio que la CNA proporciona a cada módulo. La CNA debe aprobar las tarifas anuales establecidas por las AUA y pagadas por los usuarios.

### *Normas para la Asignación, la Distribución y la Programación del Riego*

*Entre los módulos.* La norma sobre la asignación y la distribución entre los 11 módulos en el DRARL se basa en tres principios. En primer lugar, a comienzos de cada año agrícola (noviembre) la CNA determina la disponibilidad de agua en las presas que sirven al distrito. A cada módulo se le concede un porcentaje del volumen disponible en las presas. Estas concesiones son proporcionales a las áreas con derechos de riego por gravedad en cada módulo y no tienen en cuenta la superficie regada real ni los cultivos producidos. Sobre la base de estas concesiones y la disponibilidad de agua en el inicio del año agrícola, el comité hidráulico elabora el plan anual de qué volumen será asignado a cada módulo. Estos volúmenes planeados pueden diferir ligeramente del porcentaje concesionado ya que cada año se ajustan los volúmenes conforme a la subutilización o sobreutilización de agua por el módulo en el año anterior.

En segundo lugar, normalmente se puede regar toda el área de control de cada módulo. Sin embargo, en las épocas en que hay escasez de agua la superficie total que se regará es determinada mediante la negociación entre la CNA y las AUA en el comité hidráulico. Esto puede variar de un módulo a otro y básicamente depende de las características físicas del módulo, las experiencias con patrones de riego anteriores y las preferencias de los usuarios.

Por último, el comité hidráulico también decide acerca de la cantidad de riegos que se pueden suministrar a cada módulo, el inicio y el fin de cada período de riego y si el riego será proporcionado durante los dos ciclos, otoño-invierno y primavera-verano. En general, esta decisión se aplica en todos los módulos. La CNA se muestra reuente a abrir las presas para suministrar agua a sólo algunos módulos, ya que esto implicaría considerables pérdidas en el transporte en el sistema principal.

*Dentro de los módulos.* Las normas de distribución dentro de los módulos se basan en cuatro principios. En primer término, un usuario no puede recibir más riegos que la cantidad máxima de éstos asignada al módulo. Se hacen excepciones para los productores que producen cultivos como los frijoles, que requieren riegos más frecuentes, pero sólo cuando este riego adicional cae dentro de un periodo de riego determinado por la tercera norma de asignación mencionada anteriormente. En segundo lugar, cada productor puede producir cualquier cultivo que desee. En tercer lugar, los usuarios no pueden solicitar agua para una superficie mayor que la registrada a sus nombres. En el caso de que el comité hidráulico decida que sólo se puede regar una superficie menor que el área total de control del módulo, la AUA decide cuál es la superficie máxima que puede regar un usuario. Finalmente, el volumen máximo de agua que puede recibir un usuario es determinado por la AUA sobre la base de una lámina teórica o planeada por cada riego. Generalmente la AUA no distingue entre las demandas de agua de los diversos cultivos y usa una lámina fija para todos los usuarios, sin importar los cultivos que produzcan.

*Programación.* Sobre la base de la cantidad total de riegos solicitados y la lámina planeada, la AUA calcula el volumen total de agua requerido para la semana. Los pedidos semanales se comunican a la CNA para la programación de los suministros a los módulos. Diariamente la CNA y el personal de los módulos verifican en la toma del módulo si realmente se entregan los volúmenes solicitados. La distribución del agua entre los canales secundarios o laterales dentro de un módulo se basa en la misma programación establecida. Para cada canal, se calcula el volumen total solicitado y se fijan las compuertas conforme a eso. A diferencia de lo que se hace en la cabecera del módulo, no se miden los volúmenes que entran en los canales secundarios sino que son estimados por los canaleros basándose en su experiencia.

### ***Metas Operativas y Monitoreo***

No existen metas explícitas de manejo para el DRARL, pero las entrevistas con los administradores del sistema y la observación cotidiana de las prácticas de manejo revelan que la CNA y los módulos se preocupan por alcanzar las siguientes seis metas de manejo:

- Los módulos reciben el volumen de agua por ciclo que se les ha asignado a comienzos del año agrícola.
- Los módulos no riegan un área que excede el área planeada.
- Los módulos reciben el volumen semanal programado que han solicitado a comienzos de cada semana.
- Los usuarios reciben el número de riegos a los que tienen derecho, que han solicitado y han pagado.

- Los usuarios reciben agua suficiente para regar el área que tienen derecho a regar.
- Los costos de OyM deben ser totalmente recuperados de los usuarios.

Los administradores del sistema, representantes tanto de la CNA como de las AUA, usan varias técnicas para vigilar si se alcanzan esas metas. El monitoreo se efectúa en los niveles parcelario, de módulo y de distrito.

A nivel parcelario, los canaleros reportan diariamente a la AUA cuántos usuarios han recibido agua, para qué superficie y para cuáles cultivos. Al final de cada día, los canaleros se reúnen en el oficina del módulo para verificar si sus reportes coinciden con la programación semanal. También se reporta una estimación de los volúmenes suministrados a cada usuario. Estos reportes se suman para todo el módulo y se envían semanalmente a la oficina de distrito de la CNA.

A nivel del módulo, se efectúan aforos diarios en la cabecera del canal principal y en una pequeña cantidad de otros puntos de control hidrológico. Los reportes diarios mencionan los volúmenes reales y los planeados y son firmados por representantes de la CNA y de las AUA. Se envía un informe semanal que totaliza los volúmenes diarios a la oficina de distrito de la CNA.

A nivel de distrito, la CNA obtiene el total de los volúmenes, áreas regadas y cultivos reportados y produce reportes men-

suales que son presentados y analizados en la reunión del comité hidráulico. Finalmente, como los usuarios tienen que pagar antes de cada riego que reciban, las AUA pueden estar al tanto de la cantidad total de tarifas pagadas por los usuarios. Al final de cada ciclo, las AUA reportan su cobro total de tarifas a la CNA. Como el plan por ciclo define el área total que se regará y la cantidad de riegos que se suministrarán, es fácil calcular el cobro total de tarifas planeado y vigilar si el cobro real concuerda con aquél.

Si bien las actividades descritas deberían bastar para monitorear el desempeño diario, semanal, mensual y por ciclo en relación con las seis metas antes mencionadas, algunas prácticas limitan esto. En primer término, los reportes de los canaleros constituyen la base para la mayoría de los datos informados a los módulos y a la oficina de distrito de la CNA, y las estimaciones muy a menudo son inexactas y poco confiables. En segundo lugar, el monitoreo de la distribución diaria y semanal del agua se basa en la suma de reportes a nivel parcelario, más que en mediciones reales a nivel de los canales (excepto por la cabecera del canal principal). Aun cuando todas las AUA emplean computadoras, la totalización de los datos a nivel parcelario toma mucho tiempo. En consecuencia, la producción de reportes semanales, mensuales y por ciclos requiere un largo tiempo y esos reportes apenas sirven como instrumentos para tomar decisiones inmediatas cuando son necesarias.



## Metodología para la Recolección de Datos

La investigación aquí descrita ha sido realizada en colaboración con el personal de las AUA de Cortázar y Salvatierra, funcionarios de la oficina de distrito de la CNA en Celaya y personal del IWMI. El estudio del IWMI sobre el DRARL se inició en octubre de 1995, con el establecimiento de oficinas del proyecto en los módulos de Cortázar y Salvatierra. Los datos recolectados incluyen fuentes primarias en los dos módulos y fuentes secundarias con respecto a los archivos conservados por la respectiva AUA y la CNA a nivel regional, estatal y central. Además, se visitaron periódicamente otras organizaciones vinculadas con el sector agrícola para reunir otra información y verificar los datos recolectados en los módulos y la CNA. Los datos secundarios incluyen los rendimientos, los precios a nivel de granja, el área regada, el patrón de riego, el caudal de los canales, el volumen bombeado y el clima en diferentes niveles del sistema.

Se aplicaron varias técnicas para verificar la calidad de los datos secundarios. La totalización de los datos obtenidos a nivel de los módulos permitió verificar los datos recolectados a nivel del distrito. Los datos secundarios fueron verificados nuevamente mediante los datos obtenidos de otras fuentes, como los bancos de desarrollo rural. Los datos hidrológicos primarios proporcionaron un instrumento para verificar la calidad de los caudales de los canales oficialmente reportados en distintos puntos de control hidrológico en el sistema durante un período de cuatro ciclos de riego.

Las actividades de recolección de datos primarios sobre el terreno incluyó tres componentes:

- observaciones diarias en las parcelas en relación con el manejo del agua por los líderes de las AUA, personal de la CNA, canaleros y usuarios,
- mediciones diarias sobre el terreno relacionadas con el caudal de los canales, los volúmenes bombeados de los pozos y el consumo de energía de los pozos, y
- una encuesta para establecer el costo de producción y el costo del agua para los productores.

En cada módulo, se seleccionó un área muestra para el estudio. En Cortázar, se monitorearon dos laterales. El lateral A tiene un área de control de 650 hectáreas, mientras que el lateral B sirve a 352 hectáreas. Dentro del área de control de cada lateral, se seleccionó a 20 usuarios que se encontraban en el inicio, la mitad y la cola y representaban los tipos existentes de tenencia de la tierra (ejido o propiedad privada) y la fuente de agua (canal o pozo). En cada una de las parcelas seleccionadas se aforó el volumen suministrado para cada riego. Además, se calcularon el costo de producción y el valor bruto de producción en cada una de esas parcelas. Con respecto al aforo del agua de los canales, se seleccionaron y calibraron 11 puntos de control. En esos puntos, se realizaron aforos dos veces al día durante los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. También se calibraron y monitorearon diariamente los pozos. En la Figura 2a se ofrece una representación esquemática de la investigación en el módulo Cortázar.

En el caso de Salvatierra, se seleccionó todo el canal principal, Gugorrones, con un área de control de 1,200 hectáreas, y sus seis laterales cortos. Se realizaron aforos dos ve-

FIGURA 2A.  
Representación esquemática de los laterales seleccionados y los puntos de medición en el módulo Cortázar.

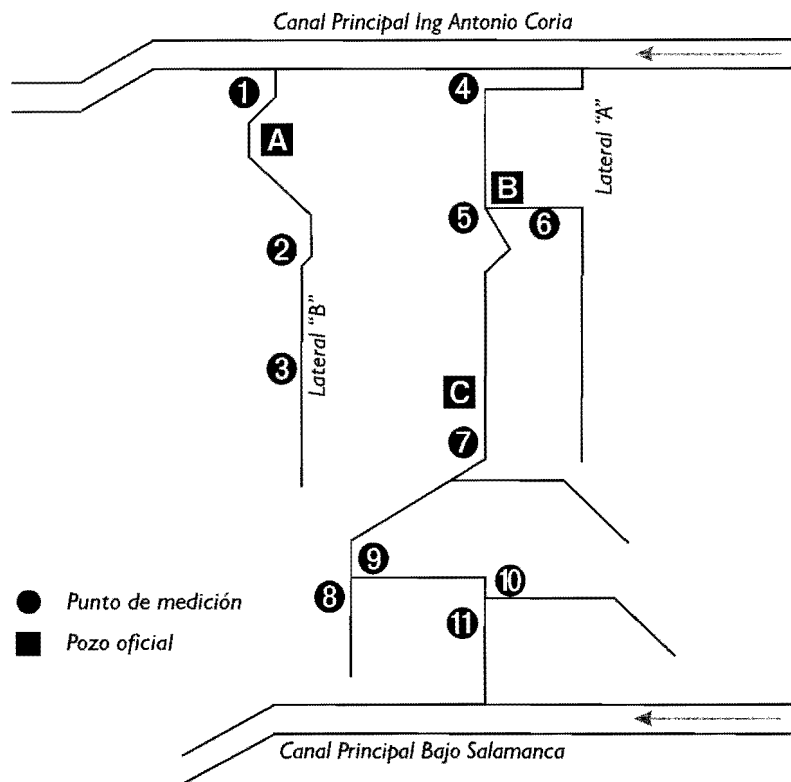
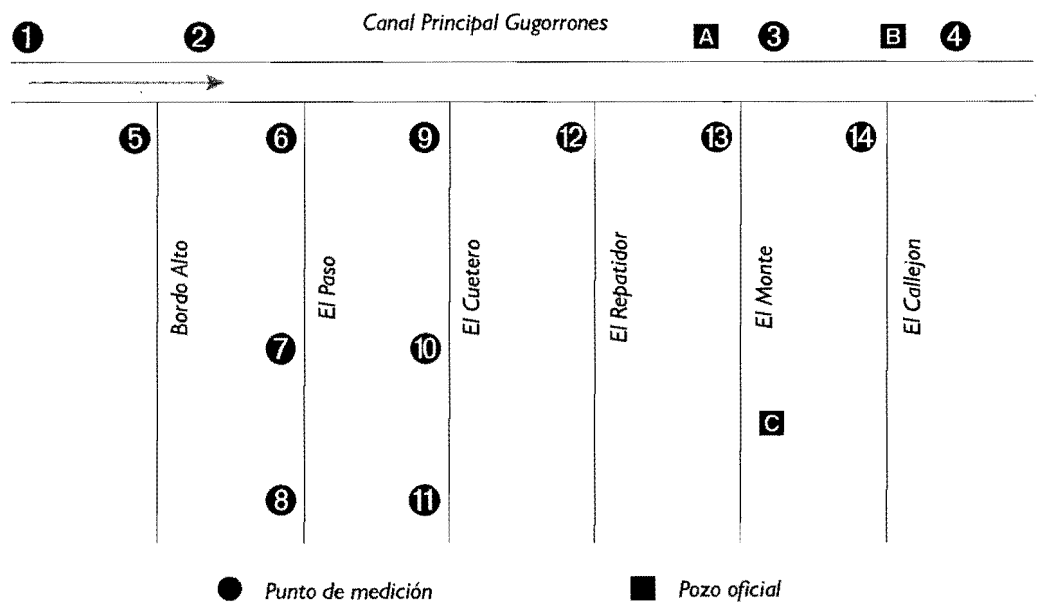


FIGURA 2B.  
Representación esquemática de los puntos de medición en el canal principal Gugorrones y sus laterales en el módulo Salvatierra.



ces al día en cuatro puntos del canal principal y en la cabecera de cada lateral. Además, en dos de los laterales se monitorearon cuatro puntos adicionales. En el área de control de estos dos laterales, se seleccionó a 15 usuarios y se efectuaron las mismas mediciones realizadas en las parcelas seleccionadas en Cortázar. La Figura 2b muestra el esquema de la investigación en el módulo Salvatierra.

Se utilizaron el programa de la FAO CROPWAT y su complemento CLIMWAT para calcular las demandas de agua de los cultivos (FAO 1996). El programa se basa en el cálculo de la evapotranspiración potencial (ET<sub>p</sub>) mediante la ecuación de Penman-Montieth modificada y proporciona tres métodos para calcular la precipitación efectiva. Los datos sobre la humedad, la velocidad del viento y las horas de luz solar se tomaron de dos estaciones cercanas indicadas en CLIMWAT. Se recolectaron datos sobre la precipitación y las temperaturas máximas y mínimas en cinco estaciones dentro del distrito o cerca de él y en los dos módulos seleccionados.

Los procedimientos de recolección de datos antes descritos se evalúan más adelante en este informe, después de la discusión de los resultados. En el Cuadro 1 se presenta una lista de los indicadores usados en este informe, y se distingue entre un conjunto mínimo de indicadores comparativos del IWMI y una pequeña cantidad de indicadores del proceso que se agregaron. En general, los indicadores comparativos sólo se miden en los niveles más altos del sistema, como los módulos o todo el distrito. Hay definiciones de los indicadores comparativos en el anexo y en Molden et al. (1998).

Los indicadores del proceso seleccionados que se muestran en el Cuadro 1 básicamente se ajustan a las metas de manejo mencionadas anteriormente en este informe y se calcularon a nivel del distrito y de los módulos. La base del monitoreo del desempeño operativo comprende los datos recolectados por los canaleros a nivel parcelario. También se aplicaron varios indicadores del proceso en los canales secundarios y parcelas seleccionados.

El conjunto básico de datos usados para obtener los indicadores del proceso a nivel del distrito y los dos módulos se presenta en el cuadro 2. Los datos sobre el agua de los canales y los pozos públicos se consideran como una sola unidad y a menudo se reportan juntos, mientras que los pozos particulares operan y son reportados por separado. Como se puede ver en este cuadro, este informe no proporciona comparaciones en distintos momentos ya que esas comparaciones se examinan en detalle en el trabajo de Kloezen, Garcés-Restrepo y Johnson (1997).

Los valores del rendimiento en el Cuadro 2 ya se dan en rendimientos 'equivalentes' con el fin de seguir el procedimiento estandarizado definido en el anexo. Para el ciclo otoño-invierno, se escogió el trigo como cultivo 'equivalente'; para el ciclo primavera-verano, se escogió el sorgo. El cuadro incluye dos parámetros climáticos principales, la precipitación y la evaporación, si bien se han utilizado otros en los cálculos de las demandas de agua de los cultivos. Por último, se dan los correspondientes precios a nivel de granja y del mercado mundial de los cultivos básicos para calcular los indicadores basados en la agricultura.

## El Desempeño en la Utilización del Agua

### *Indicadores Comparativos del Desempeño*

*Disponibilidad relativa de agua (DRA).* Este indicador es la razón entre el suministro total de agua y la demanda total a nivel parcelario y puede ser usado como una medida de la adecuación (Levine 1982) y la oportunidad en el ciclo (Meinzen-Dick 1995). Conforme a la definición del IIMI (en el anexo), la demanda total de los cultivos a nivel parcelario incluye el uso consuntivo, la ET no benéfica, las pérdidas hacia drenajes y el flujo neto hacia el agua subterránea. A causa de la falta de datos confiables, y de la complejidad de la relación entre el agua superficial y el agua subterránea, no se pudieron medir la ET no benéfica, las pérdidas hacia drenajes y los flujos hacia el agua sub-

terránea, pero se estiman que llegan al 5% de la demanda total.

La conclusión a que se puede llegar a partir del Cuadro 3 es que los valores de la DRA son altos, generalmente superiores al 2.0 a nivel del módulo (suministro real). La anterior experiencia mundial con el indicador de DRA sugeriría que ni el distrito ni los módulos afrontaban una situación de escasez de la disponibilidad de agua durante los períodos observados y que la distribución del agua no se relaciona estrechamente con la demanda de agua de los cultivos (Levine 1982; Murray-Rust 1983; Garcés 1983). En todos los casos, los ciclos y las fuentes de agua, el suministro de agua ha satisfecho adecuadamente las demandas de agua de los cultivos.

CUADRO 1.  
Indicadores del desempeño aplicados en este informe

Indicadores Comparativos	Distrito de Riego Alto Rio Lerma	Módulo Cortazar	Módulo Salvatierra	Canales Selec- cionados	Parcelas Selec- cionadas
Disponibilidad Relativa del Agua (ratio)	✓	✓	✓	✓	✓
Disponibilidad Relativa del Riego (ratio)	✓	✓	✓	x	x
Capacidad de Entrega del Agua (ratio)	✓	✓	✓	x	x
Producido por Unidad de Superficie Regada (\$/ha)	✓	✓	✓	x	✓
Producido por Unidad de Area de Control (\$/ha)	✓	✓	✓	x	x
Producido por Unidad de Agua Suministrada (\$/m³)	✓	✓	✓	x	x
Producido por Unidad de Agua Consumida (\$/m³)	✓	✓	✓	x	x
Retorno Bruto a la Inversión (%)	✓	✓	✓	x	x
Auto-Suficiencia Financiera (%)	✓	✓	✓	x	x
Fluctuaciones del nivel estático de la manta (m/year)	✓	x	x	x	x
Area perdida por encharcamiento y salinidad (%)	✓	✓	✓	x	x
<b>Indicadores de Proceso</b>					
Suministro real entre Suministro planeado (%)	✓	✓	✓	✓	✓
Suministro real entre Suministro concesionado (%)	✓	✓	✓	x	x
Suministro real entre Suministro reportado (%)	x	x	x	✓	✓
DRA real entre DRA planeado (%)	✓	✓	✓	x	✓
DRA real entre DRA reportado (%)	✓	✓	✓	x	✓
Distribución espacial de DRA (ratio)	x	x	x	✓	x

✓ = aplicado x = no aplicado

## CAUDRO 2.

Conjunto básico de datos sobre el DRARL v los módulos Cortázar v Salvatierra, OI 1995-1996 v PV-SC 1996.

	Distrito de Riego Alto Río Lerma	Módulo Cortazar	Módulo Salvatierra
<i>Area de Comando (ha)</i>			
Riego de Gravedad	77,697	10,934	12,775
Pozos Oficiales	7,421	1,964	565
Gravedad y Pozos Oficiales	85,118	12,898	13,340
Pozos Particulares	27,654	5,796	2,753
<b>Intensidad de Cultivación (%)</b>			
<i>Gravedad v Pozos Oficiales</i>			
OI 1995-96	70	81	50
PV-SC 1996	60	71	54
<i>Pozos Particulares</i>			
OI 1995-96	75	89	23
PV-SC 1996	90	83	130
<b>Cultivo Principal (% de la superficie total cultivada)</b>			
<i>Gravedad y Pozos Oficiales</i>			
OI 1995-96	Trigo (92%)	Trigo (94%)	Trigo (68%)
PV-SC 1996	Sorgo (81%)	Sorgo (90%)	Maiz (39%)
<i>Pozos Particulares</i>			
OI 1995-96	Trigo (62%)	Trigo (54%)	Trigo (70%)
PV-SC 1996	Sorgo (82%)	Sorgo (74%)	Maiz (53%)
<b>Rendimiento (ton/ha)</b>			
<i>Gravedad v Pozos Oficiales</i>			
Trigo equivalente, OI 1995-96	6.7	7.4	6.6
Sorgo equivalente, PV-SC 1996	9.8	8.8	11.9
<i>Pozos Particulares</i>			
Trigo equivalente, OI 1995-96	8.9	11.1	7.2
Sorgo equivalente, PV-SC 1996	9.6	10.7	9.6
<b>Suministro Bruto de Riego (x 1,000 m³)</b>			
<i>Gravedad</i>			
OI 1995-96	667,440	106,123	123,651
PV-SC 1996	139,236	26,743	22,227
<i>Pozos Particulares</i>			
IO 1995-96	191,370	42,156	5,182
PV-SC 1996	111,002	22,584	24,624
<b>Precipitación (mm)</b>			
Total, IO 1994-95	54	53	51
Efectiva, OI 1994-95	44	42	41
Total, PV-SC 1995	683	724	670
Efectiva, PV-SC 1995	510	523	506

Continuac

	Distrito de Riego Alto Río Lerma	Módulo Cortazar	Módulo Salvatierra
<b>Evaporación (mm)</b>			
OI 1995-96	929	1,068	822
PV-SC 1996	1,098	1,262	893
<b>Demandas de Agua según CROPWAT (mm)</b>			
<i>Gravedad v Pozos Oficiales</i>			
OI 1995-96	500	511	428
PV-SC 1996	497	546	501
<i>Pozos Particulares</i>			
OI 1995-96	467	411	412
PV-SC 1996	507	536	526
<b>Precios de Mercado (US\$ / tonelada)</b>			
Precio nivel granja, Trigo OI 1995-96	247	245	247
Precio nivel granja, Sorgo PV-SC 1996	120	120	120
Precio de Mercado Mundial, Trigo OI 1995-96	262	262	262
Precio de Mercado Mundial, Sorgo PV-SC 1996	105	105	105

*Note:* El traslape entre los ciclos OI y PV-SC en el módulo Salvatierra, explica por que pare el caso de pozos en el ciclo PV-SC la superficie real reportada es mayor al área de comando.

Los valores de la DRA en los pozos particulares por lo general son más bajos que los correspondientes al agua de los canales en el ciclo otoño-invierno, pero elevados para el de primavera-verano. Sin embargo, dado que los valores de la DRA para los canales se calculan en los puntos de las tomas, mientras que los de los pozos particulares representan el suministro de agua a nivel de las granjas, se concluye que los productores que usan pozos emplean más agua. Hay dos razones que explican esto. En primer lugar, los propietarios de los pozos particulares comúnmente no esperan que lleguen las lluvias sino que comienzan a regar tan pronto como pueden. Como resultado del tardío inicio de las lluvias durante el verano de 1996, los propietarios de los pozos particulares ya habían completado un riego, lo cual explica los valores reales más altos de la DRA en el ciclo primavera-verano en los

pozos, en comparación con el riego por gravedad. En segundo lugar, a causa de las tarifas subsidiadas de la energía el costo de bombear el agua todavía no ha superado el costo del agua superficial (véanse los Cuadros 3 y 9) y, por eso, nunca ha sido un incentivo para que los propietarios de los pozos economicen el agua.

Se espera que parte del excedente de agua bombeada se infiltrará a los mantos acuíferos y podrá entonces ser reutilizada. No obstante, en algunos lugares del distrito los mantos acuíferos están situados a 150 metros por debajo de la superficie, lo cual vuelve muy complicado medir la recarga proveniente del excedente de riego. En consecuencia, no existen datos confiables de la CNA sobre este tipo de recarga.

Los indicadores comparativos del agua para todo el distrito y los dos módulos seleccionados están sintetizados en el Cuadro

CUADRO 3.

Indicadores comparativos del agua en el Distrito de Riego Alto Río Lerma y los módulos Cortázar y Salvatierra, en el OI 1995-1996 y el PV-SC 1996 (razón)

Riego por Gravedad y Pozos Oficiales	Ciclo	Tipo	Distrito de Riego Alto Río Lerma	Módulo Cortazar	Módulo Salvatierra
<i>Disponibilidad Relativa del Agua</i>	OI 1995-96	Real	2.4	2.1	4.4
	PV-SC 1996	Real	1.9	1.9	2.0
<i>Disponibilidad Relativa del Riego</i>	OI 1995-96	Real	2.5	2.2	4.8
	PV-SC 1996	Real	0.0	12.9	0.0
<i>Capacidad de Entrega del Agua</i>	OI 1995-96		4.6	1.1	2.2
	PV-SC 1996		5.6	1.3	2.6
Pozos Particulares					
<i>Disponibilidad Relativa del Agua</i>	OI 1995-96	Real	2.1	2.1	2.1
	PV-SC 1996	Real	2.2	2.2	2.3
<i>Disponibilidad Relativa del Riego</i>	OI 1995-96	Real	2.2	2.2	2.2
	PV-SC 1996	Real	0.0	26.4	16.7

3 por fuente, ciclo, tipo y niveles de distrito y de módulo. La disponibilidad relativa de agua (DRA) real, basada en aforos reales en las tomas de los módulos, constituye el indicador comparativo.

*Disponibilidad relativa de riego (DRR).* Este indicador es la razón entre el suministro de riego y la demanda de riego (demanda total menos precipitación efectiva). Se supone que la precipitación efectiva es el 80% de la precipitación total. Este método del 80% es uno de los tres métodos propuestos por CROPWAT y se supone que es adecuado para zonas con precipitaciones relativamente escasas. En el DRARL las precipitaciones nunca sobrepasan los 25 mm/día. Por definición, la precipitación efectiva nunca puede exceder las demandas de agua de los cultivos. En los casos en que la precipitación efectiva es igual a las demandas de agua de los cultivos, el valor de la DRR es cero.

Al examinar los valores correspondientes al ciclo otoño-invierno en el Cuadro 3, nuevamente encontramos valores superiores

a 2 tanto para el agua de los canales como para la de los pozos, lo cual indica suministros de riego relativamente abundantes. En el lluvioso ciclo primavera-verano, los valores de ambas fuentes de agua son muy altos (elevada precipitación efectiva y, por consiguiente, baja demanda de riego) o iguales a cero (la precipitación efectiva es igual a la demanda de agua de los cultivos). En el caso de los valores en Cortázar durante el ciclo primavera-verano, un aumento de 50 mm en la precipitación efectiva, obtenido al cambiar el método del 80% por el método de la Oficina de Recuperación de Tierras de los Estados Unidos de América (USBR), hubiera dado como resultado un valor de la DRR igual a cero.

*Capacidad de entrega del agua (CEA).* Este indicador no dimensional aborda el problema de determinar si el sistema ha sido diseñado y construido en tal forma que pueda satisfacer la demanda máxima de agua en un período particular. En el Cuadro 3 se puede ver que el canal principal Coria en Cortázar y el canal principal Gugorrones

en Salvatierra tienen capacidad suficiente en sus tomas<sup>6</sup> y, por lo tanto, justifican los valores altos de la DRA. Los valores altos en el sistema en general se pueden explicar porque el río mismo lleva las descargas suministradas por las presas a los diversos canales principales.

### ***Indicadores del Desempeño en el Proceso***

*Razón entre el volumen realmente suministrado y el volumen concesionado.* En noviembre de 1995, inicio del año agrícola 1995-1996, el almacenamiento total de agua en los cuatro reservorios que abastecen el distrito fue de 1,118 MMC, de los cuales aproximadamente 742 MMC fueron asignados al riego. Este almacenamiento total ocupa el sexto lugar entre los niveles más bajos en 14 años según señalan Kloezen, Garcés-Restrepo y Johnson (1997), mientras que el volumen asignado al riego es aproximadamente 140 MMC menor que el promedio anual de 880 MMC disponibles para el distrito. El comité hidráulico decidió que este volumen era suficiente para un total de cinco riegos: cuatro para regar el trigo de invierno y uno para regar el sorgo de verano.

El Cuadro 4 muestra la distribución de los porcentajes concesionados, los volúmenes planeados anuales totales que se suministrarían a los módulos y los volúmenes realmente suministrados durante los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. La aplicación anual media fue de 1,500 mm; sin embargo, las láminas registradas en el ciclo otoño-invierno muestran una marcada variación entre los módulos. Esta variación es resultado de que la superficie real que se regará y los cultivos producidos son determinados por separado por cada módulo. Los módulos con láminas aparentemente más altas optaron por cultivar una superficie reducida.

En general, el volumen real de agua suministrado concordó con los volúmenes concesionado y planeado, si bien las entregas reales superaron los volúmenes asignados en un 5%. Hay algunas variaciones en las asignaciones de agua entre los módulos (CV = 10%). No obstante, no hay indicios de los problemas de "inicio-cola" típicos de muchos sistemas. Este buen nivel de desempeño de la distribución del agua entre los módulos a nivel de distrito concuerda con el buen desempeño en otros años posteriores a la transferencia (Kloezen, Garcés-Restrepo y Johnson 1997).

*Razón entre el volumen real y los volúmenes planeado y reportado.* A nivel de los canales y laterales seleccionados en Cortázar y Salvatierra, se obtuvieron los volúmenes reales de agua suministrada mediante aforos diarios. Las Figuras 3a y 3b analizan los suministros de cada lateral monitoreado en Cortázar. Los ciclos observados en las gráficas corresponden a riegos individuales proporcionados por la AUA. Los valores planeados y reportados muestran una correlación muy alta. La razón de esto es que, a nivel de los laterales y a nivel parcelario, los canaleros únicamente estiman los volúmenes, no los miden. Si bien cada entrega debe proporcionar una lámina de riego planeada uniforme a cada productor que solicitó un riego, el canalero fija el tiempo asignado para regar una hectárea. La duración de la entrega está determinada por la experiencia del canalero y su relación con los usuarios individuales del agua. Los canaleros sólo reportan en forma aproximada el tiempo durante el cual reciben agua los usuarios. La principal preocupación del canalero es reportar la superficie para la cual el productor ha solicitado y pagado un riego, en lugar del volumen real suministrado. Usando la

<sup>6</sup>Es importante observar que la capacidad de entrega de agua del canal Gugorrones disminuye con rapidez desde el inicio hacia la cola como resultado de su muy mala condición física.



lámina planeada, los caneleros calculan la descarga teórica ( $m^3/s$ ), la cual registran en sus reportes diarios de riego a las AUA.

Los valores aforados son casi uniformemente más altos cuando se los compara con los valores planeados. Se puede explicar esto mediante una combinación de un control deficiente en las tomas de los laterales y el no ajustar el mecanismo regulador de las compuertas después de que habían cambiado las condiciones de la infraestructura como resultado de la conservación dentro del ciclo, como sucedió en la semana 7 del lateral A (Figura 3a).

La Figura 3c muestra las entregas semanales en el canal principal seleccionado en el módulo Salvatierra. A diferencia de los ejemplos en el módulo Cortázar, hay aquí más concordancia entre los valores aforados y planeados, lo que sugiere un mejor control del agua en las tomas. La gran diferencia entre los valores reportados y los

aforados obedece a que los caneleros calculan los primeros a nivel parcelario y, por consiguiente, no han incluido las pérdidas en el transporte en el canal principal.

Con respecto a la demanda de agua, el Cuadro 5 compara las demandas planeadas de agua para el ciclo otoño-invierno en ambos módulos con las demandas teóricas de los cultivos obtenidas mediante el CROPWAT.

Las demandas planeadas por los módulos incorporan las pérdidas de los canales percibidas en cada nivel del sistema. En el caso de Cortázar, la razón entre los valores del CROPWAT y los valores a nivel parcelario corresponde a la eficiencia en la aplicación planeada, en este caso del 70%. La razón entre los valores a nivel parcelario y los valores en los canales secundarios constituye la eficiencia en la distribución planeada por el módulo, en este caso del 85%. Finalmente, la razón entre los valores

CUADRO 4.

La distribución de los volúmenes concesionados, planeados y reales entre los módulos del Distrito de Riego Alto Río Lerma, en el año agrícola 1995-1996.

Módulo	1 Concesión del Agua (% del agua total)	2 Volumen Planeado (x 1,000 m <sup>3</sup> )	Volumen realmente suministrado a la área regada					7 come % del sumi- nistro Total Real	8 Real / Planeado %	9 Real/Conce- sionado %
			3 Ol mm	4 PV-SC mm	5 Total mm	6 Total (x 1,000 m <sup>3</sup> )				
<i>Inicio</i>										
Acámbaro	8	67,808	1895	168	2063	62,886	8	93	97	
Salvatierra	16	125,735	1846	310	2156	145,878	19	116	115	
Jaral	6	43,250	1239	267	1506	49,715	6	115	103	
Valle	13	99,216	865	259	1124	90,057	12	91	91	
<i>Mitad</i>										
Cortazar	17	133,271	1013	291	1304	132,866	17	100	98	
Salamanca	15	90,105	794	212	1006	95,209	12	106	82	
Irapuato	6	44,834	1065	282	1347	47,072	6	105	103	
Abasolo and Corralejo*	14	111,222				118,295	15	106	108	
<i>Final</i>										
Huanímaro *	4	26,392				30,530	4	116	107	
Total	100	741,833				772,508	100			
Average			1,245	256	1501			105	101	
Coefficient of variación			451	49	446			9	10	

\*datos separados sobre las láminas aplicadas en Abasolo, Corralejo, y Huanímaro no son disponibles.

FIGURA 3A.

Volúmenes planeados, reales y reportados del lateral A del módulo Cortázar, OI y PV-SC, 1995-1996.

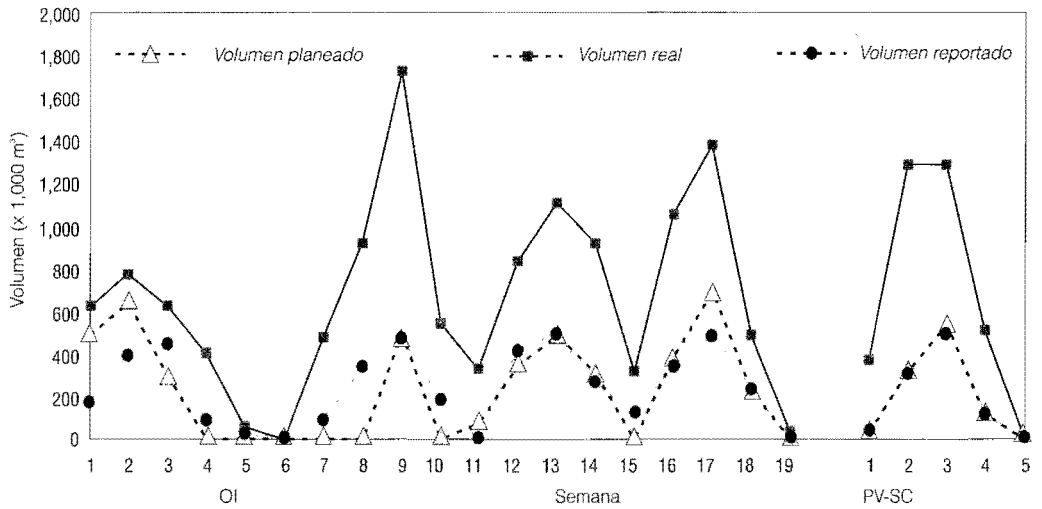
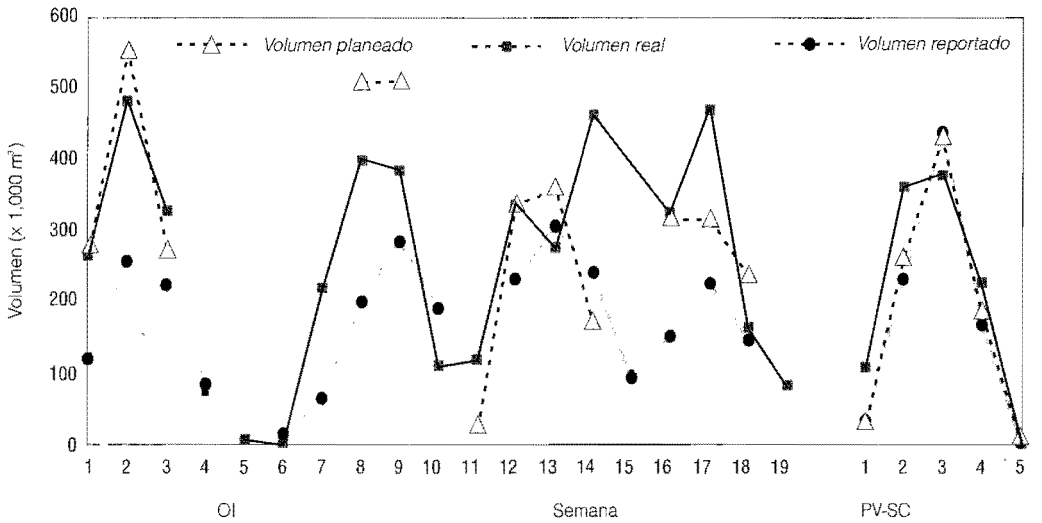


FIGURA 3B.

Volúmenes planeados, reales y reportados del lateral B del módulo Cortázar, OI y PV-SC, 1995-1996.

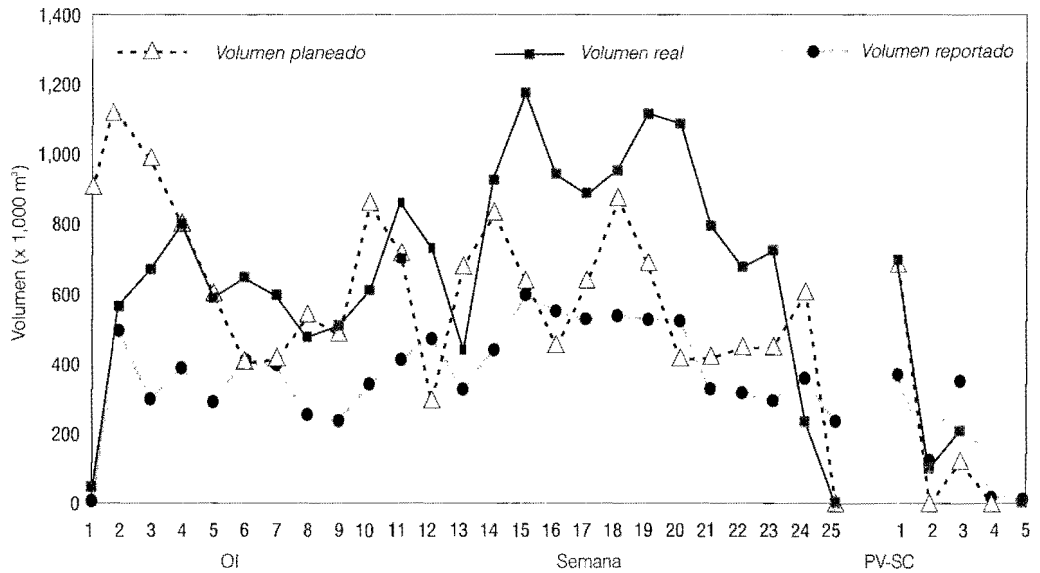


de los canales secundarios y los del canal principal corresponde a la eficiencia en el transporte planeado, en este caso del 80%. Por consiguiente, la eficiencia planeada del sistema de 48% puede ser considerada típica de un sistema de canales como el DRARL.

A causa de la configuración de la red de riego del módulo Salvatierra realmente no hay canales secundarios como tales y, por lo tanto, se omiten los valores en el cuadro, pero el fundamento de la eficiencia es el mismo. Dos razones explican la diferencia en las demandas teóricas de agua de los cul-

FIGURA 3C.

Volúmenes planeados, reales y reportados en el canal Gugorrones del módulo Salvatierra, OI y PV-SC, 1995-1996.



tivos entre Cortázar y Salvatierra: la diferencia en la evaporación (Cuadro 2) como resultado de diferencias en cuanto a la altitud y la humedad, y la considerable discrepancia entre las fechas de siembra. Una observación importante relacionada con el Cuadro 5 es que ninguno de los módulos establece distinciones entre las demandas de agua de los distintos cultivos. La planificación y programación del riego se basan en el cultivo principal, en este caso el trigo. Esta práctica lleva a un cálculo de demandas excesivas de riego, especialmente en Salvatierra con su patrón de cultivos diversificados que abarca un 68% de trigo, un 22% de frijoles y un 10% de hortalizas.

*Razón entre la DRA real y la DRA planeada y la reportada.* Para calcular indicadores del proceso vinculados con la DRA, se miden tres valores diferentes de la DRA usando volúmenes diferentes en el numerador del

indicador (Cuadro 6). La *DRA real* se calcula usando volúmenes reales de agua obtenidos de los afloros efectuados por la CNA y las AUA en las tomas de todos los módulos; la *DRA planeada* se determina usando los volúmenes de agua planeados obtenidos de los registros administrativos de la CNA y las AUA; y la *DRA real reportada* se establece usando los volúmenes registrados por los canaleros. En el caso de los pozos particulares, se calculan dos valores diferentes de la DRA: la DRA real, usando los volúmenes realmente bombeados, y la DRA reportada, usando los volúmenes bombeados conforme a los registros de los canaleros.

Una conclusión importante del Cuadro 6 es que, en Salvatierra, los valores reales y los planeados relativamente concuerdan. Los valores reales son sólo ligeramente más altos que los reportados. Esto sugiere que la administración logra seguir muy de cerca el

CUADRO 5.  
Demandas calculadas (por CROPWAT) y planeadas por los módulos, OI de 1995–1996 (mm/ciclo).

Cultivo	CROPWAT Demanda (mm)	Demanda planeado (mm/ciclo)		
		Parcela	Lateral	Canal Coria
<i>Cortazar</i>				
Trigo Aconchi	607	775	930	1,175
Trigo Salamanca	523	775	930	1,175
Cebolla	477	775	930	1,175
Cebada	466	775	930	1,175
Tomate	493	775	930	1,175
Hortalizas	310	775	930	1,175
<i>Salvatierra</i>				
		Parcela		Canal Gugorrones
Trigo Aconchi	580	850		1350
Trigo Salamanca	505	850		1350
Tomate	508	850		1350
Cebolla	477	850		1350
Chiles	470	850		1350
Garbanzo	460	850		1350
Cebada	409	850		1350
Frijol	303	850		1350
Hortalizas	280	850		1350

plan de riego. Salvatierra tiene suministros más altos por unidad de superficie como resultado de la intensidad de riego relativamente baja: 50% para el ciclo otoño-invierno, en comparación con 81% en Cortázar y 70% en todo el distrito. Además, el patrón de cultivos diversificados en Salvatierra revela que el suministro y la demanda no concuerdan tan bien (Kloezen, Ramírez y Melgarejo 1996). A causa del mayor número de usuarios y del alto grado de fragmentación de la tierra, los canaleros del módulo Salvatierra tienen muchos problemas para obtener información adecuada sobre los cultivos que realmente producen los productores, lo cual provoca problemas graves en la programación semanal y por ciclo del riego. El cuadro también muestra que durante el ciclo otoño-invierno, el valor de la DRA real

es mucho más alto que el valor reportado. Esto obedece en parte a que los valores reales se miden en la toma del módulo y los valores reportados se estiman a nivel parcelario. Además, los canaleros tienden a reportar volúmenes menores que los realmente entregados.

Esta observación es confirmada por los datos obtenidos mediante las mediciones del IIMI a nivel parcelario. Se calcularon los valores reales, planeados y reportados de la DRA de algunas parcelas en los dos módulos, los cuales se muestran en el Cuadro 7a. En el caso de Cortázar, los valores muestran poca variación en las distintas parcelas observadas y coinciden con los obtenidos en niveles más altos del sistema. En Salvatierra, los valores son sistemáticamente más altos que en Cortázar y presentan algo más de

CUADRO 6.

Razón entre los valores de la DRA reales y los valores planeados y reportados. Distrito de riego Alto Río Lerma y módulos Cortázar y Salvatierra, OI 1995–1996 y PV-SC 1996.

Fuente	Ciclo	Tipo de DRA (ratio)	Distrito de Riego Alto Río Lerma	Módulo Cortázar	Módulo Salvatierra	Distrito de Riego Alto Río Lerma		Módulo Cortázar	Módulo Salvatierra
<i>Riego por Gravedad y Pozos Oficiales</i>	OI 1995-96	Real	2.4	2.1	4.4				
		Planeado	2.5	2.4	3.3	Real / Planeado	96%	87%	133%
	PV-SC 1996	Reportado	1.6	1.5	2.0	Real / Reportado	151%	137%	218%
		Real	1.9	1.9	2.0				
		Planeado	2.1	2.0	2.1	Real / Planeado	90%	92%	93%
		Reportado	2.0	1.8	2.3	Real / Reportado	98%	105%	84%
<i>Pozos Particulares</i>	OI 1995-96	Real	2.1	2.1	2.1				
		Reportado	1.8	2.0	no reportado	Real / Reportado	118%	107%	no reportado
	PV-SC 1996	Real	2.2	2.2	2.3				
		Reportado	1.3	2.2	no reportado	Real / Reportado	172%	100%	no reportado

variación, lo cual corrobora la mayor disponibilidad de agua. Las tres últimas columnas del cuadro muestran las diferencias que surgen del empleo de los distintos tipos de DRA y nuevamente subrayan la gran correlación entre los valores planeados y los reportados.

El Cuadro 7b proporciona la misma información para el ciclo primavera-verano sólo en Cortázar. Por la misma razón antes mencionada, los valores del ciclo primavera-verano revelan una gran diferencia entre las parcelas regadas por gravedad y las regadas por pozos: un promedio de 1.8 en las primeras y de 2.4 en las últimas. En el caso de Salvatierra, sólo se dispone de los valores reales. El valor medio de la DRA real de las parcelas regadas por canales es de 2.3, mientras que el valor medio en las parcelas regadas por pozos es de 2.4.

*Distribución espacial de la DRA.* En las Figuras 4a y 4b se muestran los valores de la DRA en distintos tramos de los canales de ambas áreas estudiadas. En Cortázar, la cola del lateral B durante el ciclo otoño-

invierno recibió más agua que el inicio o la mitad. Como se demuestra en la Figura 3b, la entrega real de agua a este lateral siempre superó los suministros planeados. Como resultado de la buena condición del lateral, los usuarios ubicados en el inicio y la mitad nunca tienen dificultades en llevar el agua a sus parcelas. En consecuencia, el excedente de agua es llevado a la cola, lo cual explica el alto valor de la DRA. El lateral A es mucho más largo y está afectado por problemas físicos que inducen la típica diferencia entre el inicio y la cola. El alto valor de 6.9 está justificado ya que el tramo corre a lo largo del río en un terreno muy áspero y son muy elevadas las pérdidas del canal (Kloezen, Garcés-Restrepo y Marmolejo 1996). Los valores correspondientes al ciclo primavera-verano siguen el mismo patrón. Además, a diferencia de la zona del inicio, donde predominan las grandes extensiones de los pequeños propietarios, el control de la distribución del agua en la cola es difícil a causa del gran número de parcelas pequeñas cultivadas por los ejidatarios. En general, los valores

CUADRO 7A.

Valores reales, planeados y reportados de la DRA en parcelas seleccionadas en los módulos Cortázar y Salvatierra, Ol 1995–1996.

Cortazar Parcela	Fuente source	Lamina aforada (mm)	Lamina reportada (mm)	1 DRA-real	2 DRA-Plan.	3 DRA-Rep.	4 1/2 (%)	5 1/3 (%)	6 2/3 (%)
1	Gravedad	834	728	1.7	1.6	1.5	106	113	107
2	Gravedad	832	794	1.7	1.6	1.6	106	106	100
3	Gravedad	898	803	1.6	1.4	1.4	114	114	100
4	Gravedad	961	813	1.9	1.6	1.7	119	112	94
5	Gravedad	825	760	1.7	1.6	1.6	106	106	100
6	Gravedad	844	801	1.7	1.6	1.6	106	106	100
7	Gravedad	931	797	1.9	1.6	1.6	119	119	100
8	Gravedad	1,122	781	2.2	1.6	1.6	138	138	100
9	Gravedad	1,040	181	1.5	1.4	1.4	107	107	100
10	Gravedad	1,057	828	1.6	1.4	1.5	114	107	93
11	Gravedad	1,177	795	2.3	1.6	1.6	144	144	100
12	Pozo oficia	994	762	2.0	1.6	1.6	125	125	100
13	Pozo part.	958	no hay	1.7	1.4	no hay	121	–	–
14	Pozo part.	861	no hay	1.5	1.4	no hay	107	–	–
15	Pozo part.	971	no hay	2.0	1.6	no hay	125	–	–
Promedio		954	737	1.8	1.5	1.6	117	116	100
Salvatierra Parcela	Fuente	Lamina aforada (mm)	Lamina reportada (mm)	1 DRA-afor.	2 DRA-plan.	3 DRA-Rep.	4 1/2 (%)	5 1/3 (%)	6 2/3 (%)
1	Pozo part.	1,151	no hay	2.1	1.6	no hay	131	–	–
2	Pozo part.	1,007	no hay	2.0	1.7	no hay	118	–	–
3	Gravedad	843	915	1.7	1.7	1.8	100	94	94
4	Pozo part.	1,110	0	2.2	1.7	no hay	129	–	–
5	Gravedad	732	846	3.1	3.5	3.5	89	89	100
6	Gravedad	1,173	1,296	2.3	1.7	2.6	135	88	65
7	Gravedad	858	0	2.3	2.3	0	100	–	–
Promedio		982	611	2.2	2.0	2.0	108	90	87

de la DRA en primavera-verano son mucho más bajos y muestran más uniformidad espacial ya que todos los productores reciben una precipitación igual y sólo se suministra un riego.

La Figura 4b muestra el patrón de la DRA en el sitio de investigación en el módulo Salvatierra. El control del agua en el canal principal Gugorrones y sus laterales es difícil por el severo deterioro de la infraestructura, la gran cantidad de usuarios y las parcelas relativamente pequeñas. Tres pozos profundos públicos bombean directamente en la red de canales, lo cual complica aun

más el manejo del agua. Además, las observaciones y aforos diarios en los puntos de control, los pozos y las parcelas seleccionados muestran que muchos propietarios de los pozos particulares también riegan con el agua de los canales sin autorización. Estos factores explican por qué no hay una distribución uniforme de los valores de la DRA a lo largo del canal y los laterales seleccionados.

Además de los factores antes señalados en cada sitio específico de investigación, se pueden dar tres explicaciones generales de por qué no hay una típica distribución

CUADRO 7B.

Valores reales, planeados y reportados de la DRA en parcelas seleccionadas en el módulo Cortázar, PV-SC 1996.

Parcela	Fuente	Lamina aforada (mm)	Lamina reportada (mm)	1 DRA-real	2 DRA-plan.	3 DRA-rep.	4 1/2 (%)	5 1/3 (%)	6 2/3 (%)
1	Gravedad	274	0	1.9	1.8	1.3	102	138	135
2	Gravedad	225	196	1.8	1.8	1.7	97	103	106
3	Gravedad	269	232	1.8	1.8	1.8	102	104	102
4	Gravedad	491	253	2.3	1.8	1.8	125	124	100
5	Gravedad	210	228	1.7	1.8	1.8	96	98	102
6	Gravedad	260	231	1.8	1.8	1.8	101	103	102
7	Gravedad	208	229	1.7	1.8	1.8	96	98	102
8	Gravedad	253	229	1.8	1.8	1.8	100	103	102
9	Gravedad	253	231	1.8	1.8	1.8	100	102	102
Promedio	Gravedad	271	203	1.8	1.8	1.7	102	108	106
10	Pozo	599	204	2.5	1.8	1.7	136	143	105
11	Pozo	438	216	2.2	1.8	1.7	119	124	104
12	Pozo	595	207	2.4	1.8	1.7	135	142	105
13	Pozo	620	289	2.5	1.8	1.9	138	133	96
14	Pozo	757	216	2.7	1.8	1.7	152	158	104
15	Pozo	719	248	2.7	1.8	1.8	148	148	100
16	Pozo	633	215	2.5	1.8	1.7	139	145	104
17	Pozo	628	216	2.5	1.8	1.7	139	144	104
18	Pozo	456	216	2.2	1.8	1.7	121	126	104
19	Pozo	693	278	2.6	1.8	1.9	145	141	97
20	Pozo	690	216	2.0	1.4	1.4	145	150	104
Promedio	Pozo	621	229	2.4	1.8	1.7	138	141	102
Promedio	Global	454	214	2.2	1.8	1.7	121	125	104

inicio-cola de los valores de la DRA. En primer término, con valores de la DRA generalmente superiores a 1.5 en cualquiera de los niveles del sistema observados, garantizar el acceso al agua no es un gran problema para los productores. En segundo lugar, en un sistema controlado y programado como el DRARL, donde los usuarios pagan por cada servicio de riego que se suministra, éstos se aseguran que reciben el agua que han solicitado y pagado haciendo a los canaleros responsables de la

forma en que distribuyen el agua. Dados los altos grados de disponibilidad de agua, los canaleros fácilmente pueden satisfacer esos pedidos sin tener que controlar el sistema en forma muy estricta. Por último, las prácticas de distribución generalmente se definen aplicando el agua a una determinada superficie, en lugar de aplicar un volumen establecido en un determinado tiempo. Como resultado, en general los usuarios reciben el volumen que necesitan para regar sus cultivos.

FIGURA 4A.  
La distribución espacial de los valores de la DRA en los dos laterales seleccionados en el módulo Cortázar, OI 1995–1996 y PV-SC 1996.

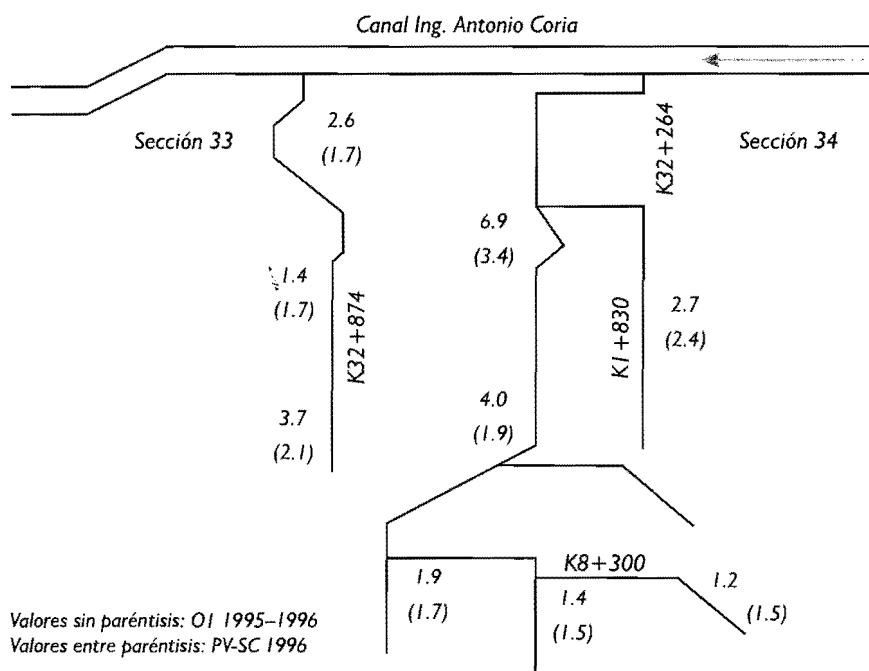
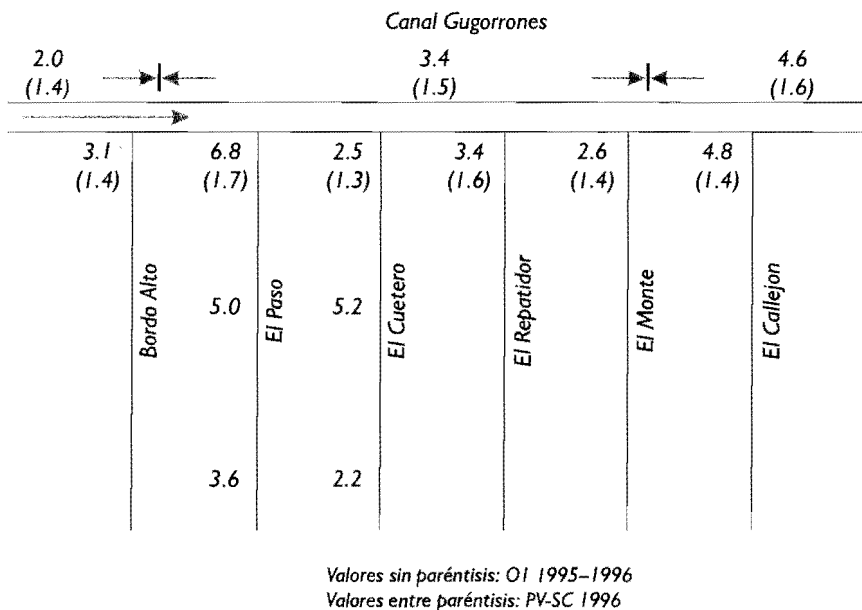


FIGURA 4B.  
La distribución espacial de los valores de la DRA en el canal Gugorrones y sus laterales en el módulo Salvatierra, OI 1995–1996 y PV-SC 1996.





## El Desempeño Agrícola

Según el Cuadro 2, el rendimiento de trigo equivalente en el DRARL varía entre 6.6 t/ha con el riego por canales en Salvatierra y 11.1 t/ha en las parcelas regadas por pozos en Cortázar. A diferencia de lo que sucede en Salvatierra, muchos propietarios de pozos en Cortázar cultivan hortalizas de alto valor que aumentan el valor del trigo equivalente. En contraste, Salvatierra tiene un rendimiento de sorgo de verano equivalente muy alto (11.9 t/ha) ya que muchos productores producen frijol, que tiene un alto equivalente de trigo. Normalmente, el rendimiento de sorgo es de alrededor de 9 t/ha. Estos valores de los rendimientos de trigo y sorgo son relativamente altos comparados con otros distritos de riego en México (Palacios-Vélez 1994b) y unidades de riego cercanas en el estado de Guanajuato (Dayton-Johnson 1997). Este informe no ha analizado en detalle los factores que explican estos valores altos, pero las entrevistas con agrónomos y productores muestran que el DRARL es favorecido por suelos fértiles, un buen acceso al agua superficial y subterránea y la disponibilidad de proveedores nacionales e internacionales de insumos de alta calidad.

El Cuadro 8 sintetiza los valores de los indicadores comparativos del desempeño que se relacionan con la producción agrícola del distrito y los dos módulos seleccionados.

*VBPE por unidad de superficie regada (US\$/ton.).* Los valores en el ciclo otoño-invierno del agua de los canales se acercan a los US\$1,800/ha tanto en el distrito en general como en los módulos individuales (Cuadro 8). Cortázar muestra un valor ligeramente más alto a causa del valor más elevado de los cultivos producidos aquí con una mayor cantidad de insumos agrícolas. En el mismo período, los valores correspondientes a los

pozos son sistemáticamente más altos, lo cual refleja un mejor control del agua gracias a los pozos y el valor más elevado de los cultivos comúnmente producidos con esta tecnología. Los valores en el ciclo primavera-verano siguen un patrón similar, pero los valores reales son mucho más bajos como resultado de la reducción de los precios en el mercado del cultivo principal, US\$262/t para el trigo de invierno en contraste con US\$105/t para el sorgo de verano. El patrón de cultivos diversificados que reciben riego por gravedad en Salvatierra dio como resultado un VBPE relativamente alto para el cultivo de verano.

El VBPE anual en cada una de las tres unidades analizadas es de aproximadamente US\$2,900/ha regada para el riego por gravedad y fluctúa entre US\$2,900 y US\$4,000 para el riego por pozos. En comparación con otros 15 sistemas estudiados por el IIMI (Molden et al. 1998), el rendimiento por unidad de superficie regada en los módulos del DRARL está entre los más altos debido a una productividad relativamente más elevada (véase el Cuadro 2), más que a mejores precios por los cultivos básicos, el trigo y el sorgo, en comparación, por ejemplo, con el arroz.

*VBPE por unidad de área de control (US\$/ha).* Los valores de este indicador en el ciclo primavera-verano son mucho más bajos que los obtenidos con el indicador anterior; ya se ha explicado la razón de esto. En el módulo Salvatierra esto es particularmente notable, dada su baja intensidad de riego (Cuadro 2). En los valores más bajos también influye la elección de los cultivos ya que el cultivo principal en cada ciclo ocupa mucho menos superficie que en el distrito en general o en el módulo Cortázar.

La comparación con otros sistemas del mundo (Molden et al. 1998) nuevamente revela que los propietarios de los pozos particulares en el módulo Cortázar obtienen un rendimiento muy alto. Por otra parte, el rendimiento por unidad de área de control de todos los otros productores es mucho más bajo y el rendimiento obtenido por los productores de Salvatierra (tanto con riego por gravedad como con riego por pozos) está entre los más bajos de los sistemas estudiados. El factor más importante que contribuye a estos valores bajos en el módulo Salvatierra es la baja intensidad de riego de la superficie cultivada con frijol y hortalizas.

VBPE por unidad de agua suministrada (US\$/m<sup>3</sup>). Los valores en el ciclo otoño-invierno correspondientes al agua de los canales

muestran que los valores en el distrito (US\$0.16/m<sup>3</sup>) y en Cortázar (US\$0.19/m<sup>3</sup>) casi duplican los valores observados en Salvatierra (US\$0.09/m<sup>3</sup>). Esto concuerda con el suministro relativamente más alto de agua en el último módulo (4.4), como se puede ver en el Cuadro 3. Estos valores son uniformes pero ligeramente más altos que los reportados para los sistemas Coello (US\$0.12/m<sup>3</sup>) y Saldaña (US\$0.11/m<sup>3</sup>) en Colombia, que también son sistemas programados pero con condiciones climáticas y económicas diferentes (Vermillion y Garcés-Restrepo 1996). La comparación con los otros 15 sistemas revela que, sin importar los valores de la DRA relativamente altos encontrados, el rendimiento en el DRARL por unidad de agua suministrada alcanza valores entre

CUADRO 8.

Indicadores basados en la agricultura en el Distrito de Riego Alto Río Lerma y en los módulos Cortázar y Salvatierra, OI 1995–1996 y PV-SC 1996.

	Ciclo	Fuente de Riego	Distrito de Riego Alto Río Lerma	Módulo Cortázar	Módulo Salvatierra
VBPE/unidad de superficie regada US\$/ha	OI	Gravedad	1,752	1,941	1,740
	PV-SC		1,028	921	1,253
	Todo el año		2,780	2,862	2,993
	OI	Pozos particulares	2,320	2,912	1,887
	PV-SC		1,010	1,123	1,005
	Todo el año		3,330	4,035	2,892
VBPE/unidad área de control US\$/ha	OI	Gravedad	1,228	1,576	874
	PV-SC		612	654	644
	Todo el año		1,840	2,230	1,518
	OI	Pozos particulares	1,730	2,579	431
	PV-SC		900	927	1,623
	Todo el año		2,630	3,506	2,054
VBPE/unidad de agua suministrada US\$/m <sup>3</sup>	OI	Gravedad	0.16	0.19	0.09
	PV-SC		0	0	0
	OI		Pozos particulares	0.25	0.36
	PV-SC	0.22		0.24	0.18
	OI	Gravedad		0.35	0.38
	PV-SC		0	0	0
OI	Pozos particulares		0.50	0.71	0.46
PV-SC		0.20	0.21	0.19	

CUADRO 9.

Costo medio del agua en comparación con los otros costos de la producción y los ingresos agrícolas en las parcelas seleccionadas en los módulos Cortázar y Salvatierra, OI 1995–1996 y PV-SC 1996.

OI	Area regada (ha)	Costos de la Producción (US\$/ha)					Valor Bruto y Neto de la Producción (US\$/ha)				El costo de agua o energía como % de		
		Mano de obra	Insumos	Maquinaria	Cuota o Luz	Total	Ton/ha	Precio/ton	VBP	VNP	Costo total	VBP	VNP
<i>Cortázar</i>													
Todos (n=15)	4.9	40	295	161	33	530	7.2	253	1,821	1,290	6.3	1.8	2.6
Gravedad (n=11)	4.5	47	296	165	34	542	7.1	255	1,814	1,272	6.3	1.9	2.7
Pozo (n=4)	5.8	22	294	151	31	499	7	248	1,838	1,339	6.3	1.7	2.3
<i>Salvatierra</i>													
Todos (n=6)	3.0	38	189	154	34	415	6.3	284	1,795	1,381	8.2	1.9	2.5
Gravedad (n=3)	2.3	47	188	146	35	415	4.1	330	1,341	926	8.4	2.6	3.8
Pozo (n=3)	3.7	29	190	162	33	415	8.6	262	2,250	1,835	8.1	1.5	1.8
<i>PV-SC</i>													
<i>Cortázar</i>													
Todos (n=20)	5.0	24	204	75	37	340	9.1	133	1,210	871	10.8	3.0	4.2
Gravedad (n=8)	4.0	19	204	69	9	301	9.1	128	1,168	866	3.1	0.8	1.1
Pozo (n=12)	5.8	28	204	79	55	365	9	137	1,230	865	15.1	4.5	6.4
<i>Salvatierra</i>													
Todos (n=13)	2.4	91	267	154	22	534	9.1	135	1,228	694	4.2	1.8	3.2
Gravedad (n=3)	2.3	70	256	99	9	435	6.2	149	923	488	2.1	1.0	1.9
Pozo (n=10)	2.5	97	270	173	24	564	10.1	130	1,315	751	4.3	1.8	3.2

VBP = Valor Bruto de la Producción; VNP = Valor Neto de la Producción.

medianos y altos también en el ciclo otoño-invierno. Excepto por el agua de los pozos, los valores son considerablemente más elevados en todos los casos.

Si bien el precio en el mercado del principal cultivo de verano es mucho más bajo (US\$105/t) que el del cultivo de invierno (US\$262/t), como se puede ver en el Cuadro 2, los valores de la producción por unidad de riego por gravedad suministrado son, no obstante, más altos, ya que se requiere mucho menos riego a causa de la precipitación más elevada.

*VBPE por unidad de agua consumida (US\$/m<sup>3</sup>).*  
En general, en el ciclo otoño-invierno estos valores son más altos que en el caso del indicador anterior porque se excluyen las

pérdidas en el sistema y se considera únicamente el agua que fue realmente evapotranspirada por el cultivo, la ET no benéfica y las pérdidas en sumideros; por lo tanto, esa agua ya no está disponible para ser usada en otra parte. Sin embargo, hay que señalar que, en el caso de Salvatierra, ya no existe una gran diferencia con el distrito o con el otro módulo porque en el indicador ya no influye el suministro de riego.

Además del valor bruto de la producción estandarizado, se recolectaron datos sobre el costo de producción en algunas parcelas y se analizaron esos datos para calcular el ingreso neto de la producción, así como el costo del servicio de agua para el productor, ya fuera mediante la tarifa del

servicio de riego o por el costo de bombeo (Cuadro 9). El ingreso neto medio es de aproximadamente 75% del VBPE, pero ese porcentaje varía entre 70% para el riego por gravedad en ambos módulos y 83% para los propietarios de pozos en Salvatierra.

El costo del agua vinculado con los pozos incluye el costo de la energía para el bombeo y la conservación por ciclo, pero excluye los costos de capital. En Cortázar, los costos de producción no presentan una diferencia significativa entre las fuentes de agua, si bien los valores son ligeramente más bajos para los pozos. Así mismo, los valores de la productividad de los ingresos tanto brutos como netos siguen una tendencia similar, con valores algo más altos para los pozos. La sección final del cuadro combina esta información para mostrar que el costo del servicio del agua como porcentaje del costo total de producción es de sólo 6.3% en todos los casos. Además, en todos los casos el costo del agua es menos del 3% de los ingresos agrícolas brutos.

La situación en Salvatierra presenta tendencias similares, con variaciones ligeramente más altas entre las dos fuentes de agua. En términos de porcentajes, el costo

del servicio de agua es de alrededor del 8.2%, mientras que es inferior al 3% de los ingresos agrícolas brutos.

En comparación con el ciclo otoño-invierno, los valores del VBPE en el ciclo primavera-verano son mucho más bajos, especialmente en las parcelas que reciben riego por gravedad en Salvatierra. El ingreso neto medio como porcentaje del VBPE varía entre 53% y 74%. A causa de los problemas de malezas, los productores de Salvatierra tienen gastos mucho más elevados por la contratación de mano de obra y maquinaria. En forma similar al ciclo otoño-invierno, el costo del agua en relación con el costo total de producción es bajo en el ciclo primavera-verano. La única excepción es el costo del agua para los productores de Cortázar que usan agua de los pozos. Esto se explica por el hecho de que tres de los productores incluidos en la muestra, que solían regar con agua de canales durante el ciclo otoño-invierno, decidieron comprar agua a los propietarios de los pozos para sus cultivos de verano. Estos productores pagaron hasta US\$85/ha por el agua, en comparación con un costo medio de la energía de US\$18/ha (Cuadro 10).

CUADRO 10.

Costo y uso de energía y agua en los pozos oficiales y particulares seleccionados en los módulos Cortázar y Salvatierra, 1995-1996.

	O1 1995-96					PV-SC 1996				
	Uso del Agua m <sup>3</sup> /ha	Uso de Energía m <sup>3</sup> /Kwh	Costo de Energía US\$/1,000 Kwh	Costo de Bombeo		Uso del Agua m <sup>3</sup> /ha	Uso de Energía m <sup>3</sup> /Kwh	Costo de Energía US\$/1,000 Kwh	Costo de Bombeo	
			US\$/ha	US\$/1,000 m <sup>3</sup>				US\$/ha	US\$/1,000 m <sup>3</sup>	
<i>Cortázar</i>										
Pozos Part. (n=10)	9,460	6.5	16.88	24.57	2.60	6,210	7.5	22.08	18.28	2.94
Pozos Oficiales (n=20)	6,160	6.0	16.88	17.33	2.81	11,460	7.0	22.08	36.15	3.15
<i>Salvatierra</i>										
Pozos Part. (n=10)	10,893	6.6	16.88	27.86	2.56	4,079	5.1	22.08	17.69	4.34
Pozos Oficiales (n=21)	9,400	5.0	16.88	31.73	3.38	5,497	4.0	22.08	30.34	5.52
Promedio	8,978	6.0	16.88	25.37	2.84	6,812	5.9	22.08	25.62	3.99

## El Desempeño Financiero

*Utilidades brutas de la inversión.* El costo de construcción de un sistema de distribución de agua con las mismas características del DRARL puede ser obtenido a partir de las actuales obras de construcción efectuadas por la CNA. Se estima que ese costo es de US\$8,000/ha (CNA 1996). Utilizando el VBPE por unidad de control para todo el año en el distrito y los dos módulos, las utilidades netas de la inversión equivalen a 23% en todo el distrito, a 28% en Cortázar y a 19% en Salvatierra. Estos valores no son inferiores a los reportados por Vermillion y Garcés-Restrepo (1996) sobre dos distritos de riego en el centro de Colombia.

En el caso de los pozos particulares, el costo de perforación e instalación es de alrededor de US\$52,000/pozo, que, en términos del área media de control por cada pozo, equivale a aproximadamente US\$3,300/ha. Estos valores combinados con el VBPE anual por unidad de control de los pozos da utilidades brutas de la inversión de 80% para el distrito, 106% para Cortázar y 62% para Salvatierra. Estos valores son considerablemente más altos que los valores obtenidos con la tecnología de riego por gravedad. Las elevadas utilidades brutas de la inversión en los pozos particulares, combinadas con el costo relativamente bajo de bombeo y conservación de los pozos (Cuadro 9), explica la gran concentración de pozos dentro de un sistema de riego por gravedad que tiene una disponibilidad de agua relativamente segura. Si bien el costo de la energía aumentará mucho en los próximos años como resultado de la eliminación de los subsidios a la energía, se prevé que el programa subsidiado para modernizar y mejorar los pozos existentes no constituirá un incentivo para que los productores abandonen sus pozos.

Por último, el Cuadro 10 muestra el costo asociado con el uso de energía. Revela que no hay un costo diferencial de la energía por sector o por módulo y que la tarifa aumentó en un 30% para el ciclo primavera-verano conforme a las políticas generales de reforma económica del gobierno de México. Por consiguiente, los costos de bombeo para el ciclo primavera-verano fueron en promedio significativamente más altos. Los costos de bombeo por unidad de agua en ambos ciclos parecen más altos en los pozos oficiales en comparación con los particulares, como resultado de la mayor ineficiencia asociada con las condiciones deficientes de conservación.

*Autosuficiencia financiera.* En el Cuadro 11, se presenta el indicador en tres escenarios ligeramente diferentes según que haya o no subsidios. Un objetivo principal del programa de TMR del gobierno de México ha sido la supresión de los subsidios agrícolas, en particular los relacionados con la OyM de los sistemas de riego. Sin embargo, en el caso del DRARL la totalidad de los 115 integrantes del personal de la CNA todavía son pagados con fondos federales.

Como sólo dos de los 11 módulos del distrito han sido incluidos en este informe, no corresponde sumar los valores por columnas. Los valores de la primera fila, que se refieren a la oficina de distrito de la CNA, reflejan los ingresos y los gastos realizados por la CNA para manejar las cabecezas y el sistema principal de todo el distrito. La última fila representa los gastos y los ingresos totales de la CNA en los 11 módulos. La diferencia entre la autosuficiencia *con* subsidios y *sin* subsidios refleja si se han tenido o no en cuenta los sueldos federales subsidiados del personal de la CNA. La úl-

CUADRO 11.

Autosuficiencia financiera del Distrito de Riego Alto Río Lerma y los módulos Cortázar y Salvatierra, 1995 (dólares de 1995).

	1	2	3	4	5	Autosuficiencia		
	Gastos de O&M ejecutados	Salarios subsidiados*	Gastos total de O&M	Recaudación planeada	Recaudación real	con subsidios 5/1 (%)	sin subsidios 5/3 (%)	real/ planeada 5/4 (%)
Oficina de la CNA	426,333	259,740	686,073	553,247	535,870	126	78	97
Módulo Cortázar	381,915	0	381,915	300,481	412,954	108	108	137
Módulo Salvatierra	365,551	0	365,551	296,753	335,544	92	92	113
Todo el Distrito	2,046,614	259,740	2,306,354	1,812,758	2,229,168	109	97	123

\*el nivel de los salarios subsidiados era estimado por los autores.

tima columna proporciona una medida de la eficiencia de las unidades en el cobro de los adeudos o el compromiso de los usuarios en el pago de sus obligaciones.

En el Cuadro 11 es evidente que la autosuficiencia del distrito en general y de ambos módulos es muy elevada. El cobro planeado de tarifas se obtiene a partir del producto de la tarifa por hectárea, el número de servicios de riego a que tienen derecho los usuarios y la superficie que se regará. Los números sugieren que los gastos están bajo control y que existe una buena planificación al establecer los niveles de tarifas necesarios para operar sin problemas el sistema. Además, parecería que los usuarios están comprometidos con el sistema dados

los altos niveles de pago de las tarifas. Como la mayoría de las AUA tienen otras fuentes de ingresos derivados, por ejemplo, de la renta de maquinaria o los intereses bancarios, los valores definitivos de la autosuficiencia serían aun más altos que los dados. No obstante, como las AUA dependen en gran medida del número de servicios de riego que pueden proporcionar, el factor de 'seguridad' superior al 100% puede desaparecer fácilmente en un año de sequía. Esta dependencia de los ingresos de la disponibilidad real de agua puede poner en riesgo la sostenibilidad financiera de las AUA. Esto indicaría que es conveniente contar con un fondo oficial de emergencia, algo que no tiene ninguna de las AUA.

## Los Impactos Ambientales

Se usaron dos indicadores para evaluar los impactos ambientales del riego. El primero monitorea la pérdida de superficie regada a causa de condiciones ambientales negativas derivadas de los efectos del encharcamiento o la salinidad y el segundo se refiere a las fluctuaciones del agua

subterránea que pueden tener efectos nocivos para la producción de cultivos cuando el nivel hidrostático se eleva demasiado cerca de la superficie, o para la disponibilidad de agua para bombear cuando, por el contrario, el nivel hidrostático cae año tras año.

En el caso del DRARL y de los módulos, no se encontraron datos significativos relacionados con efectos ambientales negativos como consecuencia de condiciones de encharcamiento o salinidad.

Se han monitoreado las fluctuaciones del nivel hidrostático, que anuncian una situación preocupante. En 1995, siguiendo una tendencia de los últimos cinco años, los niveles hidrostáticos están cayendo según una tasa anual media de 2 a 5 metros (Muñoz 1996) y

alcanzan una profundidad media de más de 100 metros. La gran concentración de pozos en el estado de Guanajuato ha provocado una alarmante sobreexplotación anual del agua subterránea, que llega a 829 MMC para todo el estado y a 117 MMC para los tres acuíferos que sirven el distrito de riego. Estos volúmenes corresponden a una sobre-explotación de los acuíferos por factores de 1.4 y 1.2 para el estado y el distrito, respectivamente.

## Evaluación de los Procedimientos de Recolección de Datos

En esta sección se evalúan los procedimientos de recolección de datos usados para obtener los resultados del desempeño presentados y analizados anteriormente. Se establece una comparación entre el tiempo y los recursos necesarios para calcular los indicadores comparativos del IIMI con el esfuerzo requerido para medir el conjunto limitado de indicadores del proceso seleccionados.

*Los indicadores comparativos.* Los indicadores comparativos se basan mucho en la disponibilidad de datos secundarios. Una vez establecidos contactos y buenas relaciones de trabajo con la CNA y las AUA, el IIMI tuvo acceso pleno e incondicional a los datos solicitados. Como la CNA y la mayoría de las AUA usan computadoras para entrar y procesar sus datos, a menudo se pudieron copiar y utilizar archivos computarizados de datos. No obstante, la recolección de datos tomó más del mes previsto. Hay varias razones que explican esto.

- Para los propósitos de verificación y control de la calidad de los datos, siempre que fue posible se sumaron los datos a

nivel de los módulos y se los comparó con los datos a nivel del sistema. En un sistema grande como el DRARL, visitar los 11 módulos implicó un esfuerzo logístico prolongado. Además, con frecuencia los datos a nivel de los módulos no habían sido entrados por completo en el momento de nuestra visita y hubo que hacer otras visitas.

- Tomó meses a la CNA y las AUA procesar sus datos por ciclo. En consecuencia, tuvimos que efectuar muchas visitas para actualizar los datos requeridos para este informe.
- A menudo los módulos usaban formatos diferentes para entrar sus datos y esto hizo difícil comparar los datos de los módulos y agregar los datos a nivel de los módulos a los datos a nivel de distrito.
- En un sistema complejo como el DRARL, los volúmenes totales suministrados a los módulos tuvieron que ser calculados sumando los aforos diarios del agua efectuados en una gran cantidad de puntos de control. Este proceso requirió mucho tiempo.

- Los rendimientos y los precios a nivel de las granjas variaron de un módulo a otro y fue preciso verificarlos con datos de otras fuentes.
- Para convertir los rendimientos de más de 30 cultivos en un cultivo equivalente básico en varios niveles del sistema, en dos ciclos y para el riego por gravedad y por pozos, se requirió desarrollar y manejar grandes bases de datos.
- Dadas las diferencias del clima dentro del sistema, hubo que recolectar datos climáticos de varias estaciones. Se realizaron visitas a más de 10 estaciones para verificar la calidad del procedimiento de recolección usado por las estaciones. A causa de la deficiente calidad del equipo empleado o la ubicación inconveniente de la estación, se rechazaron varias estaciones meteorológicas. Además, las estaciones restantes parecían tener considerables lagunas de datos.
- A veces fue difícil encontrar datos históricos, principalmente a causa de los tres cambios administrativos que sufrieron la Secretaría de Agricultura y la CNA en los 10 últimos años. Como resultado, se perdieron archivos o los formatos de los datos habían cambiado con frecuencia, lo cual hizo difícil las comparaciones históricas.
- La recolección de datos financieros tomó mucho tiempo porque había que comprender, interpretar y verificar los distintos aspectos y flujos monetarios presentados en los libros. Además, no coincidían los años financieros y los años agrícolas.

Para desarrollar y modificar las hojas de cálculos y entrar y procesar los datos se requirieron aproximadamente dos semanas.

La recolección y verificación de los datos fueron realizadas por Kloezen y un asistente de campo y tomaron unos tres meses.<sup>7</sup> Se contrató a una secretaria, la cual fue adiestrada para entrar los datos; esto tomó aproximadamente un mes.

En teoría, la mayoría de los datos podrían haber sido obtenidos a nivel del distrito (reunidos y totalizados por la CNA). Sin embargo, se consideró que, para verificar y controlar la calidad, se debía recolectar los datos en la fuente primaria en la medida de lo posible. Esto ha aumentado la confiabilidad de los datos presentados en este estudio.

*Los indicadores del proceso.* En comparación con los indicadores comparativos, los procedimientos de recolección de datos requeridos para aplicar los indicadores del proceso son más complejos y prolongados. Es preciso hacer una distinción entre los datos necesarios para aplicar los indicadores del proceso a nivel del módulo y el distrito y la aplicación de los indicadores a nivel de algunos canales y parcelas.

Para el primer propósito, además de los datos necesarios para los indicadores comparativos se recolectaron datos secundarios sobre el almacenamiento de las presas, las descargas de las presas y las concesiones volumétricas, así como sobre los valores planeados y reportados. Básicamente, se encontraron los mismos problemas descritos antes. Se estimó que se necesitaba un mes adicional para recolectar y procesar los valores planeados y reportados.

Tres ingenieros trabajaron de tiempo completo durante más de un año para recolectar los datos primarios y efectuar las mediciones con el fin de aplicar los indicadores del proceso a nivel de los canales y parcelas seleccionados. Además, el trabajo en Salvatierra contó con el apoyo de un estudiante de la maestría en ciencias,

<sup>7</sup>Si bien aquí se presentan los datos de sólo dos ciclos, se reunieron datos similares para las series cronológicas presentadas en el trabajo de Kloezen, Garcés-Restrepo y Johnson (1997). Por consiguiente, el tiempo mencionado aquí no es sólo para los propósitos de este informe.



mientras que en Cortázar se contrató a un ingeniero asistente para que trabajara de tiempo parcial efectuando las lecturas de las escalas dos veces al día y ayudara a calibrar las escalas. La calibración de las escalas instaladas por el IWMI resultó la actividad que tomó más tiempo. Además, se dedicó mucho tiempo a visitar las parcelas seleccionadas y efectuar varias mediciones del volumen por parcela y por riego. La calibración de los pozos seleccionados, el aforo del agua extraída de los pozos, el registro de las lecturas del consumo de energía y la aplicación de la encuesta entre los productores para obtener los presupuestos por cultivo, los costos de producción y el costo del agua parecieron actividades relativamente fáciles. Se dedicaron cinco meses más a entrar, depurar y procesar los datos primarios.

*Presentación del proceso y los resultados de la investigación.* Durante el proceso de recolección de datos, se hicieron frecuentes visitas a la CNA para analizar los datos

recolectados. Esto resultó una forma excelente de verificar nuestra interpretación preliminar de los datos, afrontar nuevos interrogantes y solicitar datos adicionales. Se celebraron varias reuniones con la administración, el personal y los productores de los dos módulos seleccionados para discutir esos mismos aspectos.

Además, el IWMI tuvo oportunidad de asistir a varias reuniones del comité hidráulico, en las cuales se analizó el progreso de la investigación con los representantes de otros módulos. Por último, se presentaron tres informes con resultados preliminares en ocasiones más formales (Kloezen, Garcés-Restrepo y Marmolejo 1996; Kloezen, Ramírez y Melgarejo 1996; Kloezen 1997). Esto proporcionó buenas oportunidades para obtener retroalimentación de información de un grupo mucho más amplio, incluyendo los administradores del sistema, los encargados de formular las políticas y los investigadores.

## Conclusiones

### *El Desempeño del DRARL*

A continuación se presentan las principales conclusiones de la evaluación del desempeño en el DRARL, basada en la aplicación de los indicadores comparativos.

- El distrito de riego operó durante los ciclos OI 1995-1996 y PV-SC 1996 en condiciones de disponibilidad de agua relativamente abundante. Los administradores pudieron satisfacer las demandas de agua de los cultivos con un buen

margen de seguridad, como lo indican los valores elevados de la DRA y la DRR en los distintos niveles del sistema. En general, los valores de la DRA y la DRR en Salvatierra son muy superiores a los valores medios en el distrito, mientras que en Cortázar son ligeramente inferiores.

- Los valores de la DRA y la DRR obtenidos en todos los niveles indican que los usuarios de los pozos emplean más agua por hectárea que los que utilizan

agua de los canales. Las razones de esto son un costo relativamente bajo del bombeo como consecuencia de las tarifas subsidiadas de la energía y el intento de evitar riesgos no esperando hasta que hayan comenzado las lluvias.

- Las demandas de agua de los cultivos se calculan sobre la base de un solo cultivo principal, normalmente uno que consume mucha agua para no correr riesgos. Esto lleva a un cálculo de láminas excesivas, especialmente en Salvatierra, donde los productores producen relativamente más cultivos que necesitan menos agua. Esto se ha traducido en los altos valores de la DRA observados.
- Los valores brutos estandarizados de la producción por unidad de agua suministrada o de agua consumida son conceptos relativamente nuevos y no hay información que permita comparaciones. El IWMI ha obtenido algunos valores preliminares para otros sistemas del mundo, los cuales indican que, en general, los valores encontrados en el DRARL son altos, en particular para los cultivos que reciben riego por pozos.
- Las tarifas establecidas y las actividades para cobrar esas tarifas permiten cubrir adecuadamente los costos de OyM.
- La evaluación de los impactos ambientales del riego revela que no parecen existir problemas vinculados con condiciones negativas provocadas por el encharcamiento o la salinidad en las áreas de control evaluadas. Por otra parte, el descenso de los niveles hidrostáticos produce un efecto negativo en los niveles de bombeo, como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos.

En relación con las dos primeras hipótesis planteadas a comienzos de este informe, se puede concluir que, en general, la aplicación de indicadores comparativos a nivel del distrito y del módulo proporciona información adecuada acerca de las diferencias en la calidad del desempeño en el manejo del agua entre los módulos, los ciclos y las fuentes de agua. A diferencia de la información actualmente recolectada por la CNA y los módulos, la información obtenida mediante los indicadores comparativos podría servir para monitorear el desempeño por ciclo. Si bien la información indica que existen posibles deficiencias en las políticas de manejo (por ejemplo, la forma en que se calculan las láminas planeadas), no proporciona información suficiente sobre las razones de esas deficiencias ni identifica posibles soluciones.

Las siguientes son las conclusiones principales de la evaluación del desempeño en el DRARL, basadas en la aplicación de los indicadores del proceso:

- *Confiabilidad.* La entrega real de agua de riego entre los módulos concordó estrechamente con el agua concesionada y los volúmenes asignados. Esto indica que, a comienzos del ciclo, las AUA saben cuánta agua se les suministrará. El establecimiento de un comité hidráulico a nivel de distrito, en el cual participan las AUA, ha dado a los módulos un instrumento eficaz para monitorear las entregas reales en comparación con los volúmenes concesionados y asignados.
- *Flexibilidad y oportunidad.* El comité hidráulico decide acerca de las fechas de apertura y cierre de las presas. Los productores programan su riego alrededor de esos días. Esos períodos de riego son lo suficientemente prolongados para permitir una programación flexible den-

tro de los períodos. Así sucede en el acuerdo de programación en el DRARL, en el cual los usuarios solicitan y pagan un servicio de riego para que sea proporcionado en un día determinado.

- La *distribución espacial* de los valores de la DRA a lo largo de los canales seleccionados no es una preocupación importante para los usuarios como resultado de los elevados valores reales de la DRA. Los aforos diarios en niveles seleccionados de los canales y parcelas indican que todos los productores reciben agua suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Si bien existe cierta variación en la distribución espacial, no hay un sesgo relacionado con la ubicación de los usuarios (inicio, mitad, cola) dentro de la red de riego. La razón de esto es que los productores vigilan muy de cerca que reciben el servicio de riego que han solicitado y pagado. A nivel de las granjas, las interacciones personales entre los usuarios y los canaleros desempeñan una función importante ya que determinan el tamaño del caudal y la cantidad de horas asignados para que una determinada parcela reciba el agua.
- *Adecuación*. Los aforos a nivel parcelario indican un alto grado de adecuación del agua en ese nivel. La forma en que son reportadas las entregas de agua por los canaleros vuelve confusa esta adecuación en los reportes oficiales. En general, los canaleros reportan volúmenes asignados a los usuarios inferiores a los reales. Además, los volúmenes reportados se calculan en forma aproximada o, incluso, usando la lámina planeada como referencia. Como estos volúmenes reporta-

dos son la base del monitoreo del manejo del agua desde el nivel parcelario hasta el nivel de distrito, esa práctica tiene consecuencias importantes para la calidad del monitoreo del desempeño efectuado por la CNA y los módulos.

Si bien en teoría la distribución del agua dentro del módulo se hace por demandas volumétricas, los canaleros consideran que el área que se regará es un factor más importante que el volumen. La prioridad de la superficie sobre el caudal se encuentra sistemáticamente en distintos niveles del sistema: desde el nivel de manejo del módulo (responsable de la programación semanal) hasta el canalero a nivel parcelario (responsable de los registros diarios) y conduce a altos grados de adecuación, no sólo en el módulo sino también en las parcelas.

Los indicadores del proceso y los indicadores comparativos se complementan entre sí. La aplicación de los indicadores del proceso resultó útil para comprender mejor los procesos y la dinámica del manejo del riego en el DRARL, así como el tipo y la calidad de varios servicios de manejo del riego proporcionados por la CNA y las AUA. Además, las mediciones y observaciones diarias de las prácticas de manejo del riego en los niveles más bajos del sistema parecieron ser necesarias para conocer la naturaleza y la calidad de los datos secundarios obtenidos de los niveles de los módulos, el distrito y central. Por ejemplo, claramente revelaron la calidad deficiente de los datos reportados y, por consiguiente, la escasa confiabilidad de los propios datos del monitoreo de la CNA y las AUA. Estas observaciones fortalecieron el esfuerzo adicional que tuvo que efectuar el IIMI para verificar los datos secundarios necesarios para los indicadores comparativos.

## *Algunas Enseñanzas Metodológicas*

Este informe es uno de los primeros de una serie de estudios en los cuales se aplican los indicadores del IWMI para el desempeño del riego. Se pueden obtener de este estudio varias enseñanzas metodológicas acerca de la aplicabilidad de los indicadores comparativos seleccionados. En relación con la tercera hipótesis planteada, se pueden hacer las siguientes observaciones:

- En comparación con la aplicación de los indicadores del proceso (que generalmente requiere mediciones diarias en distintos niveles del sistema), la aplicación de los indicadores comparativos consume menos tiempo y recursos. No obstante, el gran tamaño del sistema, los varios niveles de éste, la gran diversidad en los patrones de cultivo, las diversas tecnologías de riego y la superposición de los ciclos de riego en la mayoría de los sistemas de riego mexicanos, hicieron que la recolección, verificación y procesamiento de los datos básicos necesarios para calcular los indicadores comparativos resultaran procedimientos más complejos y prolongados de lo previsto.
- Los indicadores comparativos vinculados con el agua se basan en un criterio de balance del agua, ya que pretenden considerar la ET no benéfica, el flujo hacia el agua subterránea, etc. Sin embargo, en muchos sistemas no se dispone de datos secundarios confiables sobre esos elementos. Si se establecen comparaciones entre sistema o países, es necesario saber si el excedente de agua en un determinado lugar puede o no ser usado en otra parte. Un valor de 2.0 no es necesariamente mejor que 2.5 si en este último caso no hay oportunidad de utilizar el recurso adicional en otra parte. En comparación con otros sistemas, el DRARL tiene datos adecuados. No obstante, aun con un equipo de investigación relativamente grande y un buen grupo de colaboradores, el IWMI de México no contó con los especialistas, el equipo y el presupuesto para conocer mejor la posición hidráulica del DRARL dentro de la enorme cuenca hidrológica Lerma-Chapala, o la interacción entre el riego por gravedad y la recarga de los mantos acuíferos.
- En sistemas como el DRARL, los patrones de cultivo así como los rendimientos y los precios varían de un módulo a otro. En este estudio, fuimos afortunados porque la CNA y las AUA llevan muy buenos registros por ciclo de estos datos agrícolas. En sistemas similares pero en entornos diferentes o en países con datos secundarios no tan bien registrados y personal de riego menos capacitado, será una tarea difícil aplicar aun el conjunto mínimo de indicadores comparativos.
- Si bien Molden et al. (1998) tratan de combinar ciclos diferentes para obtener valores anuales, en este informe fue necesario aplicar los indicadores en ciclos individuales de riego ya que las condiciones climáticas en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano son muy distintas en cuanto a las necesidades de riego. La totalización de la información por ciclo para obtener valores anuales no proporciona información útil sobre el desempeño del sistema y las posibles deficiencias en las prácticas y políticas de manejo del riego. Asimismo, como el agua de los canales y el agua subterránea esencialmente se manejan por sepa-

rado, también fue necesario calcular indicadores individuales por cada fuente de agua. Esto implicó un considerable aumento del tiempo dedicado a recolectar y procesar los datos necesarios.

- Un importante parámetro de la DRR es la precipitación efectiva. El principal ciclo de riego en el DRARL es el ciclo otoño-invierno, con precipitación muy escasa. En consecuencia, el método usado para calcular la precipitación efectiva casi no afecta el valor de la DRR. Sin embargo, como se muestra en el caso del ciclo primavera-verano, en los ciclos con precipitación más abundante el método que se escoge se vuelve muy importante y tiene que ser estandarizado en todos los sistemas.
- La comparación de los rendimientos agrícolas entre el DRARL y otros sistemas de México y de otros países es difícil ya que se basa únicamente en el VBPE y no incluye los costos de producción. Esto se aplica particularmente

en los casos en que los sistemas difieren considerablemente en cuanto a los insumos usados, el costo de la energía y el método de riego empleado.

El propósito de este informe era evaluar la utilidad y la aplicabilidad de los indicadores comparativos en comparación con los indicadores del proceso. El paso siguiente en el proceso de la investigación sería relacionar entre sí los distintos indicadores del proceso y también relacionar los tipos y la calidad del desempeño en el proceso con el desempeño comparativo. Esto exigiría una muestra mucho más grande de años, módulos, parcelas y, posiblemente, sistemas y países. Desde el punto de vista metodológico, esto refuerza la necesidad de estandarizar los indicadores comparativos, lo cual actualmente intenta hacer el IWMI. Además, sería preciso estandarizar el enorme conjunto de indicadores del proceso existentes y las metodologías para calcularlos.

**Indicadores Comparativos Definidos**

$$\text{Disponibilidad relativa de agua} = \frac{\text{Suministro total de agua (riego + precipitación total)}}{\text{Demanda total de los cultivos a nivel parcelario}}$$

donde el denominador incluye el uso consuntivo, la ET no benéfica, las pérdidas hacia drenajes y el flujo neto hacia el agua subterránea. Es un parámetro no dimensional. Se estandariza el uso consuntivo usando el método CROPWAT de la FAO. Esta variable constituye un poderoso instrumento analítico ya que incorpora el elemento del «manejo» y la reacción de los usuarios a la disponibilidad percibida de agua (Levine 1982).

$$\text{Disponibilidad relativa de riego} = \frac{\text{Suministro de riego}}{\text{Demanda de riego a nivel parcelario}}$$

donde el denominador equivale a la demanda de los cultivos menos la precipitación efectiva.

$$\text{Capacidad de entrega de agua} = \frac{\text{Capacidad de entrega en la cabecera del sistema (o subsistema)}}{\text{Demanda consuntiva máxima}}$$

$$\text{Producción por área regada (US$/ha)} = \frac{\text{Valor bruto de la producción estandarizado}}{\text{Área cultivada regada}}$$

donde 'estandarizado' se refiere al proceso de obtener el valor bruto de la producción (VBP) siguiendo tres pasos: i) seleccionar un cultivo base -por lo general el cultivo comercializado a nivel internacional que abarca la superficie más grande- y convertir todos los rendimientos en 'equivalentes' sobre la base del rendimiento del cultivo específico multiplicado por la razón entre el precio del cultivo específico y el cultivo básico a nivel de las granjas; ii) multiplicar los rendimientos equivalentes por el área porcentual dedicada a cada cultivo para obtener la producción equivalente por hectárea de la superficie regada total para cada cultivo y sumarlas; iii) multiplicar la producción equivalente por hectárea por el precio en el mercado mundial del cultivo básico para obtener el VBP estandarizado. Este donde el denominador incluye la ET, la ET no benéfica y las pérdidas hacia sumideros. Este

$$\text{Producción por unidad de área de control (US$/ha)} = \frac{\text{Valor bruto de la producción estandarizado}}{\text{Área de control}}$$

$$\text{Producción por unidad de agua suministrada (US$/m³)} = \frac{\text{Valor bruto de la producción estandarizado}}{\text{Agua suministrada derivada}}$$

$$\text{Producción por unidad de agua consumida (US\$}/\text{m}^3) = \frac{\text{Valor bruto de la producción estandarizado}}{\text{Volumen de agua consumida}}$$

indicador mide la contribución de la actividad de riego a la economía relacionada con el consumo del agua, un recurso cada vez más escaso. Aun en condiciones en las que el agua no es necesariamente escasa, el indicador es útil para determinar si hay agua suficiente que pueda ser utilizada aguas abajo o transferida a otro lugar.

donde el costo del sistema de distribución se refiere al costo actual estimado de la cons-

$$\text{Utilidades brutas de la inversión (\%)} = \frac{\text{Valor bruto de la producción estandarizado}}{\text{Costo de la infraestructura de riego}}$$

trucción de un sistema de suministro equivalente.

donde los cobros por el agua incluyen los posibles ingresos provenientes de todos los ti-

$$\text{Autosuficiencia financiera (\%)} = \frac{\text{Cobros por el agua}}{\text{Costo de OyM}}$$

pos de tarifas relacionadas con el servicio de agua, y los costos de OyM se basan en las cuentas de la agencia de riego o la AUA, según corresponda. Cuando los usuarios mismos se hacen cargo en forma individual o colectiva de la OyM, se deben identificar y cuantificar los costos.

## Bibliografía

- Abernethy, C. L. 1986. *Performance measurement in canal water management: A discussion*. ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper, No. 86/2d.
- Bos, M. G. y J. Nugteren. 1990. *On irrigation efficiencies*. 4 edición. Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Bos, M. G., D. H. Murray-Rust, D. J. Merrey, H. G. Johnson y W. B. Snellen. 1994. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Irrigation and Drainage Systems* 7: 231–261.
- Brewer, J. D., R. Sakthivadivel y K. V. Raju. 1997. *Water distribution rules and water distribution performance: A case study in the Tambraparani Irrigation System*. Research Report 12. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1992. Lerma-Chapala. Acuerdo de Coordinación de Aguas Superficiales. Colección 1(4). México D.F., México: CNA.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1996. *Requerimientos de inversión para incremento de la productividad en distritos de riego*. Subdirección General de Operación. México D.F., México.
- Dayton-Johnson, J. 1997. Performance and institutional choice in locally managed irrigation systems: Evidence from Guanajuato, Mexico. Documento presentado en la reunión de 1997 de la Asociación de Estudios Latinoamericanos, abril 17–19, Guadalajara, Mexico.
- Food and Agriculture Organization. 1996. *¿ROPWAT and CLIMWAT software packages*. Roma, Italia:FAO.
- Garcés, C. 1983. A methodology to evaluate the performance of irrigation systems: application to Philippine national systems. Tesis de doctorado. Cornell University. Copia.
- Jurriëns, Rien. 1996. *Assessing seasonal irrigation service performance*. Working Papers on Irrigation Performance 3. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Kloezen, W. H., C. Garcés-Restrepo y A. Marmolejo. 1996. El manejo y la distribución del agua de riego en el módulo Cortázar del distrito de riego del Alto Río Lerma. En: *Memorias del II Seminario Internacional Transferencia de Sistema de Riego*, pp. 95–111, eds. Enrique Palacios-Vélez, Jesús Chávez-Morales, Adolfo Exebio-García, Enrique Rubiños-Panta y Enrique Mejía-Sáenz. Guanajuato, México: El Colegio de Postgraduados e IIMI.
- Kloezen, W. H., J. J. Ramírez y M. Melgarejo. 1996. La planeación del manejo de riego en el módulo Salvatierra del DR 011, Alto Río Lerma. En: *Memorias del II Seminario Internacional Transferencia de Sistema de Riego*, pp. 71–93, eds. Enrique Palacios-Vélez, Jesús Chávez-Morales, Adolfo Exebio-García, Enrique Rubiños-Panta y Enrique Mejía-Sáenz. Guanajuato, México: El Colegio de Postgraduados e IIMI.
- Kloezen, W. H. 1997. Necesidad de riego para los cultivos y su disponibilidad relativa. Documento presentado en el Seminario sobre el Agua y la Agricultura de Riego, Día Internacional del Agua, Marzo 19, Celaya, México.
- Kloezen, W. H., Carlos Garcés-Restrepo y S. H. Johnson III. 1997. Los impactos de la transferencia del manejo del riego en el distrito de riego Alto Río Lerma, Mexico. Informe de Investigación 15-Es 15. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Levine, G. 1982. *Relative water supply: An explanatory variable for irrigation systems*. Technical Report 6. Ithaca, New York: Cornell University.
- Levine, G. y E. W. Coward Jr. 1989. *Equity considerations in the modernization of irrigation systems*. ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper, No. 89/2b.
- Meinzen-Dick, R. 1995. Timeliness of irrigation. Performance indicators and impact on agricultural production in the Sone Irrigation System, Bihar. *Irrigation and Drainage Systems* 9: 371–387.
- Molden, D. J. y T. K. Gates. 1990. Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 116(6): 804–823.
- Molden, D. J., R. Sakthivadivel, C. Perry, C. de Fraiture y W. H. Kloezen. 1998. *Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems*. Research Report 20. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Muñoz, Ramón. 1996. Se nos acaba el agua. El Sol del Sur del Bajío, 28 de febrero de 1996.



- Murray-Rust, D. H. 1983. Irrigation water management in Sri Lanka: An evaluation of technical and policy factors affecting operation of the main canal system. Tesis de doctorado. Cornell University. Copia.
- Murray-Rust, D. H. y W. B. Snellen. 1993. *Irrigation system performance assessment and diagnosis*. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Oad, R. y R. K. Sampath. 1995. Performance measure for improving irrigation management. *Irrigation and Drainage Systems* 9: 357-370.
- Palacios-Vélez, E. 1994a. El desempeño de las asociaciones de usuarios en la operación y mantenimiento de los distritos de riego. En: *Memorias del Seminario Internacional sobre Transferencia de Sistemas de Riego*, pp. 113-118, ed. Enrique Palacios-Vélez, Adolfo Exebio-García, Enrique Rubiños-Panta, Enrique Mejía-Sáenz y Juana María Durán-Barios. Ciudad Obregón, México: El Colegio de Postgraduados, IIMI e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
- Palacios-Vélez, E. 1994b. *La agricultura de riego: Un diagnóstico general*. México D.F, México: Comisión Nacional del Agua.
- Rao, P. S. 1993. *Review of selected literature on indicators of irrigation performance*. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Rosegrant, M. W. y R. G. Schleyer. 1996. Establishing tradable water rights: Implementation of the Mexican water law. *Irrigation and Drainage Systems* 10: 263-279.
- Sampath, R. K. 1988. *Some comments on measures of inequity in irrigation distribution*. ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper, No. 88/2f.
- Sharma, D. N., R. Oad y R. K. Sampath. 1991. Performance measure for irrigation water delivery systems. *ICID Bulletin* 40(1): 21-37.
- Small, L. E. y M. Svendsen. 1990. A framework for assessing irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems* 4: 283-312.
- Small, L. E. y M. Svendsen. 1992. *A framework for assessing irrigation performance*. Working Papers on Irrigation Performance 1. Washington, D. C.: International Food Policy Research Institute.
- Vermillion, D. L. y C. Garcés-Restrepo. 1996. *Results of management turnover in two irrigation districts in Colombia*. Research Report 4. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.
- Whiteford, S. y F. A. Bernal. 1996. Campesinos, water and the state. Different views of la transferencia. En *Reforming Mexico's agrarian reform*, pp. 223-234. ed. L. Randall. Nueva York y Londres: M. E. Sharpe.
- Wolters, W. 1992. Influences on the efficiency of irrigation water use. Tesis de doctorado. Delft, The Netherlands: Delft University of Technology.

## Informes de Investigación

---

10. *A Plot of One's Own: Gender Relations and Irrigated Land Allocation Policies in Burkina Faso.* Margreet Zwarteveen, 1997.
11. *Impacts of Irrigation Management Transfer: A Review of the Evidence.* Douglas L. Vermillion, 1997.
12. *Water Distribution Rules and Water Distribution Performance: A Case Study in the Tambraparani Irrigation System.* Jeffrey D. Brewer, R. Sakthivadivel, and K.V. Raju, 1997.
13. *Rehabilitation Planning for Small Tanks in Cascades: A Methodology Based on Rapid Assessment.* R. Sakthivadivel, Nihal Fernando, and Jeffrey D. Brewer, 1997.
14. *Water as an Economic Good: A Solution, or a Problem?* C. J. Perry, D. Seckler, and Michael Rock, 1997.
15. *Impact Assessment of Irrigation Management Transfer in the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico.* Wim H. Kloezen, Carlos Garcés-Restrepo, and Sam H. Johnson III, 1997.
- 15-Es *Los Impactos De La Transferencia Del Manejo Del Riego En El Distrito De Riego Alto Río Lerma, México.* Wim H. Kloezen, Carlos Garcés-Restrepo y Sam H. Johnson III, 1997.
16. *Irrigation Management Transfer in Mexico: A Strategy to Achieve Irrigation District Sustainability.* Sam Johnson III, 1997.
17. *Design and Practice of Water Allocation Rules: Lessons from Warabandi in Pakistan's Punjab.* D. J. Bandaragoda, 1998.
18. *Impact Assessment of Rehabilitation Intervention in the Gal Oya Left Bank.* Upali A. Amarasinghe, R. Sakthivadivel, and Hammond Murray-Rust, 1998.
19. *World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues.* David Seckler, Upali Amarasinghe, David Molden, Radhika de Silva, and Randolph Barker, 1998.
20. *Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems.* David J. Molden, R. Sakthivadival, Christopher J. Perry, Charlotte de Fraiture, and Wim H. Kloezen, 1998.
21. *Need for Institutional Impact Assessment in Planning Irrigation System Modernization.* D. J. Bandaragoda, 1998.
22. *Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: The Case of the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico.* Wim H. Klozen, and Carlos Garcés-Restrepo, 1998.
- 22-Es *Evaluación del Desempeño del Riego con Indicadores Comparativos: El Caso del Distrito de Riego Alto Río Lerma, México.* Wim H. Kloezen y Carlos Garcés-Restrepo, 1998.



**INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE**

P O Box 2075, Colombo, Sri Lanka

Tel (94-1) 867404 • Fax (94-1) 866854 • E-mail [IWMI@cgnet.com](mailto:IWMI@cgnet.com)

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

