

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 2

***Evaluación de las Tendencias y los
Cambios en el Desempeño de la Irrigación:
El Caso del Distrito de Riego de Samacá,
Colombia.***

**Charlotte de Fraiture
y
Carlos Garcés-Restrepo**



INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 2

**Evaluación de las Tendencias y los
Cambios en el Desempeño de la Irrigación:
El Caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia**

Los autores: Charlotte de Fraiture es Experta Asociada en Manejo del Riego y Carlos Garcés-Restrepo es el Jefe del Programa IWMI-México.

Los autores agradecen la importante colaboración del Ing. Luis A. Mora en la recolección de datos. Igualmente, agradecen a la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego de Samacá, ASUSA, y al Instituto Nacional de Adecuación de Tierras INAT, por la eficaz ayuda en la realización de esta investigación. Finalmente, el IWMI expresa su reconocimiento por el apoyo financiero otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y a la Directoraat Generaal Internationale Samenwerking (DGIS) del Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de los Países Bajos.

de Fraiture, C. y C. Garcés-Restrepo. 1998. Evaluación de las tendencias y los cambios en el desempeño de la irrigación: El caso del Distrito de Riego de Samacá; Colombia. IWMI, Serie Latinoamérica: No. 2. México, D.F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

IWMI, 1998. Todos los derechos reservados.

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

Traductores: Nora Arrarás y Carlos Garcés-Restrepo

PRESENTACIÓN DE LA SERIE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo
Jefe del Programa IWMI-México

ÍNDICE

	Pág
GLOSARIO.....	xi
Prólogo	xiii
Resumen	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Metodología e indicadores usados	3
1.3 Recolección de datos	4
1.4 Descripción general del sistema	6
2. TENDENCIAS Y CAMBIOS	9
2.1 Antecedentes del sistema	9
2.2 Tendencias y cambios durante el último decenio	9
A. Cambios en los patrones de cultivo	10
B. Abolición de la tarifa volumétrica	11
C. Transferencia del manejo de la irrigación	11
3. INDICADORES DEL DESEMPEÑO	12
3.1 Indicadores agrícolas	12
A. Intensidad de riego	14
B. Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de superficie	15
C. Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de agua	16
3.2 Indicadores relacionados con el agua	20
A. Disponibilidad relativa de agua y disponibilidad relativa de riego	20
B. Capacidad de entrega del agua	23
3.3 Indicadores financieros	24
A. Autosuficiencia financiera y tasa de cobro de tarifas..	24
B. Gastos de OyM por unidad de superficie	26
C. Gastos de OyM por unidad de agua	29
D. Utilidades brutas de la inversión	29

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES	30
4.1 Efectos sobre la producción agrícola	30
4.2 Efectos sobre el manejo del agua	31
4.3 Efectos sobre el manejo financiero	31
4.4 Utilidad del conjunto mínimo de indicadores	32

<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	35
---------------------------	----

ANEXOS

Anexo 1:	Definición de los indicadores del desempeño utilizados.	39
Anexo 2:	Ejemplo de cálculo de los indicadores del desempeño, Distrito de Riego de Samacá, Colombia, 1995.	43
Anexo 3:	Datos necesarios para calcular los indicadores del desempeño ...	51

CUADROS

Cuadro 1.	Datos sobre el clima	7
Cuadro 2.	Características de los cuatro cultivos principales, D.R. Samacá ..	13
Cuadro 3.	Indicadores agrícolas	20
Cuadro 4.	Indicadores relacionados con el agua	22
Cuadro 5.	Datos financieros	28

FIGURAS

Figura 1.	Localización del Distrito de Riego de Samacá	6
Figura 2.	Cambios en el patrón de cultivos	10
Figura 3.	Intensidad de riego	14
Figura 4.	Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de Superficie	16
Figura 5.	Correlación entre el VBEP por unidad de riego y la Precipitación	17
Figura 6.	Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de agua	19
Figura 7.	Disponibilidad relativa de agua y disponibilidad relativa de riego	21
Figura 8.	Capacidad de entrega del agua	24
Figura 9.	Tarifa del agua y autosuficiencia financiera	25
Figura 10.	Tasa de cobro de tarifas	27
Figura 11.	Gastos de OyM por unidad de superficie	28

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ASUSA:	Asociación de Usuarios de Samacá
AUA:	Asociación de Usuarios del Agua
CEA:	Capacidad de Entrega del Agua (indicador)
CIP:	Centro Internacional de la Papa
CROPWAT:	Programa de Computador para la Planeación y Manejo del Riego.
DRA:	Disponibilidad Relativa del Agua (indicador)
DRR:	Disponibilidad Relativa del Riego (indicador)
FMI:	Fondo Monetario Internacional
HIMAT:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. Colombia hoy INAT.
IIMI:	Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, véase IWMI
INAT:	Instituto Nacional de Adecuación de Tierras-Colombia
INCORA:	Instituto Colombiano de la Reforma Agraria
IWMI:	Instituto Internacional del Manejo del Agua, por su sigla en inglés.
OyM:	Operación y Mantenimiento
TMI:	Transferencia del Manejo de la Irrigación
VBEP:	Valor Bruto Estandarizado de la Producción (indicador)

PRÓLOGO

En Abril de 1995 el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por sus siglas en Inglés) recibió una donación del Banco Interamericano de Desarrollo para adelantar estudios en la región Andina sobre los impactos de la transferencia del manejo del riego de las agencias del gobierno a las Asociaciones de Usuarios, que fueron creadas específicamente para tomar la responsabilidad de la Operación y Mantenimiento de los sistemas de riego. El trabajo que acá se presenta constituye un esfuerzo en ese sentido. El Distrito de Samacá en Colombia fué transferido a los usuarios en Octubre del 92 así que permitía estudiarlo antes y después de su traspaso.

Igualmente, el IWMI se encontraba por ese entonces en pleno proceso de desarrollo de un “conjunto mínimo” de indicadores de desempeño a través de los cuales se pudiera evaluar en una forma relativamente sencilla y rápida un distrito de riego. Este ejercicio también se presenta en esta publicación y hace parte de un esfuerzo a nivel global que está llevando a cabo el Instituto en este sentido.

El trabajo muestra las bondades de la transferencia de los sistemas a las asociaciones pero también deja en claro que ésta no necesariamente tiene un impacto sobre todo los aspectos de la agricultura bajo riego. Los autores son claros en demostrar que existen otros factores externos al proceso de transferencia que quizás tienen mayor influencia en el desempeño del sistema evaluado. Esto se explica en parte porque la transferencia es todavía un proceso que no ha alcanzado a madurar, o porque no se han adoptado los cambios que se pretendían o finalmente porque los usuarios y/o la asociación continua mas o menos con el mismo patrón de comportamiento, en cuanto a la operación y el mantenimiento del sistema se refiere, que existía antes de efectuarse el traspaso.

Por la configuración peculiar que tiene el sistema de Samacá ---la mitad de su área en ladera y la otra mitad en un valle--- este trabajo resultó de especial interés para el IWMI no solo en cuanto a los aspectos relacionados con la transferencia sino también con la evaluación misma de los indicadores propuestos. El lector podrá juzgar de las bondades de cada uno de ellos y de las posibilidades de poderlos utilizar bajo otras condiciones y sistemas.

Finalmente, quiero llamar la atención de los lectores que el trabajo trae un ejemplo completo del uso y modo de cálculo de los indicadores de desempeño. Sin lugar a dudas, esto facilitará la aplicación de los mismos en el transcurso de las actividades de los interesados en este tipo de ejercicio.

David Molden
IWMI
Jefe Programa Global Desempeño e Impacto

RESUMEN

Este trabajo describe los efectos sobre el desempeño de la irrigación resultantes de las intervenciones y cambios en el manejo. En el estudio se emplea un conjunto de indicadores comparativos del desempeño identificados por el IWMI. Se aplicaron los indicadores en el Distrito de Riego de Samacá, Colombia, en un período de 11 años y se analizaron las variaciones. Ese conjunto de indicadores constituye un instrumento adecuado para evaluar el desempeño usando métodos sencillos de cálculo e información básica sobre el riego, la agricultura, el clima y el manejo financiero. Se identificaron tres cambios importantes que influyeron sobre el desempeño de la irrigación: la transferencia del manejo de la irrigación, la introducción de un cultivo comercial nuevo y la abolición de la tarifa volumétrica del agua. Los resultados revelan que es difícil atribuir cambios agrícolas a cambios en el manejo de la irrigación. La transferencia del manejo tuvo repercusiones principalmente en los aspectos financieros del desempeño de la irrigación. Tanto la introducción de la cebolla como la abolición de la tarifa volumétrica llevaron a cambios significativos en la productividad por unidad de superficie y por unidad de agua. En Samacá, el patrón de cultivos pareció ser el factor determinante de los niveles de producción agrícola. La elección de un cultivo comercial, la cebolla, fue inducida por los cambios económicos, mientras que los pastizales de escaso valor aumentaron transitoriamente a causa de los cambios en el cobro de tarifas de agua. No hay pruebas de que aspectos del manejo del agua tuvieran repercusiones sobre el desempeño agrícola del sistema de riego.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 *Antecedentes*

La evaluación del desempeño de la irrigación puede ser efectuada con diversos propósitos y por distintos grupos de profesionales. Según los objetivos de esa evaluación, serán apropiados distintos tipos de indicadores. Por ejemplo, una de las metas de la evaluación del desempeño es ayudar a los administradores del riego y a las organizaciones de usuarios del agua a mejorar los servicios de suministro de agua a los agricultores. El indicador típico usado con este propósito vincula los logros reales con las metas o estándares establecidos por los administradores del riego. En los últimos años se han creado numerosos indicadores de ese tipo, que han sido usado para mejorar el manejo y la organización de sistemas individuales (Bos et al. 1994, Bos et al. 1997, van Hofwegen 1997, Murray-Rust y Snellen 1993, y Rao 1993).

Otra razón para llevar a cabo una evaluación del desempeño es conocer mejor por qué ciertos sistemas de riego tienen un mejor desempeño que otros. Esto ayudará a los diseñadores, a quienes formulan las políticas y a los donadores a mejorar los diseños de la infraestructura y las instituciones (Molden et al. 1998). Una forma de lograr ese conocimiento es comparar el desempeño de una gran cantidad de sistemas diferentes en diversos entornos. El tipo de indicador que relaciona los resultados reales con las metas del manejo apenas será útil para este tipo de comparación del desempeño de distintos sistemas. A causa del carácter específico de las prácticas y metas del manejo, a menudo es difícil comparar los resultados con los de otros sistemas (Molden et al. 1998, Small y Svendsen 1992, p. 29). Además, la medición de esos indicadores suele requerir un gran número de datos. La información necesaria para calcular esos indicadores rara vez es fácilmente accesible y la recolección de datos requerirá un trabajo intensivo y, por consiguiente, será costosa. Para superar estos problemas, el IWMI identificó un conjunto mínimo de indicadores comparativos del desempeño (Perry 1996). Los indicadores comparativos se concentran en los resultados y los principales insumos del sistema, como la tierra y el agua. No proporcionan muchos conocimientos acerca de los procesos internos del manejo que llevan a los resultados observados, pero identifican los tipos de sistemas que funcionan bien en circunstancias específicas y en determinadas condiciones, y requieren una cantidad mínima de datos. Con frecuencia los organismos de irrigación o los departamentos agrícolas reúnen esos datos como parte de sus actividades

Distrito de Riego Samacá, Colombia

ordinarias de seguimiento.

Por último, se pueden usar las mediciones del desempeño para evaluar los efectos de los cambios o intervenciones en el manejo. Esto permitirá a los administradores y los encargados de formular las políticas determinar la utilidad de ciertas intervenciones para alcanzar los resultados deseados. También podría revelar efectos secundarios no buscados y/o inconvenientes de las intervenciones y los cambios en la política. Este tipo de evaluación también es útil en los estudios de investigación aplicada que intentan conocer las causas de grados particulares de desempeño de la irrigación, vinculados con la configuración y el entorno del sistema (Small y Svendsen 1992, p. 26). La evaluación en general consiste en un análisis en series cronológicas que compara el desempeño antes y después de la intervención o cambio, aunque algunos estudios emplean una comparación de las situaciones que se presentan con y sin el cambio o intervención. El tipo de indicadores más adecuado para esta evaluación del desempeño dependerá del tipo y los objetivos de la intervención. Son ejemplos de evaluación de los efectos los trabajos de Vermillion y Garcés (1996), R. Shaktivadivel y Gulati (1997) y Kloezen (1997).

En este estudio se efectúa el último tipo de evaluación del desempeño, es decir, la evaluación de los efectos de intervenciones en el manejo, y para ello se emplea el conjunto mínimo de indicadores comparativos identificado por el IWMI. El trabajo presenta los resultados de la aplicación de los indicadores comparativos en un sistema de riego de Colombia durante un período de 11 años. La principal intervención en la zona estudiada consistió en la Transferencia del Manejo de la Irrigación (TMI) a los usuarios del agua. Nuestro estudio difiere de los mencionados antes que versan sobre la TMI porque incluimos los aspectos agrícolas y económicos en el análisis de la evaluación de los efectos. Además, nuestro trabajo permite conocer los factores determinantes de los grados observados de desempeño.

Los interrogantes abordados en nuestro estudio son:

- ¿Cuáles fueron los efectos de las intervenciones y los cambios en el manejo sobre el desempeño de la irrigación?
- ¿Cuáles fueron los factores que llevaron a los grados observados de desempeño?
- ¿Es el conjunto mínimo de indicadores identificado por el IWMI un instrumento idóneo para lograr ese tipo de evaluación de los efectos?

Cuando el manejo del sistema estudiado fue transferido a la asociación de usuarios del agua, se produjo un cambio importante en el manejo de la irrigación. Si bien este

trabajo considera los efectos de ese acontecimiento, no proporciona un análisis en profundidad de los procesos de transferencia del manejo de la irrigación en el contexto colombiano. Los lectores interesados pueden consultar ese tema en los estudios de Quintero Pinto (1997), Mora et al. (1997) y Vermillion y Garcés (1996).

1.2 Metodología e indicadores usados

Se aplicó el conjunto mínimo de indicadores comparativos del desempeño identificado por el IWMI (Perry 1996) a un sistema de riego de tamaño mediano en Colombia. Se emplearon datos correspondientes a un período de 11 años (1986-1996) para efectuar un análisis en series cronológicas.

Como primer paso de la metodología, se identificaron los principales cambios y tendencias en la agricultura y el manejo de la irrigación en el Distrito de Riego de Samacá durante el último decenio (Capítulo 2). Luego, se calcularon los indicadores del conjunto mínimo correspondientes a cada año y se analizó su variación en el tiempo (Capítulo 3). El Capítulo 4 presenta las conclusiones acerca de la evaluación de los efectos y la utilidad del conjunto de indicadores del IWMI.

Se complementó el conjunto de indicadores del IWMI con cuatro indicadores que podían ser calculados con los datos disponibles y que proporcionaban un mejor conocimiento de aspectos del desempeño. En el curso de la investigación, se volvió evidente que, en este caso particular, esos indicadores eran esenciales para conocer y explicar los efectos.

A continuación se enumeran los indicadores del desempeño usados en este estudio. En el Anexo 1 se proporciona una descripción detallada de cada indicador y del método de cálculo. Para más información sobre los indicadores, los lectores pueden consultar los trabajos de Perry (1996) y Molden et al. (1998).

Indicadores del desempeño usados

Los indicadores en letras cursivas no están incluidos en el conjunto mínimo del IWMI.

Desempeño agrícola:

1. *Intensidad de riego*

Distrito de Riego Samacá, Colombia

2. Valor bruto de la producción por hectárea del área de control
3. Valor bruto de la producción por hectárea de la superficie regada
4. Valor bruto de la producción por unidad de agua suministrada
5. Valor bruto de la producción por unidad de agua consumida

Desempeño en relación con el agua:

6. Disponibilidad relativa de agua
7. Disponibilidad relativa de riego
8. Capacidad de entrega del agua

Desempeño financiero:

9. *Tasa de cobro de tarifas*
10. Autosuficiencia financiera
11. Utilidades brutas de la inversión
12. *Gastos de Operación y Mantenimiento por unidad de superficie*
13. *Gastos de Operación y Mantenimiento por unidad de agua*

1.3 Recolección de datos

Se usaron principalmente datos históricos obtenidos de fuentes secundarias como oficinas gubernamentales, centros comerciales e institutos de investigación. Como señalaron Small y Svendsen (1992), el empleo de datos indirectos o secundarios puede distorsionar la evaluación del desempeño si se considera que los resultados afectarán las calificaciones del desempeño laboral. Por ejemplo, los rendimientos agrícolas pueden ser sobrestimados por ingenieros agrícolas que trabajan en la zona debido a su sesgo profesional, que los lleva a considerar a los agricultores comerciales con éxito más que a los pequeños agricultores de autoconsumo de las laderas. Los canaleros pueden informar volúmenes suministrados de agua más próximos a los deseados o planeados que a los valores reales. No obstante, a menudo es difícil y costoso obtener datos confiables mediante mediciones directas. Es necesario equilibrar el mayor valor de la información más exacta y confiable proporcionada por las mediciones directas con el costo adicional de obtener esa información. Además, la participación del IWMI en Samacá se remonta sólo a 1995 y los años posteriores, mientras que el análisis del desempeño se realizó durante un período de 11 años. Para superar los problemas mencionados antes, se verificaron cuidadosamente los datos cotejándolos con información proveniente de otras fuentes y comparándolos con los valores informados en otros sistemas cercanos similares. Se considera que los datos obtenidos son razonablemente confiables para este análisis.

El Instituto Nacional de Adecuación de Tierras de Colombia (INAT) proporcionó datos sobre los patrones de cultivo y el uso del agua a nivel regional y nacional. Los datos sobre aspectos financieros tales como presupuestos, gastos, cobro de tarifas de agua, deudas pendientes y manejo del personal fueron proporcionados por la asociación de usuarios del agua de Samacá. Los rendimientos de los cultivos y los precios locales se obtuvieron en un centro comercial agrícola cercano (CORPORABASTOS), donde se comercializan la mayoría de los cultivos. El Centro Internacional de la Papa (CIP, Perú) aportó datos sobre los precios de la papa en el mercado mundial. Los datos financieros, como las tasas de inflación y el tipo de cambio, fueron tomados de la publicación del Fondo Monetario Internacional (FMI), *International Financial Statistics Yearbook*, correspondientes a cada año. Las demandas de agua de los cultivos y las necesidades netas de riego para los cultivos individuales y para el sistema total se calcularon con el CROPWAT (FAO 1992 y 1993)¹. Para estimar la precipitación efectiva, se usó la fórmula desarrollada por la Oficina de Recuperación de Tierras y el Servicio de Conservación del Suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.² El Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, responsable de la estación climatológica situada en el área de control, tenía una base de datos completa y actualizada sobre la temperatura, la precipitación, la velocidad del viento, la radiación solar y la humedad relativa de la atmósfera para cada año. Se midieron sobre el terreno las capacidades reales de los canales y la cantidad de agua de riego aplicada en 1996.

Todos los datos fueron procesados con Excel 5.0. Para definir si las diferencias en los valores medios antes y después de un incidente son estadísticamente significativas, se usó la sencilla prueba *t* para datos apareados. Se calcularon los coeficientes de correlación y las líneas de las tendencias con el paquete de instrumentos estadísticos incorporado en Excel. En el Anexo 2 se sintetizan los datos utilizados para calcular los indicadores.

1.4 Descripción general del sistema

El Distrito de Riego de Samacá está situado en la parte oriental del Departamento de Boyacá, en la región central de Colombia (Figura 1). Las altitudes en el área de control varían entre 2600 y 3000 m. El área de control abarca aproximadamente 3000 hectáreas, de las cuales un 54% están constituidas por tierras planas, mientras que un 46% son tierras en laderas.

¹ Última versión, copiada del sitio en la red:

<ftp://ftp.fao.org/FAO/AGL/AGWL/CROPWAT/>.

² Referencia en FAO 1992: $P_{ef} = P_{tot} (125 - 0.2 P_{tot}) / 125$ para una P_{tot} mensual <250 mm

$P_{ef} = 125 + 0.1 P_{tot}$ para una $P_{tot} >250$ mm.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

Figura 1.



Localización del Distrito de Riego de Samacá

Las temperaturas diarias medias varían poco durante el año y promedian los 13.8 °C. El patrón de la precipitación es en extremo irregular en el transcurso del año y también en los distintos años. La precipitación anual media en el período estudiado

(1986-1996) fue de 690 mm, con dos períodos marcadamente húmedos en octubre-noviembre y abril-mayo. En los períodos más secos, en ocasiones se presentan granizadas. La evapotranspiración potencial³, que apenas muestra alguna variación durante el año, es de 1020 mm anuales. Noviembre es el único mes en el cual la precipitación efectiva media sobrepasa la evapotranspiración, mientras que en todos los otros meses se necesita el riego para satisfacer la demanda de agua de los cultivos. No obstante, a causa de la enorme fluctuación de la precipitación las necesidades de riego varían mucho de un año a otro. En el Cuadro 1 se sintetizan los detalles de los datos del clima en el período estudiado.

Cuadro 1. Datos Climáticos, Distrito de Riego Samacá

Año	Precipitación total (mm)	ET _o (Penman) mm	Temperatura media (°C)	Mes	Precipitación total (mm)	Precipitación efectiva (mm)	ET _o Penman-Monteith (mm)	Diferencia entre ET _o y Prec.Ef (mm)	Desviación estand. de la prec. total	Desviación estand. del ET _o
1986	781.3	976	13.7	Ene	26.0	23.7	5.2	18.4	23.2	5.2
1987	565.6	1033	14.2	Feb	53.6	46.2	7.8	38.4	30.1	7.8
1988	891.1	965	14.3	Mar	83.2	65.1	6.1	59.0	48.6	6.1
1989	610.1	976	13.4	Abr	69.5	58.4	6.0	52.5	28.0	6.0
1990	691.0	1011	14.0	May	66.0	55.9	3.7	52.2	27.6	3.7
1991	553.3	1026	14.3	Jun	38.4	34.7	3.8	31.0	19.7	3.8
1992	647.6	1033	14.4	Jul	35.1	32.4	4.5	27.9	11.7	4.5
1993	573.6	1030	14.3	Ago	27.6	25.9	5.5	20.4	9.9	5.5
1994	803.7	976	14.1	Sep	49.0	42.1	6.7	35.4	31.7	6.7
1995	699.2	1051	14.3	Oct	94.4	69.7	7.1	62.5	61.5	7.1
1996	758.7	972	13.7	Nov	109.2	79.9	4.3	75.6	54.8	4.3
				Dic	36.8	32.5	6.4	26.1	29.2	6.4
Media	688.7	1004.5	14.1							
Dev Est.	110.6	31.6	0.3	Anual	688.6	566.4	67.0	499.5	27.3	1.3

Los principales cultivos producidos en la zona son la papa, la cebolla y los chícharos. (alverja, en Colombia). Se producen en menor escala hortalizas (remolacha, col y zanahorias), trigo, maíz, frijol y cebada. En la actualidad, se benefician con el sistema unos 2000 agricultores. El tamaño medio de los campos es de 3.5 hectáreas en el llano

³ ET_o según Penman-Monteith, calculada con el CROPWAT.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

y 0.9 hectáreas en la zona de ladera.

En el valle la agricultura tiene un carácter comercial, mientras que en las montañas predomina la agricultura de autoconsumo. Alrededor del 30% del área total de comando, principalmente en la zona montañosa, se usa actualmente para el pastoreo (mediante riego).

El sistema recibe agua de riego de dos embalses construidos en serie, con capacidades de 4.7 y 1.5 millones de m³. Los embalses reciben el agua de la precipitación que cae en su área de captación. Dos canales secundarios revestidos, con una capacidad de 250 y 400 l/s, transportan el agua a lo largo de la curva de nivel hacia la zona de las laderas. El valle recibe el agua del río que se origina en los embalses. Este río se usa simultáneamente como canal principal y como drenaje.

Los agricultores del valle reciben el agua de riego conforme a la demanda acordada. Si necesitan agua, presentan una solicitud al canalero. Sobre la base de las demandas, la administración elabora un calendario semanal de suministros con detalles sobre el caudal, el momento y la duración. La mayoría de los agricultores almacenan el agua suministrada en pequeños estanques. El agua se aplica a los campos por medio de aspersores en el momento y la cantidad que deciden los agricultores.

La zona de laderas está dividida en unidades de riego, cada una de las cuales tiene su propio estanque de almacenamiento. Estos estanques son pequeños (12 a 36 m³) y se usan principalmente para propósitos domésticos. En teoría, debería haber un suministro continuo de agua a las unidades. Sin embargo, aproximadamente la mitad de las unidades recibe el agua en un sistema de rotación a causa de las limitaciones de la infraestructura.

Las tarifas del agua se fijan sobre la base de la superficie, independientemente del volumen de agua realmente usado. Hay dos tarifas: una para la zona llana (45 dólares por ha, 1996) y otra más baja para la zona montañosa (25 dólares por ha, 1996). Los agricultores del valle pagan más porque generalmente la agricultura comercial del valle requiere más agua que la agricultura de autoconsumo de las laderas. Todos los que tienen tierras en el área de control están obligados a pagar tarifas de agua, sin importar que la tierra sea o no realmente regada.

2. TENDENCIAS Y CAMBIOS

2.1 *Antecedentes del sistema*

El más grande y más antiguo de los dos embalses fue construido a mediados del siglo pasado por una compañía textil que usó el agua para generar electricidad. Después de que se derrumbó el muro de contención del embalse, los agricultores de la región decidieron pedir al gobierno un crédito para restaurar el muro y construir canales que permitieran usar el agua para el riego. La construcción del muro y de los dos canales principales se concluyó en 1941. El sistema inicialmente fue administrado por el Departamento de Aguas y, más tarde, por el Instituto del Agua y la Electricidad.

En 1966, el Instituto Colombiano para la Reforma Agraria (INCORA) asumió la operación y el mantenimiento del sistema e inició algunas mejoras técnicas en el sistema de canales y drenajes. Diez años más tarde, se creó el Instituto de Hidrología y Adecuación de Tierras (HIMAT), el cual asumió la responsabilidad de la operación, el mantenimiento y la administración del sistema. Durante este período se construyó el segundo embalse y se efectuaron muchas mejoras en la infraestructura. Estas inversiones fueron costeadas por el organismo gubernamental. A fines de 1992, el organismo gubernamental transfirió el manejo de todo el sistema, incluidos los embalses y el canal principal, a los usuarios.

2.2. *Tendencias y cambios durante el último decenio*

Una tendencia continua en la agricultura de Colombia es el cambio de la agricultura de autoconsumo a la comercial. En el último decenio se ha liberalizado la economía de Colombia: se redujeron considerablemente los impuestos a la importación y los subsidios a la exportación y se suprimieron o disminuyeron los subsidios agrícolas. Como resultado de esta apertura del mercado, los agricultores locales tuvieron que competir con los productos importados. Por otra parte, los agroinsumos se volvieron más accesibles con los precios más bajos. Esto provocó un cambio de actitud hacia la agricultura: los agricultores comenzaron a producir para el mercado y no sólo para autoconsumo y aumentó el empleo de productos agroquímicos. En consecuencia, los rendimientos de los cultivos en el último decenio muestran una tendencia ascendente. Los cambios descritos a continuación, que influyeron en las prácticas de cultivo y manejo en el Distrito de Riego de Samacá, pueden ser considerados hechos específicos en el proceso general de liberalización económica.

A. *Cambios en los patrones de cultivo*

Hasta fines de los años 80, la cebada era un cultivo rentable en Samacá porque la cercana fábrica de cerveza ofrecía un precio adecuado y estable. Sin embargo, con la

Distrito de Riego Samacá, Colombia

apertura de la economía colombiana, la fábrica de cerveza comenzó a importar cebada más barata del exterior. Esto provocó una espectacular reducción del precio de la cebada y la superficie dedicada a este cultivo. En la actualidad, se cultiva cebada principalmente para el consumo doméstico. En el segundo ciclo de 1989, se introdujo la cebolla como cultivo comercial en el distrito. Los profundos suelos francos y el clima moderado parecían adecuados para este cultivo y los buenos caminos de acceso y los mercados cercanos facilitaban su comercialización. La papa y la cebolla son ahora los cultivos más importantes producidos en la zona. Los precios de la cebolla fluctúan considerablemente de un mes a otro y la producción implica riesgos. Otro problema es la frecuencia de enfermedades, principalmente como resultado del monocultivo. En la Figura 2 se pueden observar los principales cambios en el patrón de cultivo.

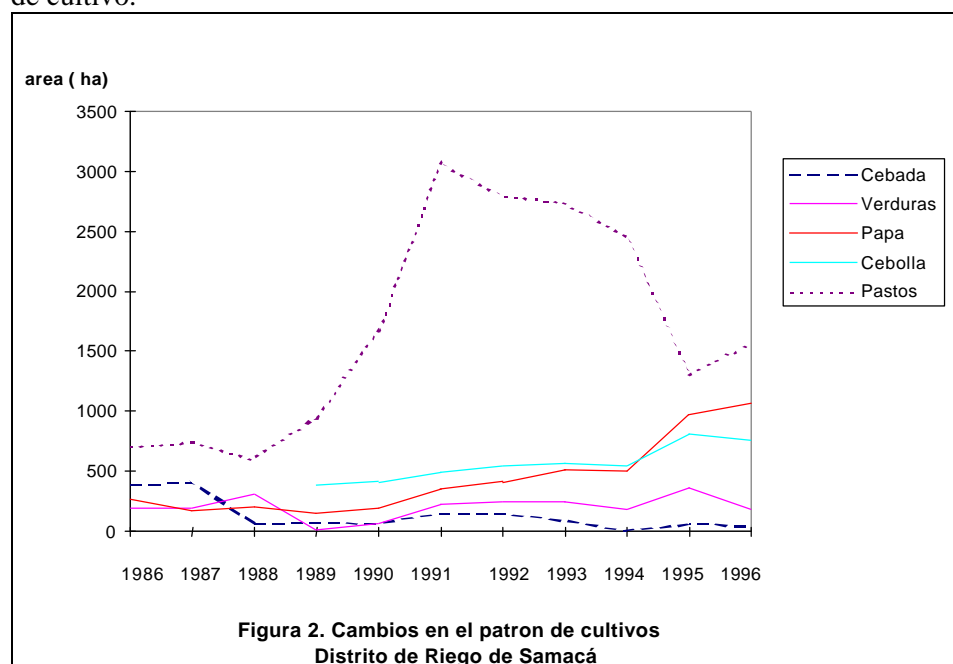


Figura 2. Cambios en el patrón de cultivos
Distrito de Riego de Samacá

B. Abolición de la tarifa volumétrica

Hasta 1990, el sistema cobraba una tarifa por metro cúbico de agua de riego además de la tarifa fija por hectárea. La tarifa era de aproximadamente dos a tres dólares por 1000 m³ (precios constantes de 1995). Alrededor del 15% de los ingresos totales por tarifas del agua se derivaban de la tarifa volumétrica. Esta tarifa fue abolida por la administración por razones prácticas: en primer lugar, los altos costos de administración; en segundo, porque los volúmenes de agua informados podían ser fácilmente manipulados por los canaleros ya que no se contaba con dispositivos para

una medición exacta.

La abolición de la tarifa volumétrica coincide con un súbito incremento de la superficie cubierta con pastizales de riego. Aparentemente, muchos agricultores decidieron usar sus tierras de barbecho para un cultivo que requiriera escasos insumos, como los pastizales, tan pronto como la tarifa pagada por el agua se independizó del volumen real utilizado. Una vez sembrado, el pastizal no necesita ningún insumo (agroquímico o de mano de obra) excepto el agua. En los tres últimos años la superficie dedicada a pastizales de riego ha disminuido y ha crecido la importancia de la papa y la cebolla.

C. Transferencia del manejo de la irrigación (TMI)

En octubre de 1992, el manejo y la administración del Distrito de Riego de Samacá fueron transferidos a la asociación de usuarios del agua como parte de un programa nacional para reducir los subsidios y los gastos gubernamentales en el sector de la irrigación y transferir las responsabilidades del gobierno a los beneficiarios directos. La transferencia del manejo de la irrigación se inició en Colombia en los años 70, cuando dos sistemas (Saldaña y Coello) fueron transferidos a los usuarios a solicitud de éstos. Los agricultores afirmaban que podían manejar los sistemas con más eficiencia y costos menores que los del organismo gubernamental (Vermillion y Garcés 1996). Durante los años 80, no se transfirieron distritos de riego. Alrededor de 1990, el gobierno inició un programa a nivel nacional para transferir los distritos de riego restantes. El Distrito de Riego de Samacá fue el sexto sistema transferido conforme a este programa gubernamental. El proceso de TMI en Samacá comenzó en 1991, cuando las tarifas de agua pagadas por los beneficiarios fueron elevadas en un 170% con el fin de aumentar la autosuficiencia financiera y reducir los gastos gubernamentales. En el mismo año, se iniciaron las negociaciones entre la asociación de usuarios del agua, ASUSA, y el organismo gubernamental sobre las condiciones de la transferencia. El proceso de negociación tomó un año. El documento de TMI fue firmado en octubre de 1992, pero no fue hasta enero de 1993 que la Asociación de Usuarios del Agua (AUA) asumió realmente todas las responsabilidades del manejo.

Sobre la base de las experiencias del IWMI en todo el mundo con la evaluación de los efectos de la transferencia del manejo de la irrigación, Vermillion (1996) plantea las hipótesis de que la TMI lleva a una reducción de los gastos gubernamentales en irrigación, una disminución de los gastos totales de OyM y un aumento de la producción agrícola por unidad de superficie y por unidad de agua. En el Capítulo 4

Distrito de Riego Samacá, Colombia

se examinarán estas hipótesis.

Para evaluar la modificación del desempeño como resultado de las intervenciones y acontecimientos antes mencionados, se usaron los indicadores comparativos del desempeño establecidos por el IWMI.

3. INDICADORES DEL DESEMPEÑO

El conjunto mínimo está constituido por nueve indicadores que abarcan aspectos agrícolas, financieros y relacionados con el agua (Perry 1996). Para este análisis, se complementó el conjunto con tres indicadores que describen con más detalles el desempeño financiero. En el Anexo 1 se presentan las definiciones de los indicadores usados en este estudio. El Anexo 2 ofrece un ejemplo de cómo se calcularon los indicadores y en el Anexo 3 se sintetizan los datos necesarios para el cálculo.

3.1 *Indicadores agrícolas*

Se usa el valor bruto estandarizado de la producción (VBEP)⁴ para establecer comparaciones entre países. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$VBEP = \left(\sum_{\text{cultivos}} A_i R_i \frac{P_i}{P_b} \right) P_{\text{mundial}}$$

donde:

VBEP es el valor bruto estandarizado de la producción, US \$ (95)

A_i es la superficie cultivada con el cultivo *i*, ha

R_i es el rendimiento del cultivo *i*, ton/ha

P_i es el precio local del cultivo *i*, \$

P_b es el precio local del cultivo básico \$, y

P_{mundial} es el valor del cultivo básico comercializado a los precios mundiales.\$

En el cuadro 2 que se presenta a continuación se sintetizan las características de los cuatro cultivos principales producidos en el Distrito de Riego de Samacá.

⁴ Véase el trabajo de Perry (1996) para una descripción detallada.

Cuadro 2. Características de los cuatro cultivos principales en el D.R. Samacá.

Cultivo	Rend Medio (ton/ ha)	Desv. estandar del rend.	Precio local medio (pesos/kg)	Desv. estándar del precio	Demanda de agua de los cultivos mm/ciclo	Desv. estandar demanda de Agua cultivos	VBEP por unidad de superfici e US\$/HA	VBEP por unidad de ET según CROPW A US\$/M3
Cebolla	20	6	438	166	268	9	6243	2.33
Papas	21	3	211	34	372	14	3156	0.85
Cebada	4	1	273	52	287	12	847	0.29
Pastizal	-	-	-	-	497	17	568	0.11

*Promedios y desviaciones estándares correspondientes al período 1986-1996.
Precios en pesos constantes (1995), un US dólar = 913 pesos.*

El Cuadro 2 muestra claramente que, cuando se dedica la superficie a un cultivo de alto valor como la cebolla, también aumenta en forma espectacular el valor bruto de la producción. Si la superficie destinada a pastizales de riego aumenta, disminuirá el VBEP por unidad de superficie y por unidad de agua. Las tendencias generales y las modificaciones del VBEP se pueden explicar por los cambios en la mezcla de cultivos y la intensidad de riego, mientras que las fluctuaciones menores de un año a otro son causadas principalmente por las variaciones de los precios. Los precios de la cebolla varían considerablemente de un año a otro y provocan fluctuaciones del VBEP.

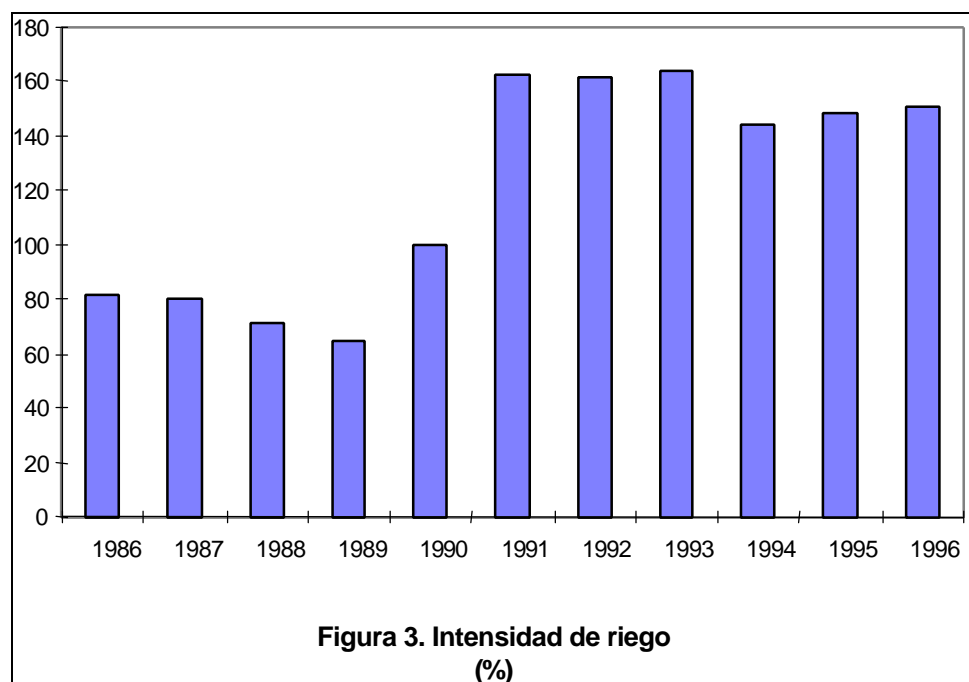
A. Intensidad de riego

La intensidad media de riego, definida como la superficie regada dividida entre el área de control,⁵ fluctuó alrededor de 0.85 a fines de los años 80. Entre 1990 y 1991 la superficie irrigada aumentó con rapidez y llevó la intensidad de riego a un promedio de 1.65. El súbito aumento coincide con la abolición de la tarifa volumétrica y la introducción de la cebolla como cultivo comercial nuevo. Esa abolición llevó a un incremento considerable de los pastizales de riego. La introducción de un cultivo comercial nuevo (la cebolla) provocó un nuevo aumento de la superficie regada. La transferencia del manejo de la irrigación no tuvo efectos visibles sobre la intensidad

⁵ En este caso la intensidad de riego es igual a la intensidad de cultivo porque no hay agricultura de temporal dentro del área de control.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

de riego ya que el aumento de esta última se produjo antes de la transferencia.



B. Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de superficie

Hay una tendencia ascendente general en el valor bruto estandarizado de la producción (VBEP) por superficie regada. Las utilidades en dólares estadounidenses aumentaron de alrededor de 1,500 dólares por hectárea durante la segunda mitad de los años 80 a 2,500 dólares por hectárea⁶ en los últimos años. En 1991, el VBEP cayó porque los agricultores incrementaron la superficie dedicada a los pastizales de riego (un cultivo de bajo valor) como resultado de la abolición de la tarifa volumétrica. Después de 1992, el VBEP asciende nuevamente a medida que cultivos de alto valor, como la papa y la cebolla, ganan importancia a expensas de los pastizales. En 1995 y 1996, el mejor rendimiento de la cebolla (que aumentó de 15.6 t/ha en 1993 a 31 t/ha en 1996) contribuyó a un nuevo incremento del VBEP.

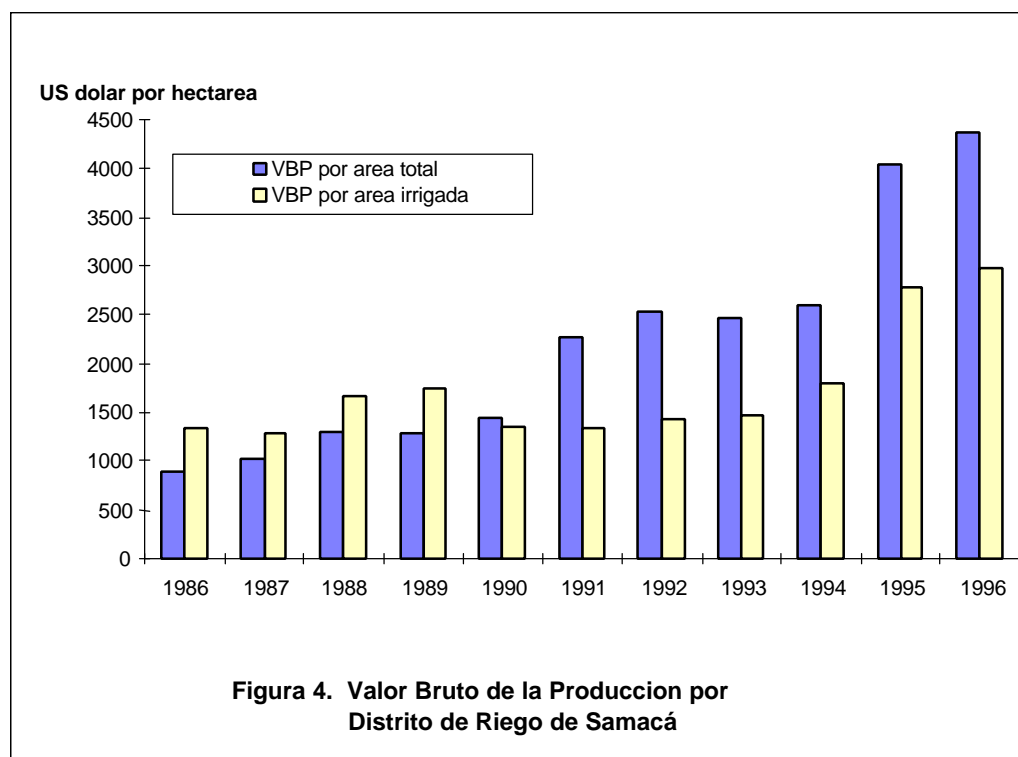
⁶ Dólares constantes, tomando como base el año de 1995.

Según su definición, la relación entre el VBEP por unidad de superficie regada y el VBEP por unidad del área de control es la siguiente:

$$\text{VBEP}_{\text{sup. regada}} = \text{VBEP}_{\text{área de control}} * \text{intensidad de riego}$$

Por consiguiente, desde 1986 hasta 1989 el VBEP por unidad del área de control es ligeramente más bajo que el VBEP por unidad de superficie regada ya que la intensidad de riego es inferior a 1. Después de la abolición de la tarifa volumétrica y la introducción de la cebolla, la intensidad de riego se eleva considerablemente y, en consecuencia, hay un salto en el VBEP por unidad del área de control. El VBEP por unidad del área de control aumenta de menos de 1,000 dólares por hectárea en 1986 a más de 4,000 dólares por hectárea en 1996 (dólares constantes).

Si se comparan los valores del VBEP por unidad de superficie con los observados en otros sistemas del mundo, Samacá se ubica en el 25% superior de la escala de los sistemas estudiados (Molden et al. 1998). Hay que señalar que el VBEP es una medida de la productividad del sistema y, como tal, indica poco acerca de los ingresos netos de los agricultores considerados en forma individual, los cuales de hecho pueden ocupar un lugar mucho más bajo porque la cebolla requiere una gran cantidad de fertilizantes y plaguicidas e implica muchos riesgos.

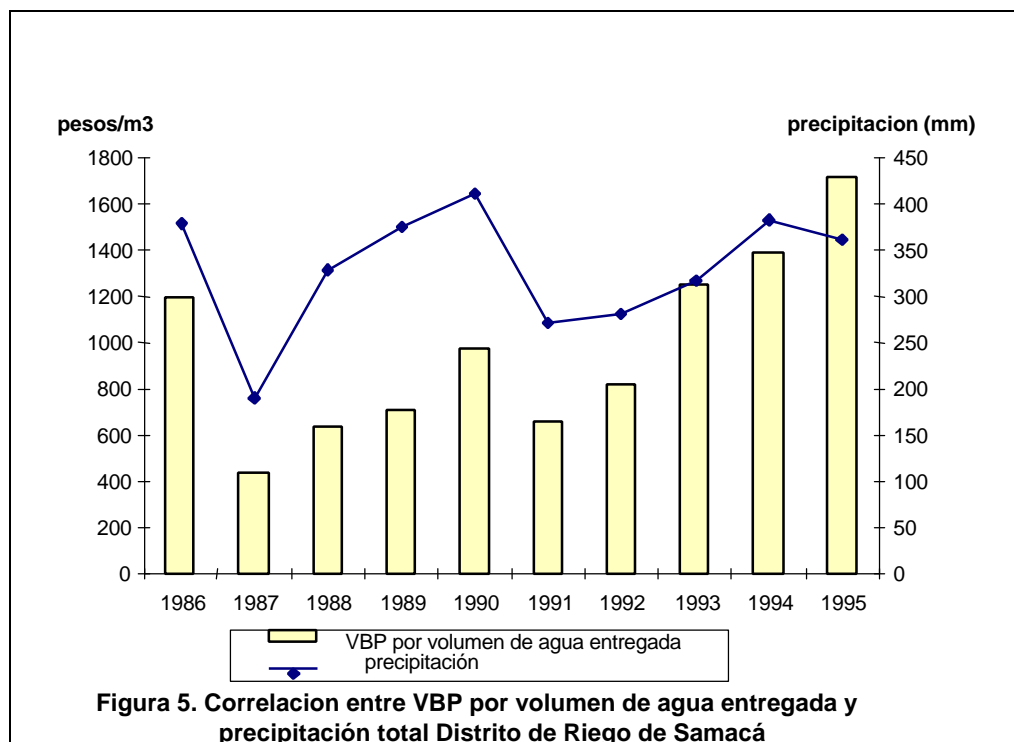


C. Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de agua

La gráfica de los valores del VBEP por unidad de agua de riego muestra una línea ascendente, siguiendo la tendencia general de crecimiento de la producción agrícola en el último decenio (véase la Figura 5). A pesar de la tendencia ascendente, hay una gran variación de un año a otro; el valor más bajo es de 0.31 dólares por metro cúbico de agua de riego suministrado y el más alto, de 1.24 dólares por m³. Un análisis más a fondo basado en los valores estacionales en lugar de los anuales revela una correlación algo alta⁷ entre el VBEP por unidad de agua de riego y la precipitación. Cuando la precipitación es elevada, se requiere (y por lo tanto se aplica) menos riego. Por consiguiente, en los años de precipitación elevada el indicador da valores altos y en los años de escasa precipitación, valores bajos. La sólida correlación entre la precipitación y la cantidad de agua de riego suministrada refleja un empleo muy eficiente de la lluvia en el Distrito de Riego de Samacá. El área de control es pequeña

⁷ El coeficiente de correlación es de 0.76.

y compacta y cuando llueve el operador de las válvulas en el embalse principal cierra la compuerta. Otro factor que contribuye al empleo eficiente de la lluvia es la cantidad creciente de estanques en las fincas. En los últimos cinco años los agricultores comenzaron a construir pequeños depósitos en sus fincas para almacenar temporalmente el agua. En la actualidad hay unos 570 estanques con una capacidad media de 3,000 m³. Los estanques aportan una flexibilidad adicional en la distribución del agua: cuando el administrador del sistema de riego cierra el embalse principal porque llueve, los agricultores que todavía necesitan agua pueden tomarla de su propio estanque.



Comparados con otros sistemas del mundo, el Distrito de Riego de Samacá tiene uno de los VBEP por unidad de agua de riego aplicada más altos (Molden et al. 1998). Esto obedece a la combinación de una cantidad razonable de precipitación distribuida en el año, los relativamente bajos valores de la evapotranspiración debido a factores climáticos (y, por consiguiente, la escasa necesidad de riego) y la capacidad de los agricultores de emplear con eficiencia la lluvia en sus cultivos.

Se usa el consumo de agua por ET de los cultivos en el cálculo del VBEP por unidad

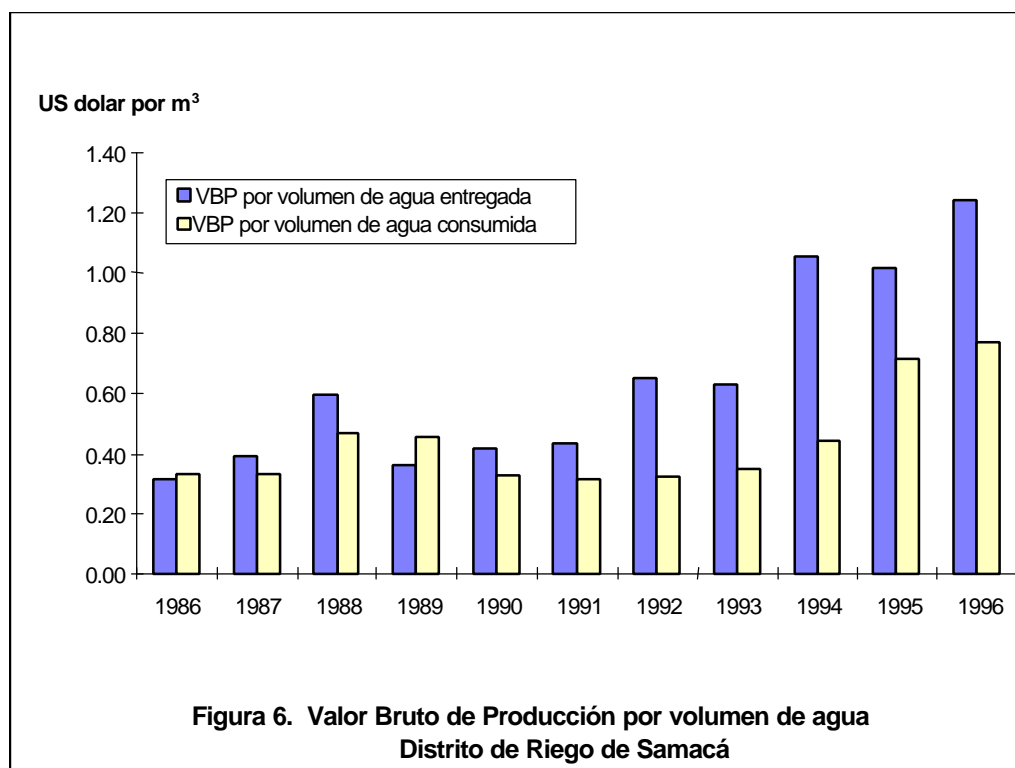
Distrito de Riego Samacá, Colombia

de agua consumida (Molden et al. 1998). La ET potencial (calculada con el CROPWAT) se usa para obtener una ET real aproximada, a causa de la falta de información sobre la carencia de agua de los cultivos. El agua también puede ser consumida por el flujo hacia sumideros y otra ET que no es de los cultivos (Seckler 1996). En el caso del Distrito de Samacá, la ET de los cultivos será el factor predominante en el consumo total de agua ya que hay poco flujo a sumideros profundos debido a la naturaleza montañosa de la zona. Las pérdidas por evaporación en la superficie del agua en ambos embalses es limitada a causa de las bajas temperaturas y la altitud de 3,500 m. El agua que no se consume en forma local está disponible para los usuarios aguas abajo. De hecho, el agua de drenaje que abandona el área de control es utilizada para un pequeño sistema de riego aguas abajo.

En 1991, el VBEP por unidad de agua consumida cayó a 0.31 dólares/m³ (ver figura 6) a causa del aumento de los pastizales de riego (de escaso valor y con una gran demanda de agua). Más tarde, los agricultores cambiaron de cultivos consumidores de agua y de escaso valor como los pastizales y la cebada a cultivos de alto valor y con una menor demanda de agua, como la cebolla y la papa (véase el cuadro 2 en la Sección 3.1). En consecuencia, el VBEP por unidad de agua consumida subió a 0.77 dólares/m³ (1996), lo cual indica un creciente uso productivo de los recursos de agua disponibles.

En general, el VBEP por unidad de agua consumida es considerablemente más bajo que el VBEP por unidad de agua de riego aplicada (Cuadro 3), lo que indica que la cantidad de agua de riego suministrada es inferior a la cantidad consumida. La diferencia crece en los últimos años, si bien hay variaciones. Dos factores desempeñan una función para explicar estas diferencias y sus variaciones: la cantidad de lluvia y la capacidad de usar la lluvia con eficiencia.⁸ En primer lugar, de un año a otro hay una variación considerable de la precipitación, la cual en potencia puede ser usada para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos y, por lo tanto, reducir la necesidad de riego. En segundo lugar, la capacidad de los agricultores de usar con eficiencia esa lluvia está aumentando como resultado del creciente número de estanques agrícolas que facilitan la flexibilidad en la aplicación del agua. Las cifras indican que en Samacá se está incrementando la eficiencia en el uso del agua de riego.

⁸ Otra causa de esta diferencia podría ser el riego deficitario. Sin embargo, en Samacá no se usa esta práctica de riego.



A partir de los datos proporcionados no es posible establecer si la transferencia del manejo de la irrigación tuvo algún efecto sobre la productividad de la tierra y el agua. Otros factores, como los cambios en el patrón de cultivos y el cobro de tarifas de agua, parecen haber contribuido a aumentar la productividad. Además, hay pocos indicios de que los agricultores cambiaron las prácticas agrícolas a causa de la transferencia. Esto fué ilustrado por los resultados de un cuestionario aplicado recientemente en el cual se preguntó a los agricultores acerca de la transferencia: 68% de los entrevistados afirmaron que no sabían qué significaba la transferencia o no podían recordarlo (Giraldo 1997).⁹

Cuadro 3. Indicadores Agrícolas.

⁹ Este cuestionario fue aplicado en 1996 como parte del programa de investigación del IWMI para evaluar los efectos de la TMI.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

Año	Intensidad de riego relación	VBP por area total (US dolares por ha)	VBP por area irrigada (US dolares por ha)	VBP por volumen de agua entregada (US dolares por m ³)	VBP por volumen de agua consumida por ETo (US dolares por m ³)
1986	0.82	889	1328	0.31	0.33
1987	0.80	1027	1272	0.39	0.33
1988	0.72	1304	1665	0.59	0.47
1989	0.65	1287	1745	0.36	0.45
1990	1.00	1450	1358	0.42	0.32
1991	1.63	2276	1344	0.44	0.31
1992	1.62	2521	1436	0.65	0.32
1993	1.64	2462	1471	0.63	0.34
1994	1.45	2592	1799	1.05	0.44
1995	1.49	4042	2788	1.02	0.71
1996	1.51	4373	2976	1.24	0.77

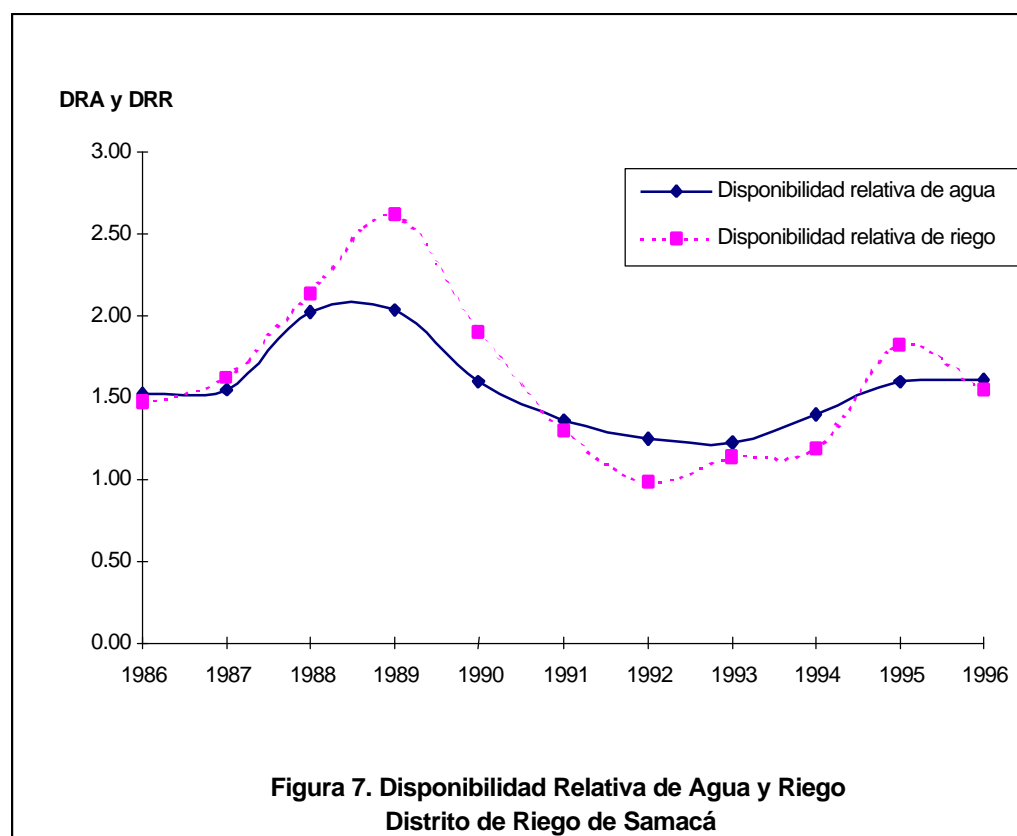
3.2 Indicadores relacionados con el agua

A. Disponibilidad relativa de agua (DRA) y disponibilidad relativa de riego (DRR)

La disponibilidad relativa de agua fue ideada originalmente por Levine (1982) como una medida de la disponibilidad de agua. Indica cuánta agua (en forma de lluvia y de riego) está disponible en relación con las necesidades totales de agua. Los valores inferiores a 1.5 señalan una disponibilidad "apretada" de agua, en la cual se requiere un manejo estricto para satisfacer las necesidades en forma adecuada.¹⁰ Permite que los principales participantes en el proceso de la irrigación, es decir los administradores del riego y los agricultores, conozcan mejor el proceso. Como se muestra en la Figura 7 y el Cuadro 4, en Samacá los valores varían de 1.23 en el año más seco a 2.04 en el más lluvioso. Los valores bajos en los años más secos indican

¹⁰ Levine (1982) propone este valor crítico de 1.5 para los sistemas de arroz en Asia. Muy probablemente, ese valor será más alto para sistemas que no son de arroz como en Samacá, a causa de la menor eficiencia de aplicación en los campos.

una disponibilidad apretada de agua. Los agricultores reaccionaron ante esta situación y construyeron pequeños estanques de tierra en sus parcelas, que les permiten ser más flexibles e independientes del sistema de suministro de agua en los momentos de escasez de ésta.



La disponibilidad relativa de riego indica la cantidad de riego realmente suministrado en relación con las necesidades netas de riego, y fue calculada a nivel de los campos y del sistema. Para los cálculos a nivel de los campos se usan los volúmenes en las tomas de los campos informados por los canaleros. A nivel de los campos los valores en general son bajos, con un promedio de 0.88. En 1991, un año seco, el valor calculado de 0.49 implicaría que sólo fue satisfecha la mitad de las necesidades (netas) de riego. Los valores calculados probablemente son subestimaciones de los valores reales de la DRR. Una explicación sería que los canaleros tienden a subestimar la cantidad de agua suministrada para que las cifras informadas

Distrito de Riego Samacá, Colombia

concuenden con las cantidades planeadas. Además, en 1990 se abolió la tarifa volumétrica y se volvió menos importante medir con exactitud las cantidades de agua. Esta observación es apoyada por el hecho de que los rendimientos de los cultivos casi no se modificaron durante este período.

En términos generales, la DRA y la DRR siguen el mismo patrón. En los años de abundancia de agua la disponibilidad de riego es relativamente alta, mientras que en los años de escasez la DRR es de aproximadamente 1.0. Las cifras muestran que el Distrito de Riego de Samacá es capaz de usar con eficiencia el agua. Las grandes cantidades de riego en los años de abundancia de agua no significan que se derroche o pierda el agua porque aguas abajo el agua de drenaje del sistema es reutilizada por otro sistema de riego.

Cuadro 4. Indicadores relacionados con el manejo del agua

Año	Demanda de agua de cultivos (mm)	Lámina de agua entregada (mm)	Disponibilidad Relativa de Agua (DRA)	Disponibilidad Relativa de Riego (DRR) nivel distrito	Disponibilidad Relativa de Riego (DRR) nivel parcelario	Capacidad de entrega de agua (CEA)
1986	394	224	1.52	1.47	0.89	4.35
1987	389	329	1.55	1.62	0.90	2.97
1988	356	282	2.03	2.14	0.92	3.44
1989	385	485	2.04	2.63	1.19	4.52
1990	412	321	1.60	1.90	0.98	1.73
1991	431	307	1.36	1.30	0.49	1.23
1992	427	212	1.25	0.98	0.57	1.01
1993	427	234	1.23	1.13	0.60	1.67
1994	408	170	1.40	1.19	0.96	1.83
1995	390	274	1.60	1.82	1.30	1.71
1996	385	239	1.61	1.55	0.88	1.71
Medio	400	280	1.56	1.61	0.88	2.38
Dev St	23	84	0.27	0.49	0.25	1.24

En el período de 1991 a 1993, las demandas de agua de los cultivos fueron más elevadas en comparación con otros años a causa de la gran superficie dedicada a pastizales. No hubo cambios significativos en el suministro de agua o la lámina aplicada. Por consiguiente, la DRA y la DRR son relativamente bajas durante este

período. Los cambios en el manejo de la irrigación no se reflejan con claridad en la DRA y la DRR. La precipitación total pareció ser un factor mucho más importante que las prácticas agrícolas y de manejo del agua para determinar los valores de esos indicadores.

B. Capacidad de entrega de agua (CEA)

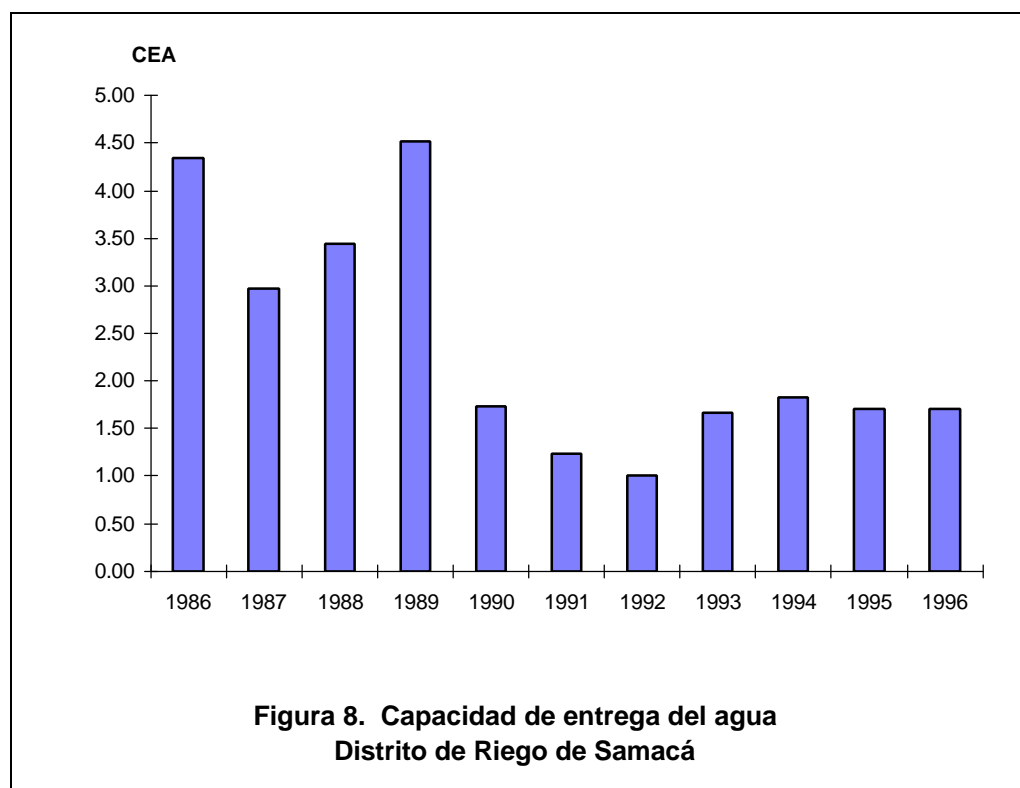
La CEA indica el grado en que la capacidad real de los canales es suficiente para transportar la demanda máxima de todo el sistema (véase el Cuadro 4 y Figura 8). Al mismo tiempo, indica el grado en que el sistema es utilizado en comparación con su capacidad total real. La demanda máxima depende del clima, los cultivos producidos y la superficie regada. Hasta 1989, los valores de la CEA fluctuaron alrededor de 4, lo cual indica una subutilización de la capacidad total de la infraestructura por un factor de 4. Luego disminuye gradualmente durante tres años, de 4 a 1.0 en 1992, mientras que en los cuatro últimos años se estabiliza alrededor de 1.7. La reducción de la CEA puede ser atribuida principalmente al aumento de la superficie regada. El valor extremadamente bajo de la capacidad de entrega de agua en 1992 obedece a la escasa precipitación (y, por lo tanto, la elevada demanda de riego) combinada con un súbito incremento de la superficie destinada a pastizales de riego (un cultivo con una gran demanda de agua). Un valor de la CEA de 1.7 indica una utilización bastante buena de la infraestructura existente, teniendo en cuenta que se calcula usando la demanda máxima neta.

No se pudo deducir un efecto de la transferencia del manejo de la irrigación sobre el manejo del agua a partir de la variación temporal de los indicadores relacionados con el agua. Muy probablemente no hubo cambios importantes en el manejo del agua después de la transferencia porque la AUA continuó utilizando los mismos procedimientos para la distribución del agua empleados por el organismo gubernamental antes de la transferencia. Esto fue confirmado por un cuestionario aplicado entre los agricultores: no hubo ninguna diferencia en la percepción de la calidad del suministro de agua antes y después de la transferencia (Giraldo 1997).¹¹

Además, no hubo cambios significativos en la infraestructura después de 1993.

¹¹ Véase la nota 10, al pie de la página .

Distrito de Riego Samacá, Colombia



3.3 *Indicadores financieros*

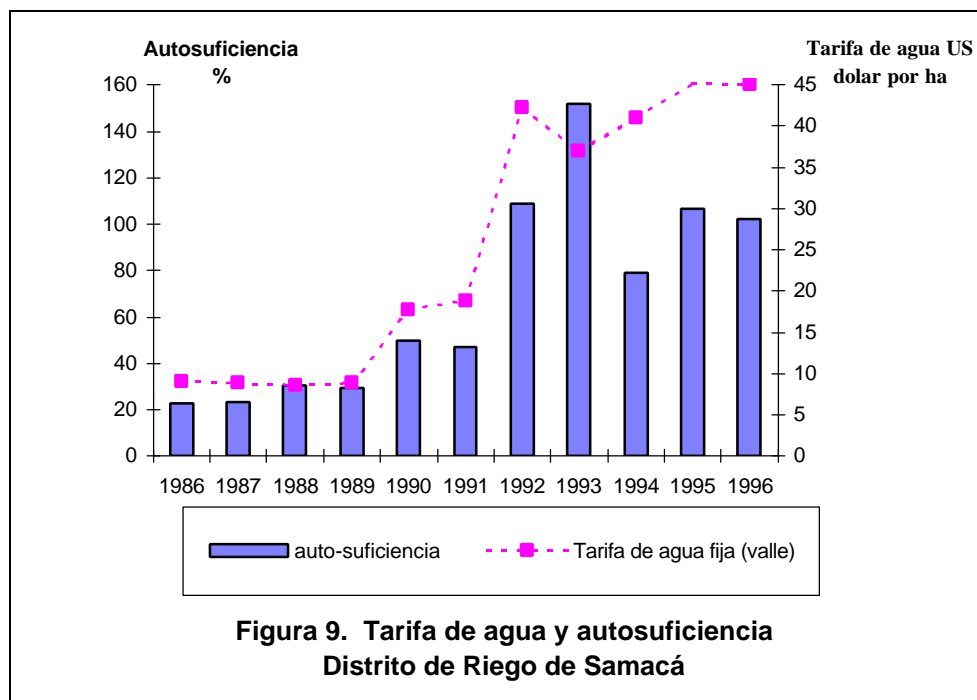
A. **Autosuficiencia financiera y tasa de cobro de tarifas**

Desde 1986 a 1990, la autosuficiencia financiera media del sistema fue de 35%, lo que indica que sólo el 35% de los gastos totales de operación y mantenimiento eran cubiertos por las tarifas de agua cobradas y el 65% restante era subsidiado por el gobierno (véase el Cuadro 5). Con la transferencia del manejo de la irrigación se modificó notablemente esta situación. Si bien la transferencia real se llevó a cabo a fines de 1992, el gobierno había ya iniciado el proceso a fines de 1991 aumentando las tarifas del agua. Estas tarifas se incrementaron en un 170%, de alrededor de 19 a 42 dólares por hectárea¹² (véase la Figura 9) y la autosuficiencia financiera se elevó de

¹² Esta es la categoría de tarifas más alta, aplicada en el valle. En las laderas la tarifa es un 55% más baja.

50% en 1991 a 109% en el siguiente año, lo que indica que, para ese momento, los subsidios gubernamentales se habían reducido a cero y todos los costos de operar y mantener el sistema eran cubiertos por los usuarios mismos. Desde la TMI el sistema no ha recibido subsidios del gobierno, excepto por cierto apoyo financiero para el mantenimiento de caminos locales, en tierra.

No obstante, un exámen más estricto de la situación financiera del sistema revela un panorama menos optimista y hay tres cuestiones que podrían influir negativamente en la autosuficiencia financiera en un futuro cercano. En primer lugar, si bien el sistema ha podido pagar sus gastos de operación y mantenimiento con las tarifas cobradas por el agua, no existen medidas para afrontar una emergencia ni un fondo revolvente. Esta situación es común en los sistemas transferidos en Colombia (Quintero 1997) y origina el interrogante acerca de quién pagará la rehabilitación si ésta se vuelve necesaria en un futuro cercano.



En segundo lugar, para 1997 la AUA solicitó al gobierno apoyo para rehabilitar el canal principal. El gobierno aprobó un presupuesto para obras de rehabilitación por unos 140,000 dólares estadounidenses, que se gastarían en el primer trimestre. La ejecución y el pago de las obras se realizaron bajo la administración directa del organismo gubernamental. Este gasto no será visible en la administración del sistema.

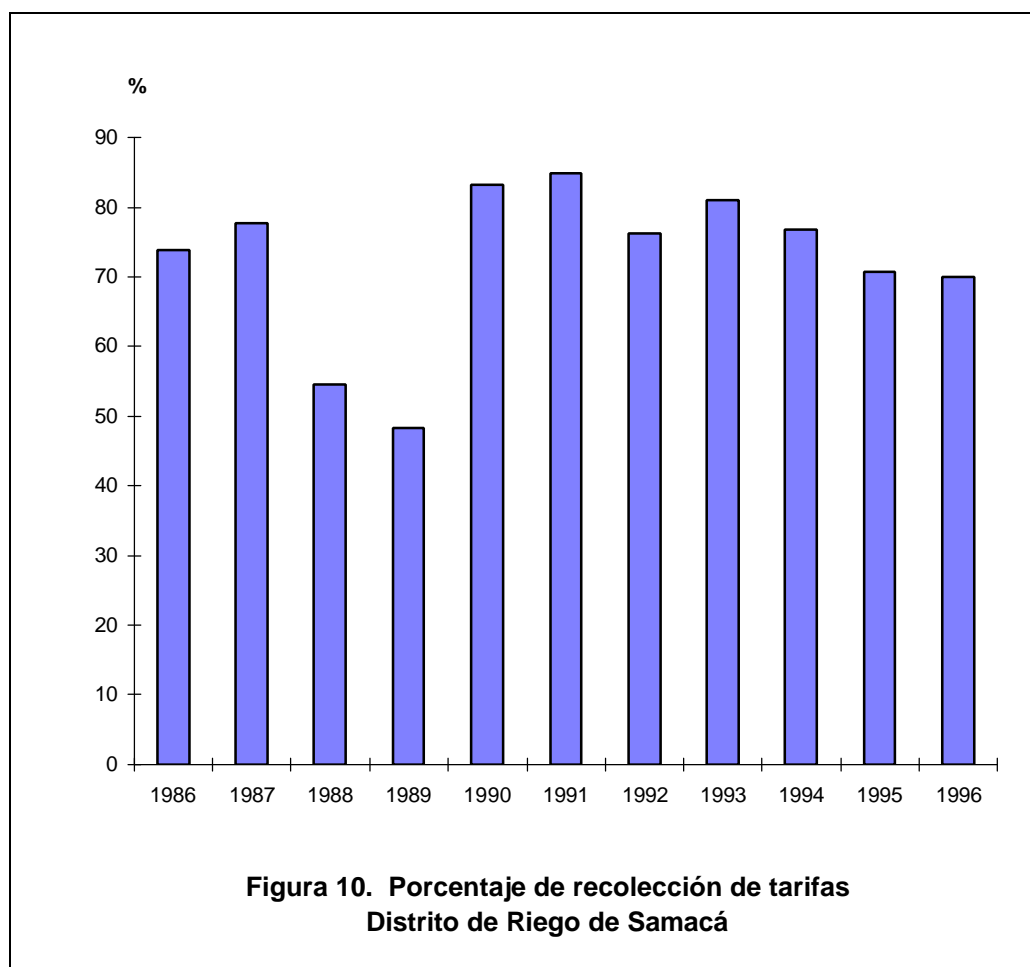
Distrito de Riego Samacá, Colombia

En consecuencia, la autosuficiencia financiera permanecerá aproximadamente en el mismo nivel en el papel, pero, en la realidad, el gobierno comenzó a subsidiar la rehabilitación del sistema.

Un tercer problema es la disminución de la tasa de cobro de tarifas en los últimos años. Esa tasa alcanzó su valor más alto (85%) justo antes de la transferencia, probablemente porque el organismo de irrigación en ese momento dedicó mucha atención al cobro de tarifas con el fin de reducir los subsidios. En los últimos cuatro años las tasas de cobro han declinado gradualmente hasta llegar a 70% en 1996 (Véase la Figura 10). La deuda pendiente se elevó de 34,000 dólares en el momento de la transferencia a 118,000 dólares en 1996, de los cuales alrededor del 35% corresponden a intereses acumulados. La Junta de la AUA recientemente decidió contratar a abogados para hacer que la gente pagara sus deudas. Como el agua se asigna por unidad de riego, es difícil cortar el agua a agricultores individuales, a pesar de que los estatutos de la AUA mencionan esta sanción en el caso de que no se efectúen los pagos.

B. Gastos de OyM por unidad de superficie

Los gastos totales de OyM (corregidos según la inflación y tomando como base el año de 1995) tienden a aumentar sólo ligeramente al transcurrir los años (véase el Cuadro 5), a pesar de que la superficie regada aumentó considerablemente con los años. Esta situación es inherente a la forma en que se fijan las tarifas del agua y los presupuestos para OyM: desde la transferencia del manejo, se elevan las tarifas cada año conforme a la inflación. Luego se determinan los presupuestos para OyM de acuerdo con la cantidad de dinero que se espera reunir mediante el cobro de las tarifas del agua. De ese modo, las tarifas del agua y los presupuestos para OyM no se basan en las necesidades de mantenimiento sino en el cobro de tarifas previsto. Según el orden de prioridad, se realizan las obras en la medida en que alcanza el dinero. Emergencias tales como la descompostura de maquinaria llevan a posponer los trabajos ordinarios de mantenimiento. La forma en que se planea el mantenimiento -sobre la base de la cantidad de tarifas de agua que los agricultores pueden pagar, y no de acuerdo con las necesidades reales- puede causar el deterioro de la infraestructura y el equipo a largo plazo, si bien los indicadores no muestran indicios de que ya esté sucediendo esto.

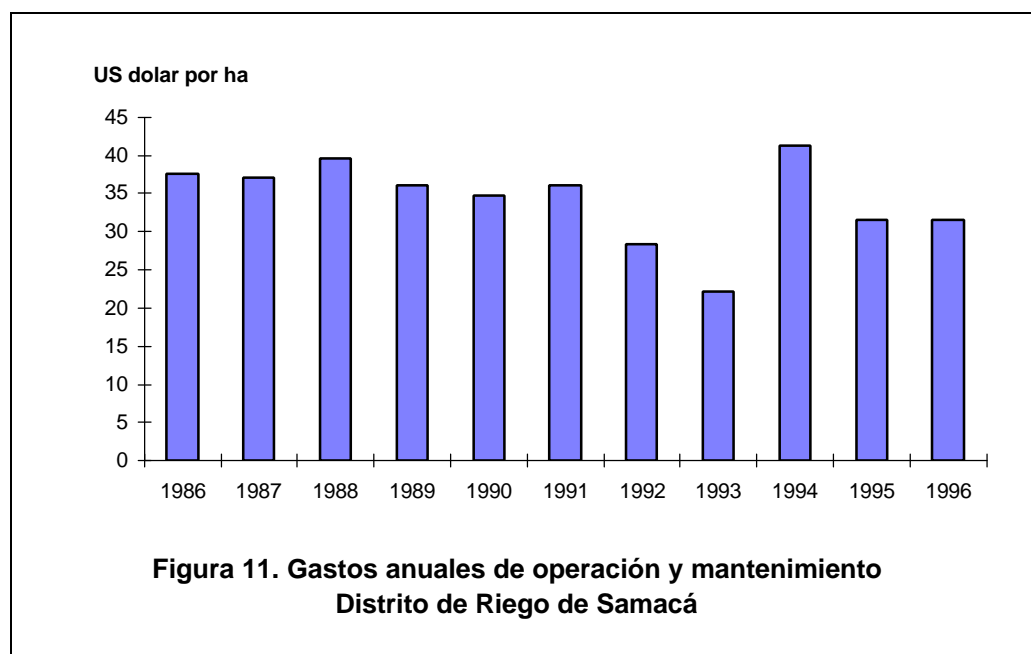


Como se muestra en la Figura 11, los gastos de OyM por hectárea del área de control permanecen más o menos en el mismo nivel y fluctúan alrededor de 35 dólares por hectárea. El súbito incremento en 1994 fue el resultado de los gastos excepcionalmente altos en ese año a causa de ciertas emergencias, como la descompostura de maquinaria.

Cuadro 5. Indicadores financieros, Distrito de Riego de Samacá

Distrito de Riego Samacá, Colombia

Año	Porcentaje de recolección de tarifas (%)	Auto-suficiencia (%)	Tarifa de agua fija (valle) (US dolares por ha)	Costos anuales de operación y mantenimiento (US dolares)	Costos de OyM por area (US dolares por ha)	Costos de OyM por volumen de agua (US dolares por m ³)
1986	74	23	9	82,916	38	0.013
1987	78	23	9	83,427	37	0.014
1988	55	31	9	94,909	40	0.019
1989	48	29	9	94,563	36	0.010
1990	83	50	18	97,976	35	0.010
1991	85	47	19	104,053	36	0.007
1992	76	109	42	82,052	28	0.007
1993	81	152	37	64,213	22	0.006
1994	77	79	41	119,609	41	0.017
1995	71	107	45	94,520	32	0.008
1996	70	102	45	94,556	32	0.009



La transferencia del manejo de la irrigación no tuvo efectos visibles sobre los gastos totales de OyM. Sin embargo, un análisis más profundo de los datos financieros revela un cambio en el dinero gastado: después de la transferencia la AUA comenzó a

recortar los costos de personal involucrado en la operación, mientras que se incrementaron los gastos de administración. Esto da como resultado que haya menos personal operativo, como los canaleros, salarios más bajos y, por consiguiente, un mayor movimiento de personal. No obstante, no hay pruebas de que esto deteriora el desempeño a corto plazo, sino que ha sucedido lo contrario.

C. Gastos de OyM por unidad de agua

Los gastos de OyM en el Distrito de Riego de Samacá son independientes de la cantidad total de agua aplicada. Por consiguiente, los gastos de OyM fluctúan con la cantidad de agua de riego aplicada que, como se mencionó antes, se correlacionan mucho con la cantidad de precipitación. Los gastos medios de OyM por unidad de agua de riego aplicada en el último decenio son de 0,011 dólares por m³. En consecuencia, sólo un 2 a 3% del VBEP por metro cúbico de agua de riego aplicada se gastan en OyM.

D. Utilidades brutas de la inversión

La construcción del Distrito de Riego de Samacá comenzó en 1941, cuando se construyó el más grande los dos embalses. Desde entonces, el sistema ha sido adaptado y mejorado muchas veces. La última gran mejora fué la construcción del segundo embalse en 1992. A causa del gran lapso durante el cual el sistema evolucionó hasta alcanzar su forma actual, es casi imposible obtener una estimación de los costos totales de construcción. Por lo tanto, se toma como base para calcular las utilidades netas de la inversión el costo medio de inversión por hectárea de un sistema cercano que se está construyendo actualmente. En 1996, esa inversión llegaba a unos 7,000 dólares por hectárea, lo que da utilidades de la inversión de 22%. El costo de inversión de 7,000 dólares por hectárea probablemente sea una sobreestimación en el Distrito de Riego de Samacá ya que el sistema cercano emplea una tecnología de riego más costosa.

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este estudio se identificaron tres cambios importantes en el Distrito de Riego de Samacá:

Distrito de Riego Samacá, Colombia

- la transferencia del manejo de la irrigación
- la abolición de la tarifa volumétrica
- la introducción de la cebolla como cultivo comercial nuevo

Se usan indicadores comparativos del desempeño para evaluar los efectos de estos cambios.

4.1 Efectos sobre la producción agrícola

La introducción de la cebolla provocó un aumento del VBEP porque los rendimientos y los precios de la cebolla son mucho más altos que los de los cultivos anteriormente producidos en la zona. La abolición de la tarifa volumétrica llevó a un aumento transitorio de la superficie cultivada con un cultivo consumidor de agua y de escaso valor como los pastizales de riego, lo cual causó una disminución transitoria del VBEP por unidad de superficie y por unidad de agua. Ambos cambios originaron un incremento de la intensidad de riego. El efecto combinado de los dos cambios fue una tendencia general a aumentar la productividad por unidad de superficie.

Las utilidades por unidad de agua consumida se elevaron debido a la introducción del nuevo cultivo comercial (la cebolla es un cultivo de alto valor que requiere relativamente poca agua), pero disminuyeron como resultado de la abolición de la tarifa volumétrica (los pastizales son cultivos de escaso valor que consumen mucha agua). Las utilidades por unidad de agua de riego aumentaron sustancialmente en los últimos años. Un factor importante en esta mejora es la construcción de estanques en las fincas para almacenar transitoriamente el agua. Esos estanques dan flexibilidad al suministro de agua y permiten una utilización más eficiente de la lluvia. Los agricultores mismos iniciaron la construcción de esos estanques por su propia iniciativa y con sus propios recursos.

No hay pruebas de que la transferencia del manejo de la irrigación produjera cambios en el patrón de cultivos, los rendimientos, los precios o la intensidad de riego. Hubo una mejora de la producción agrícola al comparar los años previos y posteriores a la transferencia, pero no parece existir una relación causal. Por otra parte, la transferencia del manejo de la irrigación no obstaculizó esa mejora del desempeño agrícola.

4.2 Efectos sobre el manejo del agua

En el Distrito de Riego de Samacá se utilizan los recursos de agua disponibles en forma productiva. La correlación entre la precipitación y la producción por unidad de riego revela un empleo eficiente de la lluvia. Esto es resultado del carácter compacto del área de control y de los numerosos reservorios pequeños construidos por los agricultores que les permiten una mayor flexibilidad e independencia del sistema de distribución de agua.

La introducción de la cebolla y la abolición de la tarifa volumétrica indujeron cambios en el patrón de cultivos y, por lo tanto, en la demanda de agua de éstos, pero aparentemente no influyeron en el manejo del agua. Después de la transferencia, la asociación de usuarios del agua siguió aplicando los mismos procedimientos para distribuir el agua usados antes de la transferencia. Las fluctuaciones en la DRA y la DRR reflejan principalmente diferencias en la precipitación y las necesidades de riego.

4.3 Efectos sobre el manejo financiero

La transferencia del manejo de la irrigación tuvo efectos importantes sobre el manejo financiero del sistema. La autosuficiencia financiera -que todavía era de alrededor del 35% a fines de los años 80- fue superior al 100% en los últimos años, lo cual indica que los beneficiarios solventan todos los costos de OyM al pagar las tarifas del agua. Para lograr esto, se elevaron gradualmente y en forma considerable las tarifas del agua, de 9 a 45 dólares/ha. La tasa de cobro de tarifas permaneció más o menos en el mismo nivel.

No hay indicios de que, después de la transferencia del manejo de la irrigación, la AUA pueda manejar el sistema con un costo inferior al del organismo gubernamental. Los gastos de OyM por unidad de superficie permanecieron aproximadamente en el mismo nivel después de la TMI. Esto obedece principalmente a la forma en que se fijan los presupuestos. Las tarifas del agua se basan en las tarifas anteriores ajustadas según la inflación. Los trabajos de mantenimiento dependen de la cantidad de dinero que se espera que reúna la AUA, y no de las necesidades reales.

Los otros dos cambios no tuvieron efectos observables sobre el manejo financiero.

4.4 Utilidad del conjunto mínimo de indicadores

Distrito de Riego Samacá, Colombia

Este estudio de caso reveló que el conjunto mínimo de indicadores, aplicado en una serie de años, constituye un instrumento adecuado para describir las tendencias y los cambios en el Distrito de Riego de Samacá. Con datos básicos sobre el clima, el patrón de cultivos, los rendimientos, los precios, el riego y los registros financieros, se pudo efectuar un análisis del desempeño en el transcurso del tiempo. Estos datos fueron reunidos por oficinas gubernamentales e instituciones como parte de las actividades ordinarias de vigilancia. En vista del sencillo método de cálculo, el conjunto de indicadores del IWMI podría ser también aplicado en otros sistemas para estudiar y analizar el desempeño en el transcurso del tiempo.

No obstante, hay ciertas limitaciones en la metodología y los indicadores usados:

- ? Los efectos de la transferencia del manejo de la irrigación pueden ser observados principalmente en procesos internos como el manejo financiero y del personal. El conjunto mínimo incluye indicadores que se concentran en los resultados más que en los procesos que llevan a esos resultados. Por esta razón, en este estudio se agregaron otros indicadores, como la tasa de cobro de tarifas y los gastos de OyM.
- ? Los indicadores toman todo el sistema como unidad de análisis, sin prestar atención a aspectos tales como la equidad de la distribución, la oportunidad y la confiabilidad de los caudales de agua. Al no considerar estos procesos internos a nivel local, el análisis podría ser más interesante para los investigadores y los encargados de formular las políticas que para los agricultores y los administradores del sistema.
- ? La calidad de los indicadores depende de los datos utilizados para calcularlos. En este estudio, se usaron datos históricos derivados de fuentes secundarias. A pesar de la cuidadosa verificación de los datos, no se pudo evitar cierta distorsión. Las cantidades de agua de riego a nivel de los campos puede haber sido subestimada por los canaleros y es probable que los agentes de extensión agrícola hayan sobreestimado los rendimientos. Estas incertidumbres son inherentes al empleo de datos provenientes de fuentes secundarias.
- ? El conjunto mínimo no incluye indicadores concernientes a problemas ambientales o a la sostenibilidad. Se cuenta con una amplia gama de indicadores, por ejemplo el porcentaje del área de control abandonado a causa de problemas ambientales (salinidad, encharcamiento, erosión) o la calidad del agua que ingresa en el sistema en comparación con la calidad del agua que sale del área de control. Por ejemplo, en Samacá hubiera sido interesante evaluar los efectos del

aumento de la superficie cultivada con cebolla sobre la calidad del agua, ya que se usa una gran cantidad de productos agroquímicos en ese cultivo.¹³ Esto hubiera proporcionado una imagen de la sostenibilidad del sistema más equilibrada que la que se puede lograr examinando la productividad. El principal obstáculo es la disponibilidad de información, debido al sesgo de quienes reúnen los datos, que tienden a preferir la información agrícola y las cantidades de agua antes que datos ambientales como la calidad del agua.

¹³ De hecho, en Samacá se llevó a cabo un estudio ambiental en 1996 (Gonima y Gómez 1996). El estudio concluyó que no existían problemas de calidad del agua en el sistema. Como se tomaron las muestras sólo durante un período breve, no se pudieron sacar conclusiones a largo plazo en relación con la sostenibilidad.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

BIBLIOGRAFÍA

Bos, M.G., D.H. Murray-Rust, D.J. Merrey Y, H.G. Johnson and W.B. Snellen. 1994. *Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management*. Irrigation and Drainage Systems 7: 231 - 261.

Bos, M.G., S. Salatino, C. Giraud Billoud. 1997. *The water delivery performance within the Chivilcoy tertiary unit, Mendoza, Argentina*. Paper presented at the International Seminar on Research Program on Irrigation Performance. Mendoza, Argentina. November 3 -7 .

FAO. 1992. *CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management*. Irrigation and Drainage Paper 46. Rome, Italy: FAO.

FAO, 1993. *CLIMWAT for CROPWAT*. Irrigation and Drainage Paper 49. Rome, Italy: FAO.

Gónima, J. and E. Gómez, 1996. *Evaluación ambiental y diagnóstico sanitario del distrito de riego de Samacá, Boyacá*. Cali, Colombia: Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

Giraldo, A.L. 1997. *Evaluación de los aspectos sociales de la transferencia en seis distritos de riego en Colombia, Cali, Colombia*: Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

Hofwegen, P. van. 1997. *The introduction of performance oriented management in the Triffa scheme in Morocco*. Paper presented at the International Seminar on Research Program on Irrigation Performance. Mendoza, Argentina. November 3-7.

IMF 1996. *International Financial Statistics Yearbook 1996*. Washington D.C.: International Monetary Fund.

Kloezen, W.H. and C. Garcés-Restrepo. 1997. *Evaluación del Desempeño del Riego con Indicadores Comparativos: El Caso del Distrito de Riego Alto Río Lerma, México. Informe de Investigación 22 Es. Colombo, Sri Lanka*: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

Levine, G. 1982. *Relative water supply: An explanatory variable for irrigation*

Distrito de Riego Samacá, Colombia

systems. Technical Report No. 6. Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A.

Molden, D.J., R. Sakthivadivel, C.J. Perry, C. de Fraiture and W.H. Kloezen. 1998. *Indicators for comparing the performance of irrigated agriculture*. IIMI Research Report 20. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Mora, L.A. 1996. *Desempeño del distrito de riego de Samacá, Boyacá, Colombia. Informe preliminar*. Cali, Colombia: Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

Mora L., C. Garcés and C. de Fraiture. 1997. *Análisis de la Transferencia y el desempeño del distrito de riego de Samacá, Boyacá*. Cali, Colombia. Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación.

Murray-Rust, D.H. and W.B. Snellen. 1993. *Irrigation system performance assessment and diagnosis*. IIMI/ ILRI/ IHE. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Perry, C.J., 1996. *Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems*. Unpublished paper. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Quintero-Pinto, L.E. 1997. *Participatory management of irrigation: benefits and second-generation problems: The case of Colombia*. Paper presented at the international workshop on the participatory management of irrigation. Cali, Colombia. February 10-15.

Rao, P.S. 1993. *Review of selected literature on indicators of irrigation performance*. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Seckler, D. 1996. *The new era of water resources management: From "dry" to "wet" water savings*. Research Report No. 1. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Small, L.E. and M. Svendsen. 1992. *A framework for assessing irrigation performance*. IFPRI Working Papers on Irrigation Performance No. 1. Washington, D. C.: IFPRI.

Vermillion, D.L. and C. Garcés-Restrepo. 1996. *Results of management turnover in two irrigation districts in Colombia*. Research Report No. 4. Colombo, Sri Lanka:

C. de Fraiture y C. Garcés

International Irrigation Management Institute.

Vermillion, D.L. 1996. *A standard methodology to assess the impacts of irrigation Management Turnover*. Unpublished paper. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

C. de Fraiture y C. Garcés

ANEXOS

Distrito de Riego Samacá, Colombia

ANEXO 1:

Definición de los indicadores del desempeño usados

Indicadores agrícolas

$$1. \quad \text{Intensidad de riego (\%)} = \frac{\text{Superficie cultivada regada (A}_{\text{cultivada}})}{\text{Area de Control (A}_{\text{net}})}$$

$$2. \quad \text{Utilidades por superficie cultivada (\$/ha)} = \frac{\text{Producción}}{\text{Cultivada Regada (A}_{\text{cultivada}})}$$

$$3. \quad \text{Utilidades por unidad de control (\$/ha)} = \frac{\text{Producción}}{\text{Area de Control (A}_{\text{net}})}$$

$$4. \quad \text{Utilidades por unidad de agua suministrada (\$/m}^3) = \frac{\text{Producción}}{\text{Agua de riego desviada (V}_{\text{desv}})}$$

$$5. \quad \text{Utilidades por unidad de agua consumida (\$/m}^3) = \frac{\text{Producción}}{\text{Volumen de agua consumido por ET (V}_{\text{consumida}})}$$

donde:

Producción es el producto obtenido en la superficie regada en términos del valor bruto de la producción medido según los precios del mercado mundial (véase más adelante),

Superficie cultivada regada es la suma de las superficies con cultivos durante el período del análisis,

Área de control regada es el área nominal o de diseño que se regará,¹⁴

Agua de riego desviada es el volumen de agua de riego por gravedad

¹⁴ Por ejemplo, consideremos una superficie regada que nominalmente atenderá 1,000 ha. Durante la estación de lluvias se riegan 800 ha y durante la estación seca, 400 ha. En este caso, la superficie cultivada regada es de 1,200 ha. El área de control es de 1,000 ha.

Distrito de Riego Samacá, Colombia

desviada hacia el área de control, más las extracciones netas de agua subterránea, y

Volumen de agua consumido por los cultivos es la evapotranspiración de los cultivos.

Se estima la producción usando el concepto de producción estandarizada (véanse los detalles en los trabajos de Perry, 1996, y Molden et. al. 1998) calculada de la siguiente manera:

$$VBEP = \left(\sum_{cult} Ai Ri \frac{Pi}{Pb} \right) P_{mundial}$$

Donde:

VBEP : es el valor bruto estandarizado de la producción,

Ri : es el rendimiento del cultivo *i*,

Pi : es el promedio a largo plazo del precio local del cultivo *i*,

P_{mundial} : es el promedio a largo plazo del valor del cultivo base comercializado a los precios mundiales.

Ai : es la superficie cultivada con el cultivo *i*,

Pb : es el promedio a largo plazo del precio local del cultivo base.

Indicadores relacionados con el agua

6. Disponibilidad relativa de agua = $\frac{\text{Suministro total de riego}}{\text{Demanda de los cultivos}}$

7. Disponibilidad relativa de riego = $\frac{\text{Suministro de riego}}{\text{Necesidad de riego}}$

8. Capacidad de entrega del agua = $\frac{\text{Cap. de entrega de agua del canal en la cabecera del sist.}}{\text{Demanda de consumo máximo}}$

donde:

Demanda de los cultivos = Et potencial de los cultivos en condiciones de riego adecuado,

Suministro total de riego = riego por gravedad, más cantidad neta de agua

subterránea extraída, más precipitación,
Necesidad de riego = ET de los cultivos menos la precipitación efectiva
Capacidad de entrega de agua en la cabecera del sistema = la capacidad actual de descarga del canal en la cabecera del sistema, y
Demanda de consumo máximo es la necesidad máxima de riego de los cultivos en un período de un mes, expresada como el caudal en la cabecera del sistema de riego.

Indicadores financieros

9.	Autosuficiencia financiera (%) =	$\frac{\text{Ingresos provenientes del riego}}{\text{Total de gastos de OyM}}$
10.	Tasa de cobro de tarifas (%) =	$\frac{\text{Tarifas cobradas}}{\text{Cobro previsto de tarifas}}$
11.	Utilidades netas de la inversión (%) =	$\frac{\text{VBEP}}{\text{Costo de la infraestructura de riego}}$
12.	Gastos de OyM por unidad de superficie =	$\frac{\text{Gastos totales de OyM}}{\text{Area de Control (A}_{\text{neta}})}$
13.	Gastos de OyM por unidad de agua =	$\frac{\text{Gastos totales de OyM}}{\text{Agua de riego desviada (V}_{\text{desv}})}$

donde:

Costo de la infraestructura de riego se refiere al costo del sistema de suministro de agua en el mismo año del VBEP,

Tarifas cobradas son los ingresos anuales generados por las tarifas de agua y riego pagadas por los usuarios, excluyendo los ingresos provenientes de pagos o intereses de la deuda anterior,

Cobro previsto de tarifas son los ingresos anuales previstos generados por las tarifas del agua y el riego, según se facturan a los usuarios, excluyendo las deudas o intereses anteriores,

Ingresos por riego son los ingresos generados por las tarifas u otros ingresos generados en forma local, excluyendo los provenientes de subsidios gubernamentales, y

Gastos totales de OyM es la cantidad gastada en forma local en OyM, más

Distrito de Riego Samacá, Colombia

los subsidios externos aportados por el gobierno.

ANEXO 2:**Ejemplo de cálculo de los indicadores del desempeño,
Distrito de Riego de Samacá, Colombia, 1995****A. Valor bruto estandarizado de la producción**

Se tomaron en cuenta en cada ciclo los seis principales cultivos comerciales y los pastizales bajo riego. Estos cultivos abarcan más del 95% de la superficie cultivada.

Por ejemplo, en 1995 se reunieron los siguientes datos:

Cuadro A.2.1 Valor bruto estandarizado de la Producción

Cultivo	Ciclo A (Enero - Junio)					Ciclo B (Julio - Diciembre)				
	Sup. (ha)	Rend (t/ha)	Precio (\$/kg)	Precio Medio	VPB (\$ P)	Sup (ha)	Rend (t/ha)	Precio (\$/kg)	Precio Medio	VPB (\$ P)
Papa	498	25.0	265	221	3299	475	18.0	171	200	1462
Maíz	95	1.3	502	380	62	80	2.0	250	346	40
Hortalizas	145	20.0	189	255	548	216	20.0	194	239	838
Chícharos	349	4.0	1259	978	1758	270	4.0	762	889	823
Cebolla	357	25.0	488	444	4355	455	25.0	502	467	5710
Trigo	33	5.0	200	275	33	43	5.2	200	284	45
Pastizales	655	*		332	217	655			332	217
Total					10,239	2194				9,135

* 332,000 pesos por ciclo por hectárea, cuatro cortes por ciclo.

$$\begin{aligned}
 \text{VBEP} = & \{ (\text{rendimiento}_{\text{cult } 1}) \times (\text{precio}_{\text{cult } 1} / \text{precio}_{\text{cult base}}) \times (\text{superficie}_{\text{cult } 1}) \\
 & + (\text{rendimiento}_{\text{cult } 2}) \times (\text{precio}_{\text{cult } 2} / \text{precio}_{\text{cult base}}) \times (\text{superficie}_{\text{cult } 2}) \\
 & + (\text{rendimiento}_{\text{cult } 3}) \times (\text{precio}_{\text{cult } 3} / \text{precio}_{\text{cult base}}) \times (\text{superficie}_{\text{cult } 3}) \text{ etc.} \} \times \\
 & (\text{precio en el mercado mundial})_{\text{cult base}}
 \end{aligned}$$

El cultivo base es el principal cultivo comerciable producido en el área de control. En Samacá, se considera que es la papa. Para eliminar las distorsiones causadas por

Distrito de Riego Samacá, Colombia

fluctuaciones de los precios, se usan los promedios de los precios tanto locales como internacionales: en primer lugar se corrigen según la inflación los precios locales por cultivo y por año (el año base es 1995), luego se obtiene el promedio en 10 años, desde 1986 a 1995. El precio medio de la papa en el mercado mundial es de 149 dólares por tonelada.

En el primer ciclo de 1995, el VBEP total es:

$$\{25 \times 498 + 1.3 \times (380/221) \times 95 + 20 \times (255/221) \times 145 + 4 \times (978/221) \times 349 + 25 \times (444/221) \times 357 + 5 \times (275/221) \times 33 + 655 \times (332,000/221)\} \times 149 = 6,171,168 \text{ dólares estadounidenses.}$$

Del mismo modo, en el segundo ciclo de 1995 el VBEP es de 5,899,910 dólares.

Valor anual total: **12,071,078** dólares.

El área total de control es de 3,000 hectáreas. La cantidad total de agua derivada (a nivel del sistema) equivale a $11,867 * 10^3 \text{ m}^3$ cada año.

VBEP por unidad de superficie cultivada: $(12,071,078)/(2,132 + 2,194) = 2,790$ dólares por ha.

VBEP por unidad de área de control: $12,071,078/3,000 = 4,024$ dólares por ha.

VBEP por unidad de riego suministrada: $12,071,078/11,867,000 = 1.02$ dólares por m^3 .

B. Demanda de agua de los cultivos

Se calcula con el CROPWAT la demanda de agua por ciclo de cada cultivo. Con el CROPWAT (opción 1 del menú principal), se calculan la evapotranspiración (ET_o) según Penman-Monteith y la precipitación efectiva, por separado para cada año. En este caso se usó la fórmula de la Oficina de Recuperación de Tierras (ORT) de los Estados Unidos para la precipitación efectiva (datos de entrada: temperatura diaria, humedad relativa, velocidad del viento, horas de luz solar, precipitación total).

Por ejemplo, en 1995:

Cuadro A.2.2 Demanda de agua de los cultivos

Mes	Temp. diaria media (OC)	Humedad (%)	Velocidad del Viento (km/día)	Luz solar diaria (h/día)	ET.de Penman-Monteith (mm/día)	Precip.. Total (mm/mes)	Precip. Efectiva (ORT) (mm/mes)
Ene.	13.8	76	171	7.0	3.0	1.3	1.3
Feb.	14.3	77	180	10.2	3.7	65.1	56.6
Mar.	14.8	78	169	6.1	3.2	142.8	102.0
Abr.	14.7	77	155	4.2	2.8	37.6	34.8
May.	14.2	79	142	4.9	2.8	64.1	55.9
Jun.	14.2	76	193	4.1	2.7	51.5	46.2
Jul.	13.5	80	174	5.1	2.7	26.5	25.1
Ago.	14.1	73	175	5.3	3.0	52.8	47.2
Sep	13.5	78	149	5.4	2.9	27.8	26.3
Oct	14.6	78	118	3.2	2.5	60.3	53.0
Nov.	14.3	74	145	5.2	2.8	86.5	71.5
Dic.	14.3	80	139	3.3	2.3	82.9	69.2
Total					1043	699.2	589.1

Luego, se calculan la demanda neta de agua de los cultivos (DAC) y las necesidades

Distrito de Riego Samacá, Colombia

netas de riego (NR) de cada cultivo regado y en cada ciclo de cultivo (opción 2 en el menú principal de CROPWAT). Se usan los coeficientes de los cultivos proporcionados con el programa CROPWAT. Datos de entrada: fechas de siembra y duración del crecimiento en días. En 1995 los resultados en Samacá fueron:

Cuadro A.2.3 Resultados de Demanda de agua y Necesidad de riego obtenidos con el CROPWAT para 1995 en Distrito de Riego Samacá

Cultivo	Area (ha)	Demanda Neta de agua de cultivos en el ciclo A (mm/ciclo)	Necesidad netas de riego en el ciclo A (mm/ciclo)	Area (ha)	Demanda Neta de agua de cultivos en el ciclo B (mm/ciclo)	Necesidad netas de riego en el ciclo B (mm/ciclo)
Papa	498	394.6	136.7	475	381.0	118.3
Maíz	95	463.5	166.9	80	444.3	166.0
Hortalizas	145	351.1	116.2	216	336.7	138.9
Chícharos	349	298.5	106.7	270	283.9	144.8
Cebolla	357	278.6	94.7	455	270.6	50.1
Trigo	33	326.3	137.4	43	329.8	131.3
Pastizales	655	523.8	245.2	655	511.8	225.5
Total	2132			2194		

La demanda neta total de los cultivos en el ciclo A es:

$$DAC_{\text{papa}} * (\text{superficie}_{\text{papa}}/\text{superficie}_{\text{total}}) + DAC_{\text{maíz}} * (\text{superficie}_{\text{maíz}}/\text{superficie}_{\text{total}}) + \text{etc.}$$

=

$$394.6 \times (498/2,132) + 463.5 \times (95/2,132) + 351.1 \times (145/2,132) + 298.5 \times (349/2,132) + 278.6 \times (357/2,132) + 326.3 \times (33/2,132) + 523.8 \times (655/2,132) =$$

387.7 mm/ciclo A

En la misma forma se calculan las necesidades netas totales de riego. Los resultados son los siguientes:

Cuadro A.2.4 Necesidades netas totales de Agua y Demandas netas totales por ciclo en el Distrito de Riego Samacá

Distrito de Riego Samacá, Colombia

Se midió la capacidad real de los canales en el desagüe del embalse principal. La capacidad es de 750 l/s. Se calcularon las necesidades de riego en el sistema con el CROPWAT (opción 4 en el menú principal) usando los datos sobre el clima, el patrón de cultivo, las fechas de siembra y la superficie, como se mencionó anteriormente.

Para 1995, las necesidades de riego en el sistema son (en l/s/ha):

1. Enero	0.13
2. Febrero	0.08
3. Marzo	0.01
4. Abril	0.17
5. Mayo	0.11
6. Junio	0.11
7. Julio	0.08
8. Agosto	0.08
9. Septiembre	0.20
10. Octubre	0.09
11. Noviembre	0.05
12 Diciembre	0.04

Las necesidades máximas de riego se presentan en septiembre, 0.20 l/s/ha.

La demanda máxima es de $0.20 * \text{superficie regada} = 0.20 * 2,194 = 439 \text{ l/s}$.

La capacidad de entrega de agua es: $750/439 = 1.71$

C. Datos financieros

Autosuficiencia financiera = ingresos por el riego/gastos de OyM

Los ingresos por el riego incluyen todos los ingresos provenientes de las tarifas del agua, las tarifas de la asociación de usuarios del agua, los pagos de deudas pendientes e intereses sobre deudas anteriores, pero excluyen todo tipo de subsidios o pagos por el gobierno. En 1965 los ingresos fueron de 92,032,056 pesos colombianos. El tipo de cambio en 1995 fue de 913 pesos por dólar. Los ingresos fueron entonces equivalentes a 100,802 dólares estadounidenses. Los gastos de OyM incluyen todos los gastos para operar y mantener el sistema. En Samacá incluyen los costos de operación, mantenimiento y administración, un total de 86,296,340 pesos, equivalentes a 94,519 dólares.

Autosuficiencia financiera = $(100,802/94,519) * 100\% = 107\%$

Utilidades netas de la inversión = valor bruto de la producción/costo del sistema de distribución

No se conoce el costo del sistema de distribución en el Distrito de Samacá ya que el sistema fue construido en un lapso de varios decenios. Se toma como aproximación el costo de inversión de un sistema cercano similar (actualmente en construcción). Esto representó 7,000 dólares por hectárea en 1996 (no se dispuso de cifras para 1995). El VBP fue de 2,976 dólares por año por hectárea del área de control.

Utilidades brutas de la inversión: $2,976/7,000 = 42\%$

Distrito de Riego Samacá, Colombia

ANEXO 3:

Datos necesarios para calcular los indicadores del desempeño

Clima

- precipitación mensual (en mm)
- temperaturas máximas y mínimas diarias, por mes (en °C)
- velocidad mensual media del viento (en m/s)
- humedad relativa mensual media (en %)
- horas diarias medias de luz solar, por mes (en horas por día)

Cultivos

- área total de control (ha)
- patrón de cultivos bajo riego (fechas de siembra, duración del crecimiento en días)
- superficie por cultivo, por ciclo o por año (ha)
- rendimientos por ciclo o por año (toneladas/ha)
- precios locales por ciclo o por año (en moneda local por tonelada)
- precios en el mercado mundial del cultivo principal (dólares estadounidenses por tonelada)

Riego

- cantidad total de agua de riego derivada a nivel del sistema, por ciclo o por año (m³)
- cantidad total de riego aplicado a nivel de los campos, por ciclo o por año (m³)
- capacidad real del canal principal y los canales secundarios (m³/s)

Distrito de Riego Samacá, Colombia

Aspectos financieros

- gastos de operación, mantenimiento y administración, es decir, todos los costos de funcionamiento del sistema (en moneda local, por año)
- ingresos totales provenientes de las tarifas del agua, las contribuciones de los agricultores, los pagos de deudas pendientes, etc., excluyendo todos los subsidios gubernamentales (en moneda local, por año)
- costo de inversión de la infraestructura de riego (en moneda local, por hectárea)

C. de Fraiture y C. Garcés

IWMI, Serie Latinoamericana

1. Ellen Rymshaw. 1998. Análisis del Desempeño de la Irrigación en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México.
2. Charlotte de Fraiture y Carlos Garcés-Restrepo. 1998. Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigación: El caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia.

INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

Programa de México

c/o CIMMYT, Lisboa 27 Col.Juarez

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

Telf: (52) 5804-2004 Fax: (52) 5804-2004

E-mail : cgarces@cimmyt.mx

**INFORME DE
COLOMBIA**



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka

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

E-mail IWMI@cgiar.org

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