

**IWMI, Serie Latinoamericana: No 1**

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA IRRIGACIÓN  
EN LOS DISTRITOS DE RIEGO BAJO RÍO BRAVO  
Y BAJO RÍO SAN JUAN, TAMAULIPAS, MÉXICO**

**Ellen Rymshaw**



**INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA**

## 1. INTRODUCCIÓN

Continúa el animado debate acerca del empleo y la utilidad de indicadores del desempeño en el ámbito de la irrigación. El Instituto Internacional de Manejo del Agua (IWMI) ha seleccionado un conjunto de nueve indicadores comparativos del desempeño, que considera útiles al caracterizar los sistemas de riego. El conjunto de indicadores comparativos del IWMI está siendo analizado en diversos sitios con el fin de comprobar su utilidad para describir el desempeño.

Este informe presenta un análisis a nivel de distrito de siete de los nueve indicadores en los Distritos de Riego 025, Bajo Río Bravo, y 026, Bajo Río San Juan, en el estado de Tamaulipas, en el noreste de México. Los indicadores de la autosuficiencia financiera y la capacidad de entrega del agua no fueron evaluados a causa de la falta de datos. El análisis tiene varios objetivos: examinar el desempeño dentro de cada distrito, comparar el desempeño de distritos adyacentes y proporcionar datos para una comparación futura del desempeño entre diversos sitios de México. Igualmente importante es el objetivo de usar los indicadores del desempeño para identificar estrategias de manejo en los dos sistemas y evaluarlas en años de severa escasez de agua.

El análisis de los indicadores que abarca uno o dos años proporciona una "instantánea" del desempeño en un momento dado y es útil en las comparaciones entre distintos sitios. Cuando se los ubica en un contexto a más largo plazo, los indicadores pueden revelar mucho acerca de un sistema individual, en particular cuando ese sistema está sufriendo un cambio. Con el fin de facilitar diversas comparaciones, se calcularon series cronológicas por un período de 14 años para cada indicador. Esto permite identificar las tendencias y conocer las causas que la sustentan, y puede revelar estrategias diferentes en condiciones agroeconómicas similares. Como varios de los indicadores presentaron fluctuaciones anuales muy grandes, se considera que los promedios de los valores de las series cronológicas constituyen las mejores estimaciones de los indicadores del desempeño, dados los datos disponibles.

Los Distritos 025 y 026 fueron diseñados como sistemas de riego complementarios ya que la precipitación en la región normalmente basta para satisfacer una parte considerable de los requerimientos de agua de los tradicionales cultivos cerealeros. Durante cada temporada de riego, se deja sin regar una parte de la superficie en cada distrito, la cual depende de la precipitación como única fuente de agua. Para conocer el desempeño de los sistemas agrícolas e identificar las posibilidades de mejoras, es necesario evaluar el desempeño de las áreas tanto irrigadas como de temporal. En este informe, se efectuó una evaluación de los indicadores comparativos por separado

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

para el sector irrigado de cada distrito y para la superficie total. En un informe independiente, Indicadores de Desempeño en Condiciones de Temporal, (Rymshaw, 1998), se estableció un conjunto de indicadores del desempeño y se los analizó en el sector de temporal de cada distrito, logrando así una caracterización más completa de los sistemas.

El manejo de ambos distritos recientemente fué transferido a los usuarios, pero este proceso de la Transferencia del Manejo de la Irrigación (TMI) coincidió estrechamente con el comienzo de una severa sequía y con la construcción de una presa aguas arriba del Distrito 026. No obstante, la sequía no es insólita en el nordeste de México y se produce aproximadamente cada siete años. Con el fin de separar el desempeño durante la sequía del desempeño medio en el período de observación, se compararon los valores medios de 14 años con los valores medios de los años de sequía de 1994-1996. Al analizar los datos de esta manera, se manifiestan tendencias a largo plazo que pueden ser ocultadas por medidas temporales pero extremas tomadas en respuesta a la escasez de agua.

Los valores de los indicadores para cada distrito y año se sintetizan en el Capítulo 5, Resultados y análisis.

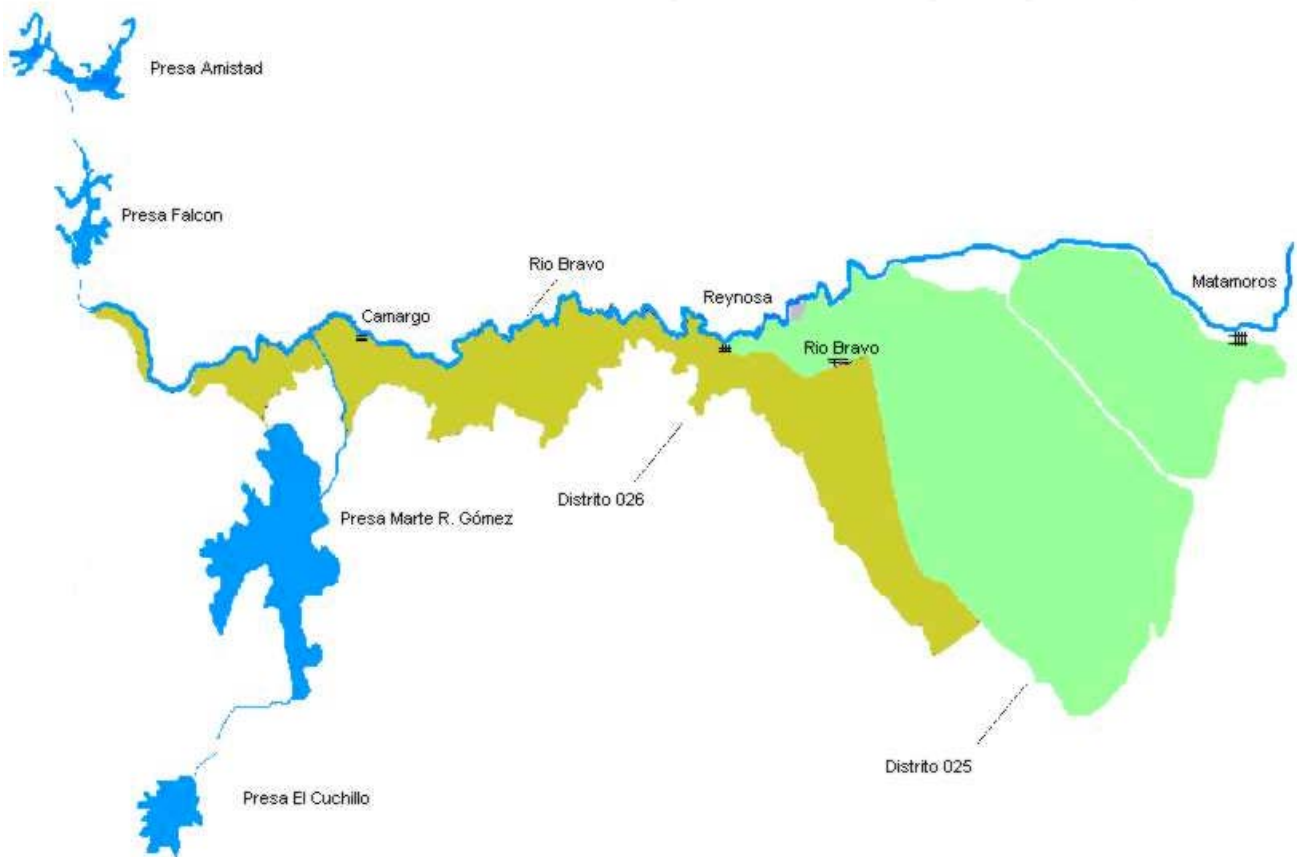
## **II. DESCRIPCIÓN DE LOS INDICADORES COMPARATIVOS DE DESEMPEÑO DEL IWMI**

En el Anexo A se presenta una lista de los indicadores comparativos, junto con los datos que requiere cada uno de ellos (adaptados de Perry, 1996). Como se señaló antes, no se calcularon la autosuficiencia financiera y la capacidad de entrega de agua.

## **III DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO**

El análisis de los indicadores del desempeño fué realizado en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo (025) y Bajo Río San Juan (026) en el estado de Tamaulipas, en el noreste de México, entre los 97°30' y los 99° de latitud oeste, y los 25° y los 26°35' de longitud norte (Figura 1).

Con el programa mexicano de reforma agraria a comienzos del siglo, las haciendas se dividieron, se vendieron las tierras a pequeños propietarios y se otorgaron bajo concesiones a los ejidos.



**Figura 1. Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan**

En esta zona, un ejidatario puede cultivar hasta 10 ha de tierra y los pequeños propietarios están limitados a 100 ha. Sin embargo integrantes de ambos grupos manejan propiedades más grandes. La revisión de la constitución mexicana en 1992 otorgó a la ejidatarios el título de propiedad de sus tierras. Los distritos de riego fueron establecidos a finales de los años 40 con la construcción de la Presa Marte R. Gómez en el Distrito 026 y la Presa Derivadora Anzalduas en el Distrito 025, y el desarrollo de sistemas de distribución. Los distritos fueron originalmente diseñados para contribuir a la autosuficiencia de México en la producción de maíz y de sorgo, y 40 años más tarde se sigue haciendo hincapié en esos cultivos.

## Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

El manejo del Distrito 025 fue transferido a los usuarios en octubre de 1993 y el del Distrito 026, en noviembre de 1992. Conforme al Programa de Transferencia del Manejo de la Irrigación de México, las superficies de los distritos se dividen en módulos, sobre la base de las características hidráulicas y el tamaño óptimo percibido, que son manejados por una Asociación de Usuarios del Agua y un comité supervisor (Johnson et al., 1996). Un representante de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y los presidentes de las AUA forman el Comité Hidráulico de cada distrito, que toma las decisiones sobre las asignaciones del agua y los planes de riego anuales.

En la zona, la precipitación promedio es de unos 570 mm al año, lo cual hace que los dos distritos sean sistemas de riego complementarios. En la Figura 2 se muestra la relación entre el suministro de riego y la demanda de riego<sup>1</sup>; la demanda de riego fue suministrada por el CROPWAT, programa desarrollado por la FAO, teniendo en cuenta la demanda de agua del cultivo y la precipitación. Los volúmenes suministrados se miden en las tomas principales y no reflejan las pérdidas en las entregas a los campos. En ocho de los últimos 14 años, los riegos suministrados en el Distrito 025 han sido inferiores a los requeridos. El Distrito 026 ha corrido mejor suerte y presentó un déficit en los volúmenes suministrados sólo en los dos últimos años de sequía. En el ciclo agrícola de 1994-1995, la precipitación promedió 540 mm, pero no contribuyó al almacenamiento, y en 1995-1996 fue de 403 mm.

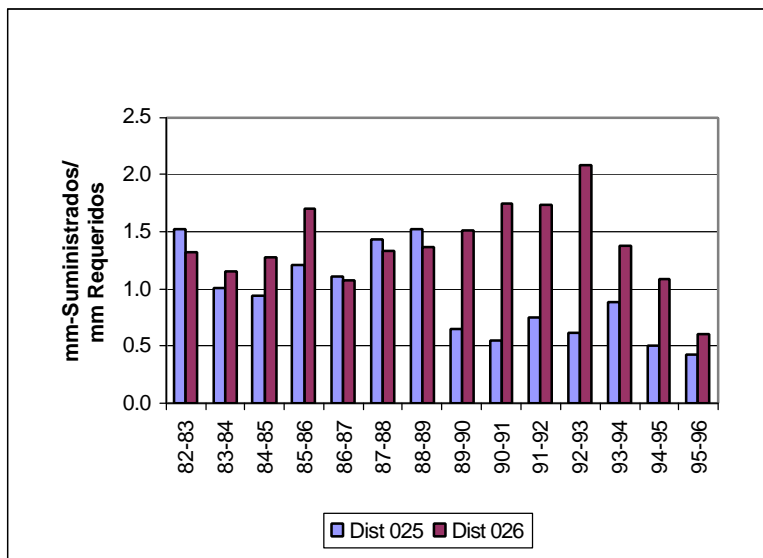
La disponibilidad de agua en las presas de almacenamiento determina las asignaciones anuales y estacionales a cada distrito. La asignación estacional determina la selección de los cultivos, la superficie sembrada con cada cultivo y la superficie que se regará. La selección de los cultivos depende mucho de la disponibilidad de agua. Cuando hay agua suficiente para suministrar cinco entregas de una lámina históricamente aceptada, la mayoría de los usuarios siembra maíz. Cuando merman las entregas, se limitan las superficies sembradas con maíz y se recomienda el sorgo. El agua es proporcionada a intervalos vinculados con los momentos críticos de la etapa de desarrollo del cultivo recomendado; no se entrega a demanda.

La zona sigue siendo una región productora de maíz, y el sorgo y el algodón son los otros cultivos principales. La producción de hortalizas está limitada a las pocas parcelas con pozos profundos o con derecho a bombear agua del Río Bravo. En los años en que escasea el agua, las decisiones acerca de la asignación se orientan hacia

---

<sup>1</sup> El término “demanda de agua” es una forma de expresar la cantidad de agua necesaria para producir un cultivo con un rendimiento por hectárea óptimo o casi óptimo. Cuando se considera que un cultivo tiene una “baja demanda de agua”, esto por lo general implica que la curva de su función de producción y de agua es relativamente aplanada, es decir, una reducción del agua disponible tendrá un efecto adverso relativamente pequeño sobre el rendimiento.

una distribución equitativa entre los derecho habientes de tal modo que se suministra agua a una cantidad fija de hectáreas por derecho habiente, más que a un porcentaje de las propiedades individuales (por ejemplo, 5 ha/derecho habiente, en lugar de 50% de la superficie).



**Figura 2. Déficit de riego en los Distritos 025 y 026**

Estos distritos presentan algunas de las características de los sistemas protectores de riego descritos por Jurriens et al. (1996). El clima es semiárido y se promueven los cultivos con una baja demanda de agua. Son sistemas por suministro donde la distribución de agua cada año depende del agua almacenada disponible. Difieren de la descripción de los sistemas protectores porque existen estructuras de control y ordinariamente hay un alto grado de manejo para asegurar la equidad y la oportunidad de las entregas durante la sequía. A causa del racionamiento del agua, todavía controlado por la CNA, y a pesar de la TMI, la operación de estos sistemas sigue siendo esencialmente desde arriba hacia abajo. Se ha introducido cierta flexibilidad en el proceso de planificación de las asignaciones al establecer varias alternativas de cultivo y de suministro de riego que son presentadas al Comité de Hidráulico de las AUA por la CNA.

### Distrito 025, Bajo Río Bravo

El Distrito 025 recibe su agua del sistema de Presas Amistad/Falcón sobre el Río Bravo. Los tratados con el estado de Texas asignan a México aproximadamente el 45% del volumen de la Presa Falcón, sobre la base de la contribución de ese país al almacenamiento mediante los afluentes. Las derivaciones para riego en los últimos 14 años promediaron los 849 millones de metros cúbicos (MM<sup>3</sup>)/año, lo que proporciona una lámina media de 419 mm. El distrito tiene una superficie total de 269,000 ha, con un área de comando de 202,550 ha, y alrededor de 30,000 ha de tierras bajas originalmente apartadas para desfogues. Hay 425 km de canales principales y 1,930 km en la red secundaria y terciaria. La evaporación es en promedio de 1,897 mm anuales, la evapotranspiración de referencia promedia los 1,756 mm y la precipitación es de alrededor de 570 mm, la mayor parte de los cuales caen entre agosto y diciembre (Figura 3). Son viables dos ciclos de cultivo y, antes de la sequía que se inició a fines de 1994, se suministraba el riego durante ambos ciclos.

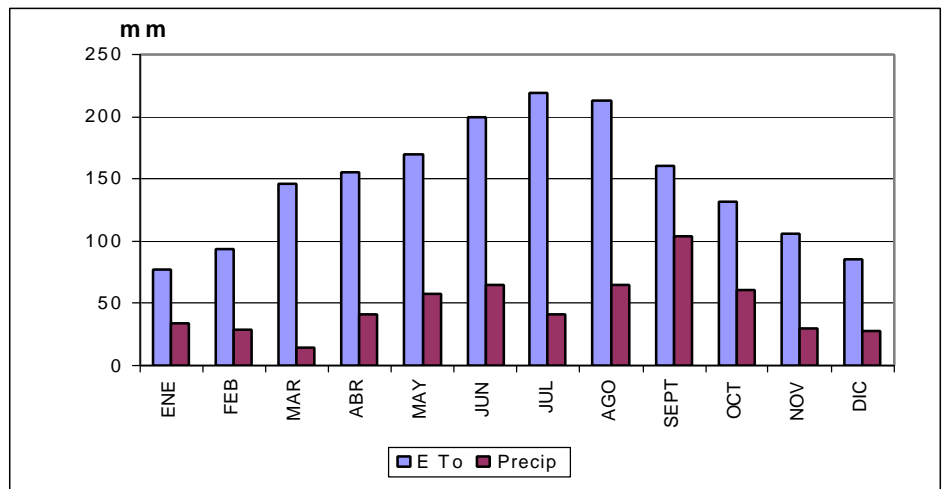


Figura 3. Evapotranspiración de Referencia y Precipitación, Distrito 025

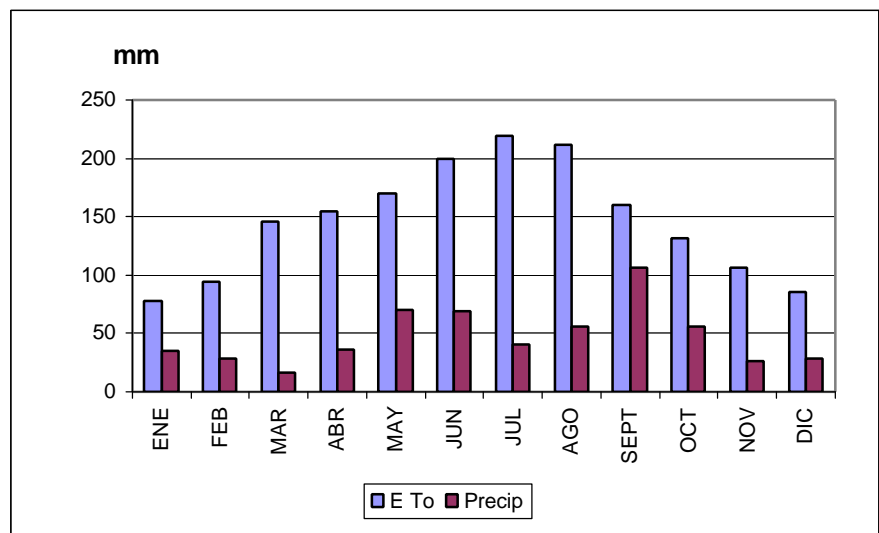
E. Rymshaw

Con la transferencia efectuada en octubre de 1993, se dividió el distrito en nueve módulos, ocho de los cuales tienen unas 25,000 ha de tamaño. El otro es el más grande en el país, con 69,000 ha. Hay 15,160 usuarios, 42% de los cuales son ejidatarios, con predios de 8.7 ha en promedio. El resto de la tierra pertenece a propietarios privados, con predios que promedian las 17 ha. Los problemas actuales se relacionan con una sequía que comenzó a fines de 1994 y llevó a restricciones de las superficies sembradas con autorización para recibir riego. Durante el ciclo de 1995-1996, los agricultores se vieron limitados a un solo riego en 6.25 ha. Se establecieron las restricciones en 20 ha por derecho habiente durante el ciclo de 1996-1997, pero esas restricciones se aminoraron en parte a causa de las intensas lluvias inesperadas en marzo y abril. Para el próximo ciclo, se prevé que se suministrará un solo riego a 80% de la superficie.

### **Distrito 026, Bajo Río San Juan**

El Distrito 026 recibe agua del embalse Marte R. Gómez, alimentado por el Bajo Río San Juan. Las derivaciones para uso agrícola promedian los 382 millones de metros cúbicos, proporcionando una lámina media de 497 mm. El área de comando tiene 87,500 ha, con aproximadamente 77,000 autorizadas para el riego. Hay 225 km de canales principales y 850 km de canales secundarios y terciarios. La evaporación es en promedio de 2,011 mm anuales, la evapotranspiración de referencia promedia 1,756 mm y la precipitación es de 570 mm (Figura 4), la mayor parte de ella desde agosto a septiembre. Como en el Distrito 025, se producen cultivos durante dos ciclos. Antes de la sequía, se proporcionaba el riego en ambos ciclos.

Después de la transferencia en 1992, el Distrito fue dividido en 13 módulos con un tamaño medio de 6,600 ha. Hay 4,780 usuarios, 29% de los cuales son ejidatarios. El tamaño medio de los predios de los ejidatarios es de 9.5 ha, y el de los propietarios particulares es de 23 ha. Las limitadas provisiones de agua llevaron a restricciones de la superficie durante los dos últimos ciclos de cultivo; en 1995-1996, se suministraron dos riegos a 8.25 ha por derecho habiente en un área (Unidad II), y se suministraron 1.4 riegos a toda la superficie de otra zona (Unidad III). En la temporada habitual de riego se suministran 4-5 riegos a toda la superficie. En la temporada de 1996-1997, esas cifras se redujeron a 5 ha que recibieron dos riegos en la Unidad II y 76% de la superficie registrada de la Unidad III recibió un solo riego.



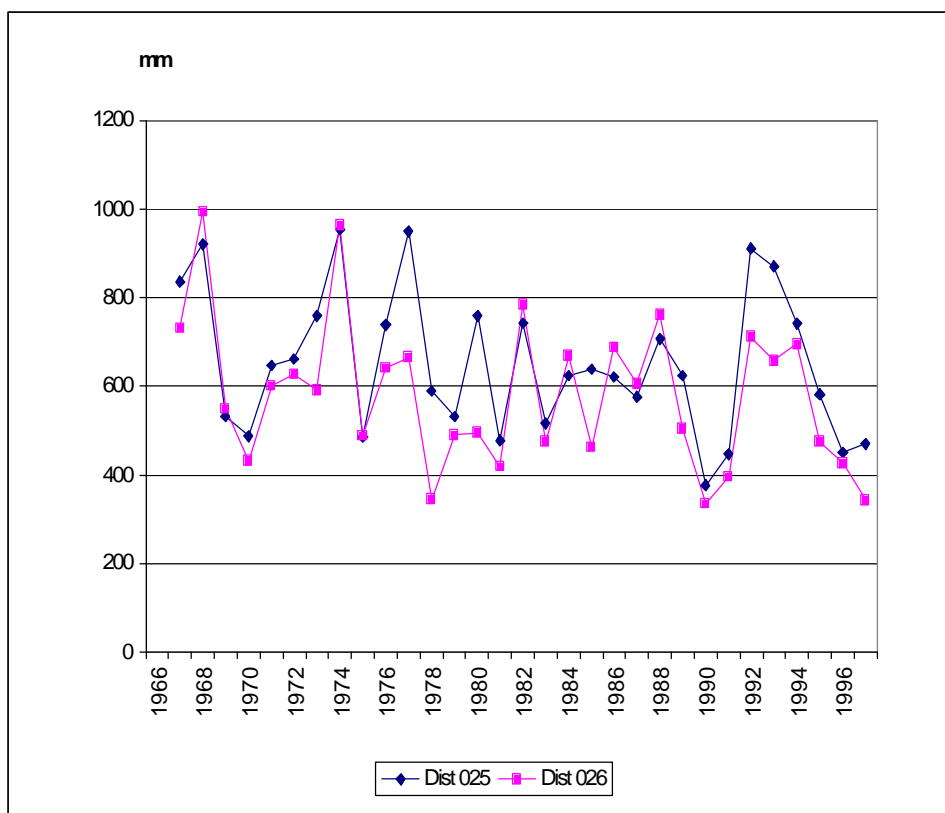
**Figura 4 Evapotranspiración de Referencia y precipitación, Distrito 026**

Los problemas actuales se centran en la disponibilidad de agua y la competencia con los usuarios municipales e industriales aguas arriba. Desde 1993 ha habido severas reducciones de los volúmenes disponibles para el Distrito a causa de la construcción de una presa aguas arriba, que deriva el agua hacia un importante centro industrial, y esas condiciones han sido exacerbadas por la sequía.

#### **IV. METODOLOGÍA**

El análisis abarca 14 años, desde el ciclo de cultivo de 1982-1983 hasta el de 1995-1996. Se calcularon los indicadores para la superficie sembrada total y para la porción irrigada de cada distrito. Actualmente Tamaulipas está entrando en el cuarto año de sequía. Una revisión de la precipitación en ambos distritos en 35 años muestra cinco precipitaciones anuales con menos de 200 mm por debajo de los promedios regionales (Figura 5). Como las sequías comúnmente se producen cada siete u ocho años, las actuales carencias de agua fueron consideradas parte del entorno agrícola normal. Sin embargo, en el pasado esas sequías no han durado más de un año o dos, lo cual hace que la sequía actual sea insólita en cuanto a su duración. A causa de las

fluctuaciones anuales muy grandes de la mayoría de los indicadores, el promedio de cada indicador constituye la mejor estimación de su valor. Se incluyeron en el análisis dos años de sequía: 1994-1995 y 1995-1996. La comparación de los promedios de 14 años con los valores promediados del indicador en los años de sequía aclara la respuesta de cada distrito a una escasez prolongada de agua.



**Figura 5. Precipitación Anual**

**1. Valor bruto estandarizado de la producción (VBEP)**

El valor bruto estandarizado de la producción agrícola describe el entorno

agroeconómico en que están funcionando los distritos de riego y se usa para calcular cinco de los nueve indicadores comparativos del conjunto establecido por el IIMI. El VBEP se basa en el patrón de cultivo de una determinada zona, la superficie sembrada con cada cultivo, el rendimiento por hectárea y los precios reales de campo. Si bien éstos son sistemas de riego complementarios, la selección de los cultivos y las superficies sembradas con cada cultivo dependen de las provisiones de agua existentes, lo cual hace que en el VBEP influya mucho el agua disponible.

Se calcularon dos valores del VBEP en cada distrito: el valor bruto estandarizado de la producción generado por la agricultura de riego y el generado por toda la superficie irrigable. Los datos usados se tomaron de dos informes anuales diferentes suministrados por cada Oficina del Distrito de Riego: el *Informe de distribución de aguas* y el *Informe de producción agrícola*. El primer documento detalla la superficie de los principales cultivos irrigados y los volúmenes suministrados. El *Informe de producción agrícola* proporciona datos estadísticos sobre las superficies de todos los cultivos sembrados y cosechados durante el año agrícola, junto con sus rendimientos y precios reales de campo. El VBEP obtenido con riego muestra la contribución de la agricultura de riego en el distrito y el VBEP de la superficie total muestra los ingresos generados por la agricultura de riego y la de temporal en cada distrito. El VBEP total se vuelve importante en los años de precipitación elevada, cuando se suministran cantidades limitadas de agua para riego pero se siembran superficies extensas, como en los años agrícolas de 1990-1991 y 1991-1992.

Se identificaron en cada distrito siete cultivos principales, que ocupaban el 95-97% de la superficie sembrada. En ambos distritos, el maíz, el sorgo, el algodón, el trigo, los frijoles y los pastizales estaban entre los cultivos principales. Además, se incluyeron la oca en el patrón de cultivo del Distrito 025 y la soya en el Distrito 026. Se seleccionó el maíz como cultivo de referencia en ambos distritos; se convirtieron los rendimientos de todos los otros cultivos a un rendimiento equivalente de maíz y se calculó el valor bruto estandarizado de la producción en pesos nuevos mexicanos para cada año desde 1982-1983 a 1995-1996. Se convirtieron los pesos nuevos a un peso estándar de julio de 1994 usando un índice de inflación, y luego a dólares estadounidenses de 1994 usando el tipo de cambio de 3.5 pesos por dólar.

En los Distritos 025 y 026 tradicionalmente se siembra y se riega durante dos ciclos cada año. El ciclo principal es de diciembre-enero a mayo-junio, y el segundo se extiende desde agosto a diciembre. Antes del comienzo de la sequía en 1994, la intensidad de riego era en promedio de 1.15 en el Distrito 025 y de 1.09 en el Distrito 026. Se calcularon los valores brutos de la producción para cada ciclo y luego se los sumó para determinar el VBEP anual total para el distrito.

## **2. Indicadores basados en la superficie**

Se usaron el VBEP total y el VBEP con riego para calcular los indicadores de la producción/unidad de superficie y la producción/unidad de comando, comparando la superficie total sembrada con el VBEP total y la superficie regada con el VBEP con riego.

Como en ambos distritos tradicionalmente se sembraba y regaba durante dos ciclos cada año, las superficies sembradas total y regada usadas en el cálculo de la producción/unidad de superficie son la suma de las superficies sembradas en cada ciclo y por lo general son equivalentes o superiores a las superficies de comando de los sistemas.

## **3. Indicadores basados en el agua**

Comúnmente se evalúan dos indicadores del desempeño relacionados con la producción por unidad de agua: el VBEP por unidad de agua suministrada y el VBEP por unidad de agua consumida. El segundo de los dos indicadores, considerado conjuntamente con el VBEP/m<sup>3</sup> suministrado, permite comparar el volumen total del agua suministrada con el valor del agua realmente consumida después de la evapotranspiración y las pérdidas de diversos tipos.

Los Distritos 025 y 026 fueron diseñados para captar la mayor parte del agua de drenaje y canalizarla hacia el Golfo de México, en lugar de devolverla a los ríos para ser utilizada aguas abajo, y, por lo tanto, esencialmente no hay reciclaje del agua. Además, estos son sistemas de riego deficitarios y hay años en que la disponibilidad relativa de agua es inferior a 1, lo cual indica que la combinación de la precipitación y los riegos suministrados son inferiores a la demanda de agua de los cultivos. Por consiguiente, se puede considerar agotado todo el volumen suministrado. Con el fin de distinguir el uso benéfico del agotamiento total, se calculó la evapotranspiración real (ET<sub>r</sub>) usando el paquete de simulación del riego CROPWAT, elaborado por la FAO. Este programa calcula la E<sub>r</sub> sobre la base de la demanda de agua de los cultivos, la precipitación y los riegos suministrados. Se usó la evapotranspiración real para calcular el VBEP anual/m<sup>3</sup> consumido.

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

Se empleó el VBEP con riego para calcular el indicador del VBEP/m<sup>3</sup> suministrado. Los volúmenes de riego usados son los aforados en las tomas de los canales principales que alimentan a los laterales en cada módulo. Son volúmenes netos en los laterales, pero no reflejan las pérdidas en el transporte desde las tomas a las parcelas individuales.

Se calcularon la disponibilidad relativa de agua y la disponibilidad relativa de riego de la principal temporada de riego, de diciembre a junio. Se calculan la disponibilidad relativa de agua y la de riego usando las demandas de agua de los cultivos derivadas del CROPWAT. Los datos sobre el clima de una estación experimental agrícola local (temperatura, velocidad del viento, humedad y horas de luz solar) se usaron para calcular la evapotranspiración potencial de cada uno de los siete cultivos principales, usando el método de Penman-Montieth. Se calculó la ET potencial de cada cultivo en ambos ciclos de cultivo. Se proporcionaron al programa datos sobre la precipitación mensual en cada uno de los 14 años del análisis con el fin de calcular la demanda estacional de riego.

#### **4. Rendimiento bruto de la inversión**

Se utilizó un valor de 8,000 dólares/ha de comando para reflejar el costo actual de construcción nueva, como lo recomienda la CNA (1996), que fuera usado por Kloezen y Garcés (1997). El área de comando del Distrito 025 es de 202,548 ha y la del Distrito 026 es de 76,860 ha.

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El análisis de los indicadores del desempeño se basa en los valores medios en 14 años y su comparación con un promedio del desempeño en dos años de sequía. Los distritos han sufrido cambios marcados en cuanto a la disponibilidad de agua durante el período estudiado. Las transferencias de agua desde el Distrito 025 al Distrito 026 casi se sextuplicaron en 1990. A fines de 1993 se cerró una presa de almacenamiento que intercepta el río principal que abastece al Distrito 026. A fines de 1994 comenzó la escasez extrema del agua, al iniciarse una sequía regional.

Los Cuadros 1 y 2 proporcionan los valores de los indicadores del desempeño calculados, así como datos complementarios tales como las superficies total y regada, los volúmenes suministrados y las demandas de agua de los cultivos.

### 1. Disponibilidad relativa de agua y disponibilidad relativa de riego

La disponibilidad relativa de agua (DRA) es la razón entre el volumen total de agua suministrada a un área, tanto por la precipitación como por el riego, y la demanda de agua de los cultivos. Indica el grado en que ha sido satisfecha la demanda de agua de un cultivo. Cuando la DRA está por debajo de 1, el sistema funciona con una deficiencia de agua.<sup>2</sup> La DRA es una variable versátil, que puede caracterizar el desempeño anterior u orientar la planificación futura. Las comparaciones de la DRA en distintas áreas del mismo sistema pueden revelar diferencias en cuanto a la equidad del servicio. También puede indicar el grado de control interno que se esperaría encontrar en diversos niveles de un sistema de riego.

La disponibilidad relativa de riego (DRR) es la razón entre el agua del riego suministrada y la demanda de riego de un área dada. La demanda de riego es la diferencia entre la demanda de agua del cultivo y la precipitación efectiva. La DRR indica el grado en que el riego suministrado satisface la demanda de riego de un determinado sistemas de cultivo. Cuando la DRR está por debajo de 1, el sistema está operando en condiciones de riego deficitario, como se muestra en la figura 2

### **Cuadro 1. Valores de los indicadores del desempeño, Distrito 025**

---

<sup>2</sup> En este caso, una DRA inferior a 1.0 indica una deficiencia importante ya que los datos del suministro corresponden a la toma del módulo y la "demanda" no incluye pérdidas internas en el módulo, como las del transporte, la aplicación y pérdidas administrativas asociadas con el manejo del sistema.

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

Año	VBEP (1994 US\$)		VBEP/ha Sembrada		VBEP/ha Regable		VBEP-Reg/m3 Suministrado	VBEP-Reg/m3 Consumido
	Area Total	Area Regada	Total	Regada	Total	Regada	US\$/ 1,000 m3	US\$/1000m3
82-83	149,783,485	142268145	622	653	739	702	122	137
83-84	218,779,271	213555539	906	947	1080	1054	196	286
84-85	202,259,267	181298317	869	1019	999	895	211	327
85-86	169,723,405	159879428	784	795	838	789	165	199
86-87	125,287,083	108576222	556	601	619	536	125	155
87-88	190,478,819	183904228	795	846	940	908	142	170
88-89	141,397,540	129946953	571	599	698	642	101	146
89-90	164,274,115	158951615	715	756	811	785	187	234
90-91	185,802,444	174505293	853	863	917	862	223	241
91-92	113,349,012	65140810	493	990	560	322	336	275
92-93	189,962,321	189691397	754	757	938	937	244	194
93-94	170,264,108	169409380	742	745	841	836	197	193
94-95	101,603,747	101593815	523	523	502	502	143	174
95-96	61,225,428	60279764	672	680	302	298	330	272
<b>Promedio</b>								
14-Años	156,013,575	145,642,922	704	770	770	719	194	214
Años de Sequía	81,414,587	80,936,789	597	602	402	400	236	223
<b>Coficiente de Variación</b>	0.28	0.32	0.19	0.20	0.28	0.32	0.37	0.27

(continuación del cuadro 1)

Año	DRA	DRR	Demanda de Agua mm	Areas Sembradas		Volumen Entregado 1000 m3	Lámina Entregado (mm)	Rendimiento s Equivalentes T maize/ha
	(razón) Ciclo Principal	(razón) Ciclo Principal		Total ha	Regadas ha			
82-83	1.5	1.5	584	240894	217890	1162929	574	2.3
83-84	1.4	1.0	591	241504	225596	1087991	537	3.1
84-85	1.3	0.9	594	232676	177859	857457	423	3.1
85-86	1.5	1.2	592	216393	201077	969389	479	3.0
86-87	1.3	1.1	581	225393	180556	870462	430	2.3
87-88	1.8	1.4	587	239683	217267	1294219	639	3.7
88-89	1.0	0.8	494	247739	216985	1288072	636	2.7
89-90	0.6	0.4	509	229887	210308	849175	419	2.8
90-91	0.8	0.6	591	217712	202105	783223	387	3.4
91-92	0.7	0.3	475	230136	65817	193728	96	3.1
92-93	0.7	0.2	483	252056	250583	776286	383	3.4
93-94	0.6	0.2	479	229602	227464	862074	426	4.0
94-95	0.3	0.2	489	194328	194226	711908	351	3.2
95-96	0.5	0.4	560	91106	88582	182632	90	2.6
<b>Promedio</b>								
14-Años	1.0	0.7	543	220651	191165	849253	419	3.0
Años de Sequía	0.4	0.3	525	142717	141404	447270	221	2.9
<b>Coefficiente De Variación</b>	0.45	0.64	0.09	0.18	0.27	0.40	0.40	0.16

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

**Cuadro 2. Valores de los indicadores del desempeño, Distrito 026**

Año	VBEP (1994 US\$)		VBEP/ha Sembrada		VBEP/ha Regable		VBEP-Reg/m3 Suministrado	VBEP-Reg/m3 Consumido
	Area Total	Area Regada	Total	Regada	Total	Regada	US\$/ 1,000 m3	US\$/1000m3
82-83	53,756,576	52,767,326	591	598	699	687	101	161
83-84	61,962,992	60,865,948	738	746	806	792	127	208
84-85	67,244,321	65,302,095	794	797	875	850	184	158
85-86	67,529,640	67,242,527	853	856	879	875	125	188
86-87	53,810,615	48,998,273	673	695	700	638	176	159
87-88	66,663,367	65,383,226	809	817	867	851	136	185
88-89	44,124,916	43,894,208	502	503	574	571	73	131
89-90	81,294,488	79,033,889	910	922	1058	1028	123	223
90-91	54,444,548	48,677,856	701	752	708	633	110	177
91-92	53,151,724	43,114,918	644	796	692	561	134	184
92-93	56,267,004	55,594,190	650	654	732	723	93	113
93-94	68,295,865	66,506,116	845	869	889	865	127	243
94-95	29,583,354	24,406,381	351	430	385	318	70	147
95-96	47,462,358	44,027,828	684	758	618	573	205	178
<b>Promedio</b> 14-Años	57,542,269	54,701,056	696	728	749	712	127	175
Años de Sequía	38,522,856	34,217,105	517	594	501	445	138	163
<b>Coefficiente de Variación</b>	0.22	0.25	0.21	0.19	0.22	0.25	0.31	0.20

E. Rymshaw

(continuación cuadro 2)

Año	DRA (razón)	DRR (razón)	Demanda de Agua mm	Areas Sembradas		Volumen Entregado		Rendimientos Equivalentes T maize/ha
	Ciclo Principal	Ciclo Principal		Total ha	Regadas ha	1000 m3	Lámina (mm)	
82-83	1.6	1.3	587	90889	88247	524345	682	2.3
83-84	1.2	1.2	604	83907	81564	479782	624	2.8
84-85	1.4	1.2	597	84739	81887	354335	461	2.8
85-86	1.6	1.7	617	79135	78581	538964	701	3.2
86-87	1.4	1.1	611	79965	70524	279068	363	2.6
87-88	1.3	1.3	600	82439	80021	479959	624	3.6
88-89	1.5	1.4	590	87922	87307	599798	780	2.1
89-90	1.5	1.5	608	89313	85764	643064	837	3.1
90-91	1.7	1.7	646	77678	64693	442187	575	2.9
91-92	1.6	1.7	591	82498	54188	322678	420	3.3
92-93	1.9	2.1	604	86539	84963	597404	777	3.1
93-94	1.4	1.4	619	80847	76493	525239	683	4.7
94-95	1.2	1.1	656	84243	56701	346914	451	2.5
95-96	0.8	0.6	571	69434	58116	214691	279	2.6
<b>Promedio</b> 14-Años	1.4	1.4	607	#####	74,932	453,459	590	3.0
Años de Sequia	1.0	0.8	614	#####	57,409	280,803	365	2.6
<b>Coefficiente de Variación</b>	0.19	0.26	0.04	0.07	0.16	0.29	0.29	0.21

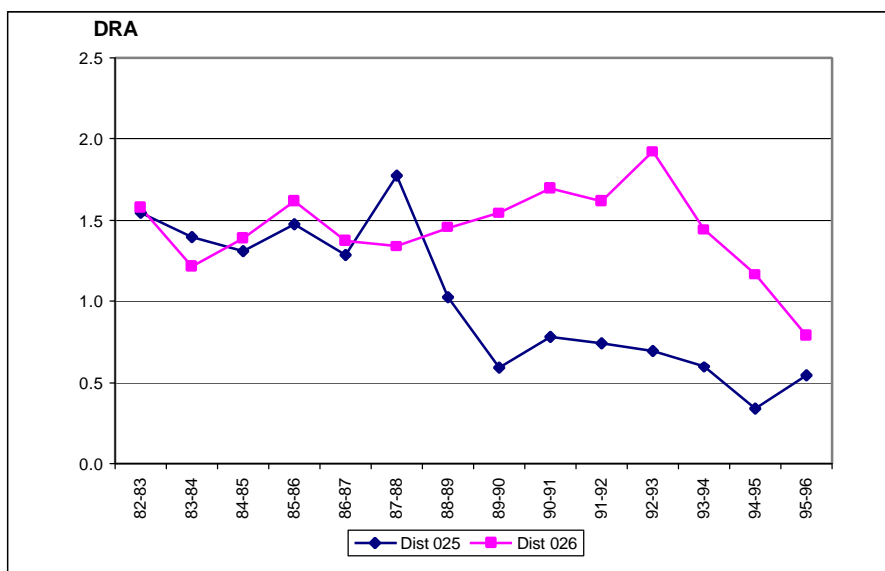
Cuando se las presenta en series cronológicas, la DRA y la DRR revelan la forma en que se ha manejado el agua en una determinada área. Ambos indicadores son en cierta medida dependientes de la disponibilidad de agua, dependencia que se vuelve más crítica durante las épocas de escasez de agua; no obstante, no son necesariamente indicadores de la disponibilidad de agua sino, más bien, de la disponibilidad de agua para el cultivo en relación con su necesidad. Hay una serie de estrategias que puede aplicar un sistema que afronta una disponibilidad limitada de agua, por ejemplo, las reducciones de las superficies servidas y/o cambios a cultivos más tolerantes a la sequía. Ambas estrategias podrían mantener la DRA por encima de 1.0. Sin embargo, se esperaría ver condiciones de extrema escasez de agua reflejadas en estos indicadores.

Durante el período de 14 años del análisis, las entregas de agua al Distrito 025 sufrieron una modificación abrupta. Desde 1982 a 1989 se suministraban en promedio 1,073.79 MM<sup>3</sup> y, desde 1990 a 1996, ese promedio cayó a 622.72 MM<sup>3</sup>. Estas tendencias en la distribución del agua se originan en parte en la política de la CNA de transferir al Distrito 026 bloques de agua inicialmente consignados al Distrito 025. Desde 1983 a 1989 el volumen medio transferido fue de 26.6 MM<sup>3</sup>, con dos años no usuales en que se transfirieron 135 MM<sup>3</sup> y 150 MM<sup>3</sup>. Desde 1990 a 1995, el promedio subió a 160 MM<sup>3</sup>. Estos volúmenes llegaron a 208 MM<sup>3</sup> en el año agrícola de 1992-1993, cantidad suficiente para regar otras 28,000 ha de maíz. El Distrito 025 no recibe ningún agua adicional para compensar la redistribución de esos volúmenes y no hubo una remuneración económica.

El promedio en 14 años de los valores de la DRA muestra que el Distrito 025 opera a un 40% menor que Distrito 026 (Cuadro 3, Figura 6). La DRR en el Distrito 025 es en promedio un 44% menor que la del Distrito 026 (Figura 7). Los valores medios de la DRA a largo plazo variaron entre 1.8 y 0.3 en el Distrito 025, y entre 1.9 y 0.8 en el Distrito 026. La DRR fluctuó entre 1.5 y 0.2 en el Distrito 025, y entre 2.1 y 0.6 en el Distrito 026.

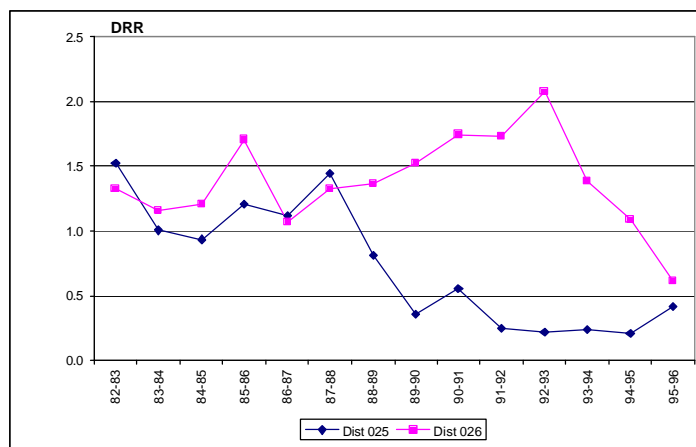
**Cuadro 3. Disponibilidades Relativas de Agua y de Riego.**

	DRA		DRR	
	Prom. en 14 Años	Años de Sequía	Prom. en 14 Años	Años de Sequía
<b>Distrito 025</b>	1,0	0,4 (-60%)	0,7	0,3 (-57%)
<b>Distrito 026</b>	1,4	1,0 (-29%)	1,4	0,8 (-43%)

**Figura 6. Disponibilidad Relativa del Agua**

Un exámen de la política antes y después de la transferencia del agua en 1989 revela que, durante los cinco años anteriores a la actual sequía (1990 a 1994), el Distrito 026 tenía en promedio una DRA de 1.6, mientras que el Distrito 025 estaba operando con una DRA de 0.7 en las tomas de los canales secundarios. La DRR sigue el mismo patrón (Cuadro 4).

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México



**Figura 7. Disponibilidad Relativa de Riego**

**Cuadro 4. Antecedentes de la DRA y la DRR**

	DRA				DRR			
	1983-89	1990-94	1990-96	1994-96	1983-89	1990-94	1990-96	1994-96
D.R. 025	1.4	0.7	0.6	0.4	1.1	0.3	0.3	0.3
D.R. 026	1.4	1.6	1.4	1.1	1.3	1.7	1.4	1.0

De este modo, desde 1990 la DRA en el Distrito 025 ha promediado 0.6 y la DRR es de 0.3, mientras que el Distrito 026 está operando con una DRA media de 1.4 y una DRR de 1.4. La práctica de aplicaciones más altas en el Distrito 026 puede obedecer en parte a la menor capacidad de retención del agua de sus suelos arenosos. El coeficiente de variación de las series cronológicas de la DRA en el Distrito 026 es de 19% en 14 años y de 12% en los años anteriores a la sequía. En el Distrito 025 este coeficiente es de 45% en las series cronológicas de 14 años. Sin embargo, desde 1983 a 1989, antes del aumento de las transferencias de agua al distrito vecino, el coeficiente era de 17% y, desde 1990 a 1994, antes del comienzo de la sequía, era de 12%. El coeficiente de variación más bajo en el Distrito 026 sugiere una política para

E. Rymshaw

mantener entregas estables de agua. Esto también se refleja en la práctica de reducir las superficies regadas a un mínimo en épocas de escasez de agua y proporcionar múltiples riegos.

Al comienzo de la sequía, ambos distritos adoptaron la política de reducir las superficies que recibirían riego en los predios individuales, con el fin de continuar proporcionando agua a todos los usuarios. A pesar de esta política de reducción de la superficie, no se suministraron a los usuarios volúmenes suficientes para satisfacer la demanda de agua de los cultivos. Los valores medios en los dos años de sequía muestran que el Distrito 026 continúa corriendo mejor suerte, con una reducción de 21% en la DRA y un aumento de 29% en la DRR. La DRA en el Distrito 025 se redujo en 60% y la DRR, en 57%.

Si bien la escasez de agua ha afectado los VBEP de los distritos al reducir las superficies sembradas (Cuadro 5), parece que operar con una DRA de 1 o menos ha tenido relativamente pocos efectos sobre los rendimientos equivalentes medios en el Distrito 025 (Cuadro 1). Los rendimientos equivalentes medios en 14 años son de 3.0 t/ha, con una DRA media de 1.2. Durante los años de sequía, la DRA bajó a la mitad, pero los rendimientos medios sólo disminuyeron un 3%, a 2.9 t/ha.

**Cuadro 5. Valor Bruto Estandarizado de la Producción**

Dólares de 1994	Distrito 025		Distrito 026	
	Area Total VBEP	Regada VBEP	Area Total VBEP	Regada VBEP
Promedio en 14 años	156.013.575	145.642.922	57.542.269	54.701.056
Promedio en los años de sequía	81.414.587	80.936.789	38.522.856	34.217.105
% de Cambio	-48	-44	-33	-37

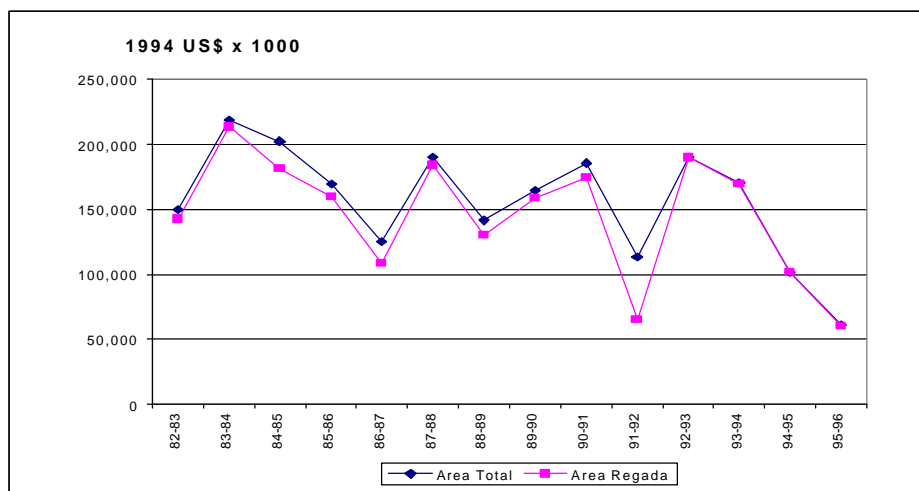
Con disponibilidades relativas de agua de la magnitud observada en estos distritos, se podría esperar encontrar antecedentes de controles estrictos de la distribución del agua y una fuerte presencia administrativa en los campos durante la temporada de

riego. No obstante, tanto los usuarios del agua como los administradores de la zona informan lo contrario. Durante los años anteriores y posteriores a la transferencia, antes de la sequía, hubo poco control de la distribución y la aplicación del agua en los laterales y en las parcelas. Sólo a partir de la sequía los administradores de los módulos y los distritos han establecido un estricto régimen de vigilancia y control de la distribución, acompañados de multas por exceso de agua en la cola y encharcamiento.

## 2. Valor bruto estandarizado de la producción

Se calculó el valor bruto estandarizado de la producción (VBEP) de la superficie total cultivada y de la superficie regada en cada distrito; los valores obtenidos se designan como VBEP total y VBEP con riego, respectivamente. El VBEP muestra la contribución de la agricultura a la economía local y se usa en el cálculo de cinco indicadores evaluados en este estudio.

El promedio en 14 años de las superficies total sembrada y regada se comparó con el promedio de los dos años de sequía para los cuales se disponía de datos. Dentro de cada distrito, ambos VBEP se redujeron aproximadamente en la misma cantidad durante los años de sequía, si bien el Distrito 025 sufrió una pérdida mayor que la del



Distrito 026 (Cuadro 5, y Figuras 8 y 9 ).

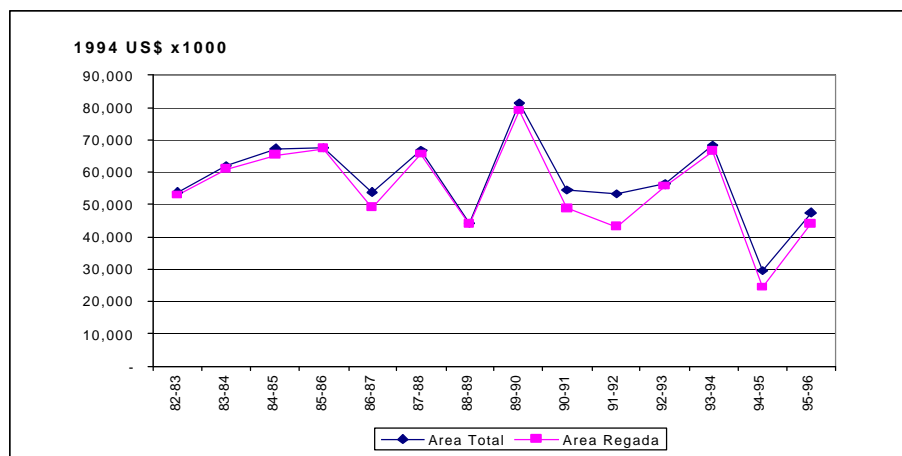
Un exámen de los cuatro componentes del VBEP, el patrón de cultivos, la superficie sembrada, los rendimientos y los precios, puede explicar estas diferencias en el desempeño durante la sequía. Los patrones de cultivos en los 12 años anteriores a la

E. Rymshaw

actual sequía muestran que el Distrito 025 sistemáticamente dividió el 95% de su superficie sembrada total por partes iguales entre el maíz y el sorgo durante nueve de esos años (Figura 10). En el mismo período, el 80% de la superficie cultivada en el Distrito 026 fue sembrada con maíz. Para el segundo año de sequía, el maíz fue casi eliminado del patrón de cultivos y alrededor del 88% de las superficies cultivadas de ambos distritos estaban sembradas con sorgo.

La decisión de sembrar uno u otro de los dos cultivos tradicionales no fue influida por la disponibilidad de agua en los años sin sequía, sino por las metas de producción de granos establecidas a nivel central y por consideraciones fitosanitarias. Sin embargo, las restricciones de agua durante la sequía han provocado un cambio sustancial desde el maíz al sorgo. Es muy pequeña la introducción de cultivos de más alto valor, como las hortalizas o los melones, aun durante los años de disponibilidad normal, porque los suministros de riego están limitados a cinco por temporada, que no satisfarían los riegos más frecuentes que requieren las hortalizas.

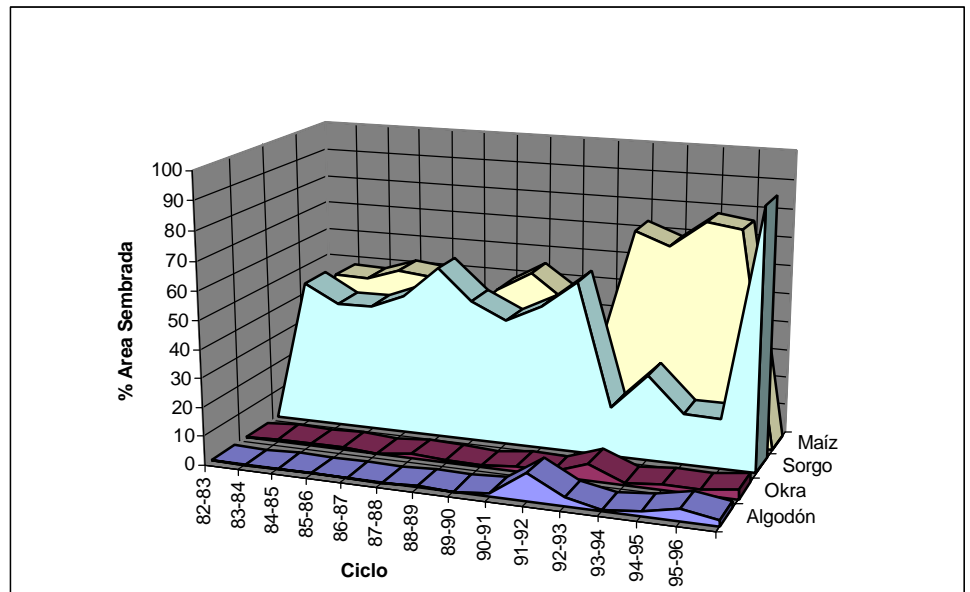
**Figura 8. VBEP del Area Total y del Area Regada, Distrito 025**



**Figura 9. VBEP del Area Total y del Area Regada, Distrito 026**

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

La superficie cultivada es otro componente del VBEP. En el Distrito 026, durante los años de sequía la superficie cultivada total se mantuvo en un promedio de 94% del promedio en 14 años, mientras que en el Distrito 025 el porcentaje fue de sólo 65%. (Las superficies regadas se redujeron en 27% en el Distrito 025 y en 23% en el Distrito 026). El Distrito 026 pudo mantener proporcionalmente más superficie de cultivos de temporal que su vecino. Este cambio a la agricultura de temporal es confirmado por otros datos. Por ejemplo, durante el año agrícola de 1995-1996, el Distrito 026 regó el 76% del área de comando y sembró el 90%, a pesar de la escasez de agua. Por otra parte, el Distrito 025 regó sólo el 42% del área de comando. Además, el VBEP de la superficie cultivada total en el Distrito 026 se redujo menos que el VBEP de la superficie regada, lo cual indica los aportes adicionales de la producción sin riego.



**Figura 10. Patrón de cultivos, Distrito 025**

Los rendimientos y los precios de los productos también se usan en el cálculo del VBEP (Cuadro 6). Los rendimientos de maíz por lo general son más altos en el Distrito 025, pero disminuyeron algo en ambos distritos durante la sequía. Los rendimientos del sorgo permanecieron bastante estables. Los precios del maíz también se redujeron en ambas zonas. Si bien los precios del sorgo aumentaron en el Distrito 025 durante la sequía, el incremento no fue suficiente para contrarrestar la

severa reducción de la superficie sembrada.

**Cuadro 6. Rendimientos Medios y Precios Reales de Campo**

Dólares de 1994	Distrito 025		Distrito 026	
	Prom. en 14 Años	Años de Sequía	Prom. en 14 Años	Años de Sequía
Rendimiento de Maíz (t/ha)	3.5	2.9	2.9	2.4
Precios de Maíz (Dlts. 1994/ton)	249	221	251	215
Rendimiento del Sorgo (t/ha)	3.1	2.9	3.1	3.1
Precio del Sorgo (Dlts.1994/ton)	173	176	162	153

En las secciones siguientes se podrá ver que la disponibilidad de agua es el factor crítico en las decisiones vinculadas con la selección de los cultivos. Las reducciones de los volúmenes en el Distrito 025 durante la sequía son proporcionalmente más grandes que en el Distrito 026 (Figuras 11 y 12). Los volúmenes recibidos en los dos últimos años de sequía en el Distrito 025 equivalen al 53% del promedio en 14 años, mientras que el Distrito 026 ha recibido el 62% del promedio en ese período.

La escasez de agua no sólo ha limitado la superficie a la que se le suministrará el riego sino también ha restringido la selección de cultivos casi exclusivamente al sorgo, con su menor demanda de agua y su menor precio real del campo.

Las disminuciones del VBEP durante los años de sequía pueden ser atribuidas a la limitada disponibilidad de agua, que provoca la reducción de las superficies sembradas y menos riegos, que conducen a un cambio a sorgo, un cultivo de menor valor, y a rendimientos más bajos. Los distintos grados de disminución en cada distrito reflejan la reducción relativa de la disponibilidad de agua, que influye en las variaciones de la superficie total cultivada y en el cambio a la agricultura de temporal.

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

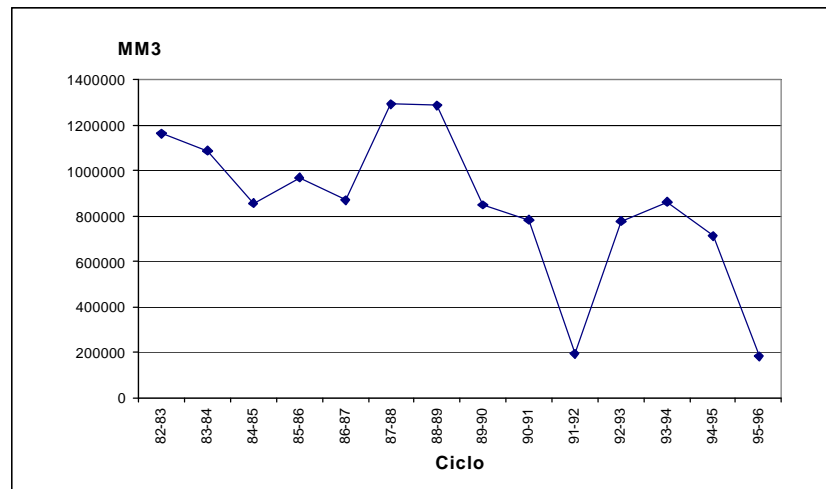


Figura 11. Volúmenes entregados, Distrito 025

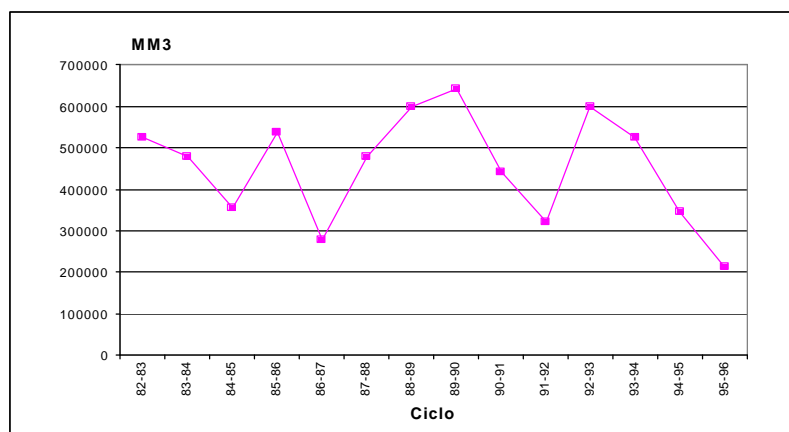


Figura 12. Volúmenes entregados, Distrito 026

### 3. Producción por unidad de superficie

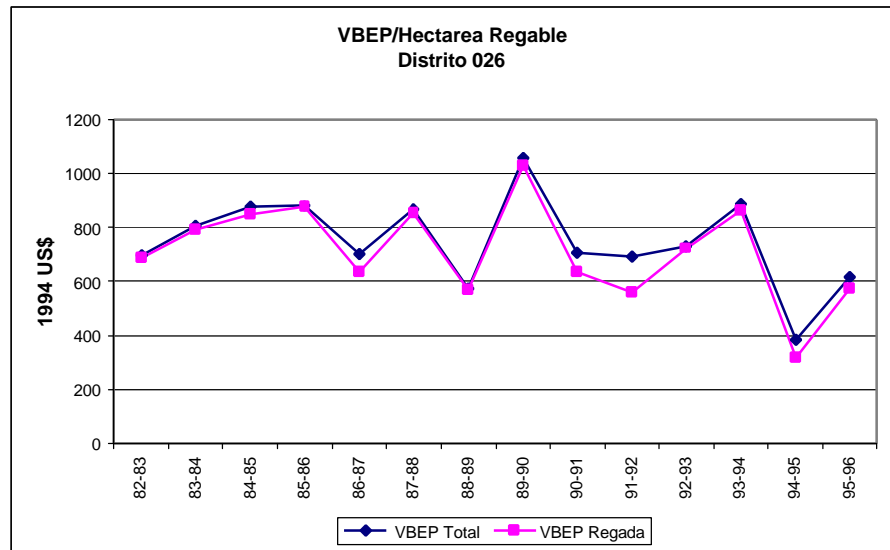
Se usan dos indicadores para describir el desempeño de un sistema en términos de su producción por unidad de superficie. Estos indicadores comparan el valor bruto estandarizado de la producción con la superficie sembrada y con el área total de comando. Las utilidades totales por unidad de superficie se calcularon comparando el VBEP total con la superficie sembrada total, y el VBEP con riego con la superficie regada. Los indicadores del VBEP/ha regable, o de comando, son proporcionales a los VBEP, ya que el área de comando permanece constante en el tiempo (Figuras 13 y 14).



**Figura 13. VBEP por hectárea regable, Distrito 025**

Ambos distritos muestran casi el mismo VBEP/ha medio a largo plazo cuando se considera la superficie sembrada total. El Distrito 025 muestra un VBEP/ha regada ligeramente más alto (Cuadro 7, Figuras 15 y 16). El comportamiento de este indicador depende de los patrones de cultivo, los rendimientos y los precios. Si bien los cultivos principales en ambos distritos son el maíz y el sorgo, más del 95% de la superficie sembrada en el Distrito 025 estaba dividida entre los dos, mientras que un promedio de 80% de la superficie cultivada en el Distrito 026 estaba sembrada con maíz en el período de 12 años entre 1983 y 1994, antes de la actual sequía. Sin embargo, los rendimientos del maíz y los precios del sorgo en el Distrito 025 eran

más altos que en Distrito 026 (Cuadro 6) y estas diferencias dieron como resultado mayores utilidades de la superficie regada en el Distrito 025. Los rendimientos más altos pueden haber sido consecuencia de los mejores suelos en el Distrito 025 y de las precipitaciones más oportunas.



**Figura 14. VBEP por hectárea regable, Distrito 026**

La comparación de los promedios en 14 años con el primer año de sequía revela bruscas declinaciones en ambos distritos en las dos categorías de superficies (Cuadro 7); el Distrito 026 corrió peor suerte que su vecino. Estas declinaciones reflejan el carácter súbito del comienzo de la escasez de agua y la incapacidad de los distritos de modificar la planificación de la distribución del agua cuando ya estaba iniciada la temporada. No obstante, la tendencia se revierte durante el segundo año de sequía. El Distrito 026 pudo recuperar sus utilidades en la superficie total casi por completo y mostró una mejora del 4% con respecto al promedio en 14 años en la superficie regada. El Distrito 025 también mejoró sus utilidades por unidad de superficie en comparación con el primer año de sequía, pero sigue por debajo de los promedios en 14 años en ambas categorías de superficies. En el ciclo agrícola 1996-97 el Distrito 025 volvió a mejorar las utilidades por unidad de superficie lo que demuestra una capacidad creciente de optimizar el uso del recurso tierra a medida que continúa la sequía.

**Cuadro 7. Producción por Unidad de Superficie**

Dólares de 1994/ha	Distrito 025		Distrito 026	
	Superficie Total	Superficie Regada	Superficie Total	Superficie Regada
<i>VBEP/ha sembrada</i>				
Prom. de 14 Años	704	770	696	728
1994 - 1995	523 (-26%)	523 (-32%)	351 (-50%)	430 (-41%)
1995 - 1996	672 (-5%)	680 (-12%)	684 (-2%)	758 (+4%)
1996 - 1997	441 (-37%)	761 (-1%)	N/D	N/D
<i>VBEP/ha regable</i>				
Prom. de 14 Años	770		749	
1994 - 1995	502 (-35%)		385 (-49%)	
1995 - 1996	302 (-61%)		618 (-17%)	
1996 - 1997	402 (-45%)		N/D	

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

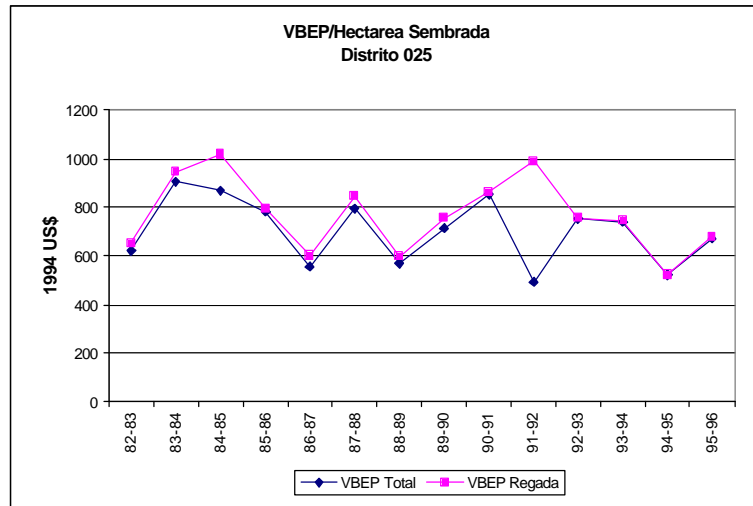


Figura 15. VBEP por hectárea sembrada, Distrito 025

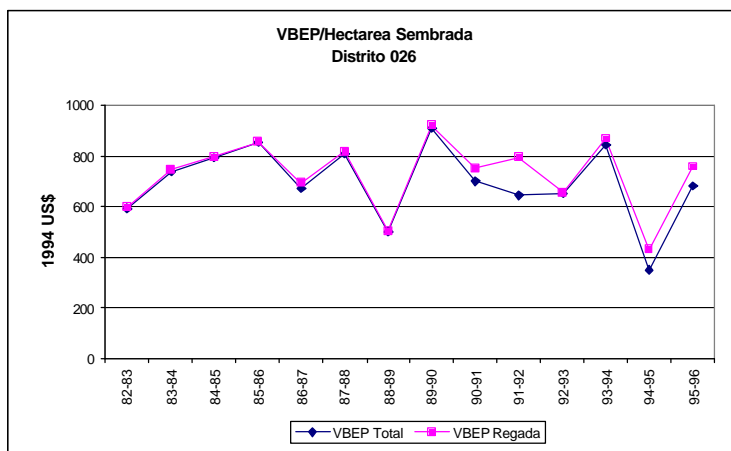


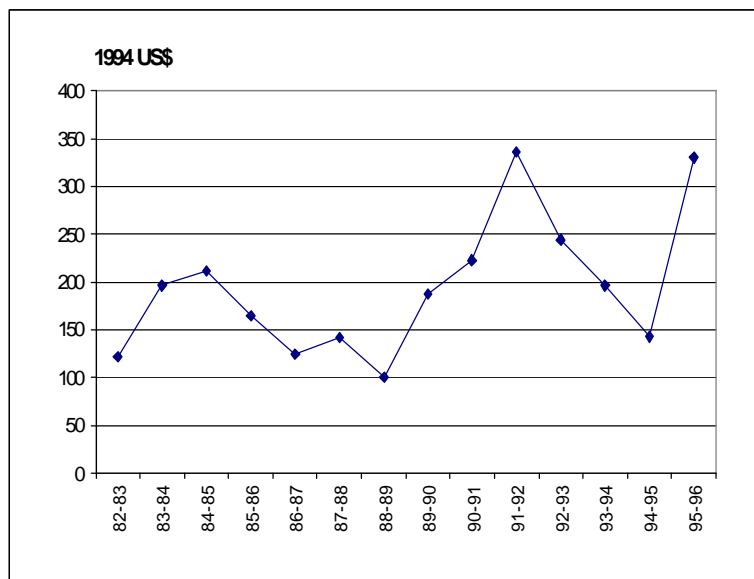
Figura 16. VBEP por hectárea sembrada, Distrito 025

Si bien en ambos distritos se han revertido las declinaciones de las utilidades medias por unidad de superficie en las condiciones actuales de severa escasez de agua, el Distrito 026 corrió mejor suerte que su vecino. Esto es particularmente significativo

porque la escasez de agua en este distrito se relaciona no sólo con la sequía, un fenómeno cíclico, sino también con la construcción de una presa de almacenamiento aguas arriba del embalse del distrito. El Distrito 026 recibe proporcionalmente más agua que el Distrito 025, como se verá en los valores de los indicadores de la DRA y la DRR.

#### 4. Producción por unidad de agua

El valor bruto estandarizado de la producción generado por la agricultura de riego fue comparado con los volúmenes de agua suministrada en el transcurso del tiempo (VBEP con riego/1,000 m<sup>3</sup>) (Figuras 17 y 18). Los riegos suministrados en los dos distritos dependen de la demanda y la disponibilidad. En los años de precipitaciones abundantes y oportunas, la demanda de agua para riego es limitada y son poco frecuentes las entregas. En épocas de sequía, las entregas también son limitadas a pesar de la gran demanda.

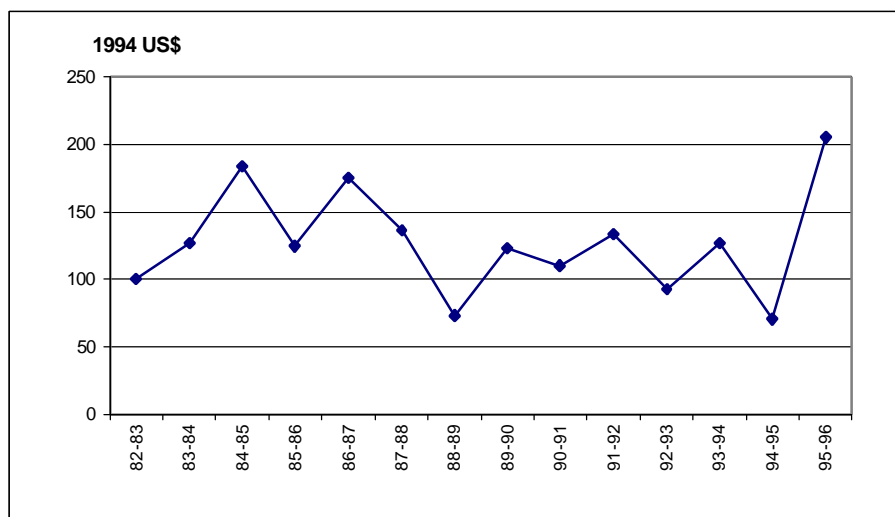


**Figura 17. VBEP del área regada cada 1000 m<sup>3</sup> de agua suministrada, Distrito 025**

El VBEP/1,000 m<sup>3</sup> medio en 14 años muestra que el Distrito 025 produjo utilidades por unidad de agua un 34% superiores a la del Distrito 026 (Cuadro 8). Sin embargo, desde 1982 a 1989 el VBEP/1,000 m<sup>3</sup> medio en el Distrito 026 fue de 132 dólares de 1994, y en Distrito 025 de 152 dólares de 1994, una diferencia de 13%. Parece que

#### Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

antes del aumento en la transferencia de agua los dos distritos se desempeñaban en un nivel similar. A pesar de la reducción media de 42% en los volúmenes disponibles después de 1989, el Distrito 025 pudo mantener su VBEP con riego en el 95% de los valores anteriores a 1989, hasta que comenzó la sequía en 1994. En el mismo período, el VBEP en el Distrito 026 permaneció virtualmente igual.



**Figura 18 VBEP del área regada cada 1000 m<sup>3</sup> de agua suministrada, Distrito 026**

Factores tales como los rendimientos y los precios reales de campo más altos de los dos cultivos principales y un cambio a cultivos de mayor valor, como la oca, en las zonas que tienen derechos de bombeo pueden explicar el éxito del Distrito 025 en mantener su VBEP a pesar de la reducción de los volúmenes.

La comparación del primer año de sequía con el promedio de 14 años revela una disminución del 26% de las utilidades del agua suministrada en el Distrito 025, y una disminución del 45% en el Distrito 026. Se observa una notable inversión en el segundo año de sequía, cuando el valor en ambos distritos sobrepasa los promedios de 14 años. Este desempeño claramente refleja la relativa imprevisión de los distritos en el primer año de sequía y la respuesta positiva a ésta en la planificación correspondiente al segundo año. En el tercer año de la sequía, 1996-97, el valor de este indicador sigue siendo superior al promedio de los 14 años, por disminuyó ligeramente en relación al ciclo anterior. Se presentaron una serie de lluvias fuertes y

E. Rymshaw

contínuas al principio de aquel ciclo que ocasionaron daños a los cultivos y rendimientos bajos.

**Cuadro 8. Producción por Unidad de Agua**

Dólares de 1994/1000m <sup>3</sup>	Distrito 025		Distrito 026	
	Agua de Riego Suministrada	Total de Agua Consumida	Agua de Riego Suministrada	Total de Agua Consumida
Lámina (mm)	419		590	
Prom. En 14Años	194	214	127	175
1994 - 1995	143 (-26%)	174	70 (-45%)	147
1995 - 1996	330 (+70%)	272	205 (+39%)	178
1996 - 1997	313 (+61%)	183	N/D	N/D

El VBEP/1,000 m<sup>3</sup> consumidos se basa en la evapotranspiración real (ET<sub>r</sub>), e incluye la precipitación. El VBEP/1,000 m<sup>3</sup> suministrados refleja el valor del agua de riego suministrada, pero no la precipitación. La comparación de los promedios en 14 años de los VBEP/1,000 m<sup>3</sup> consumidos y suministrados muestra una diferencia de 9% en el Distrito 025 y de 27% en el Distrito 026. Estas diferencias indican excedentes relativos en el agua de riego disponible para los cultivos en cada distrito y revela distintas disponibilidades relativas de agua. En el primer año de sequía, las utilidades por el agua consumida disminuyen en ambos distritos, pero, en el segundo año, aumentan un 27% por encima del promedio en el Distrito 025 y vuelven a ser ligeramente superiores al promedio en el Distrito 026. El valor bajó otra vez en el Distrito 025 durante el tercer año de sequía, debido a las lluvias fuertes y el bajo rendimiento que ocasionaron.

##### **5. Rendimiento bruto de la inversión**

Se calculó el rendimiento bruto de la inversión usando un costo de 8,000 dólares/ha para la construcción nueva. Como este indicador es proporcional al VBEP de cada sistema, el valor varía anualmente. El promedio en el Distrito 025 es de 17.5% y en el

Distrito 026 de 17.3%. El rendimiento bruto de la inversión en los años de sequía fue de 9.3% en el Distrito 025 y de 11.5% en el Distrito 026 (Cuadro 9). Estas reducciones reflejan la declinación del VBEP en ambos distritos durante los años de sequía.

**Cuadro 9. Rendimiento Bruto de la Inversión**

%	Prom. En 14 años	Años de Sequía
<b>Distrito 025</b>	17.5	9.3 (-47%)
<b>Distrito 026</b>	17.3	11.5 (-34%)

## **VI. ESTRATEGIAS DE MANEJO Y RESPUESTA A LA SEQUÍA**

Un objetivo de este estudio era usar los indicadores para identificar estrategias de manejo en los dos sistemas de riego y determinar su sostenibilidad en los años de carencia de agua. Tenían particular interés los métodos a largo plazo aplicados en los distritos para optimar las utilidades generadas por los recursos de tierra y agua. La comparación de los indicadores en los años de sequía con los promedios en 14 años permite establecer la capacidad de cada distrito de mantener su grado de desempeño a largo plazo cuando afronta severas restricciones en cuanto a la tierra y el agua.

En los años con disponibilidad normal de agua, en ambos distritos la práctica es distribuir el agua disponible a una superficie tan grande como sea posible. Se proporcionan de cuatro a cinco riegos y las láminas varían un poco de un año a otro con el fin de servir a toda la superficie regable. El manejo de la distribución en esta forma dio como resultado una disponibilidad de agua bastante confiable, como lo demuestran los bajos coeficientes de variación en los valores de la disponibilidad relativa de agua. Durante los años anteriores a la sequía (1989 a 1994) el coeficiente de variación de la DRA fue de 12% en los dos distritos.

Con la continuación de la sequía que se inició a fines de 1994, se tomaron medidas para lograr una distribución equitativa, si bien muy reducida, del agua de riego. A partir del ciclo de cultivo de 1995-1996, se redujo el número de riegos de los usuales cuatro o cinco a uno o dos y se impusieron restricciones a la superficie. Las restricciones de superficie fueron más severas en una zona del Distrito 026 para

E. Rymshaw

poder suministrar dos riegos, con el resultado de satisfacer mejor la demanda de agua de los cultivos.

El ciclo de cultivo de 1994-1995 fue el primero en sufrir escasez de agua. La comparación de los valores de los indicadores para 1994-1995 con los promedios en 14 años revela bruscas disminuciones de las utilidades generadas por la superficie y el agua en ambos distritos (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Utilidades Generadas por la Superficie Regada y el Agua**

	Utilidades por la Superficie Regada				Utilidades por el Agua	
	Distrito 025		Distrito 026		Distrito 025	Distrito 026
	Kg/m <sup>3</sup>	Dlls.1994/ha	Kg/m <sup>3</sup>	Dlls.1994/ha	Dlls.1994/m <sup>3</sup>	Dlls1994/m <sup>3</sup>
Prom. 14 Años	769	770	513	728	194	127
1994 - 1995	862	523	403	430	143	70
1995 - 1996	1239	680	717	758	330	205
1996 - 1997	1643	761	N/D	N/D	313	N/D

Por el contrario, la productividad del agua, expresada en kilogramos equivalentes de maíz producidos por metro cúbico de agua (kg/m<sup>3</sup>) aumentó en el Distrito 025, pero disminuyó en el Distrito 026. Se observa una inversión de las utilidades por la superficie y el agua durante el ciclo de cultivo de 1995-1996. Las utilidades por el agua y la productividad del agua sobrepasaron los promedios en 14 años en ambos distritos, lo mismo que las utilidades por la superficie en el Distrito 026.

Para que esas estrategias de optimización fueran sustentables, tendría que producirse el cambio de los granos tradicionales por cultivos de mayor valor. No obstante, no ha sucedido esto de manera amplia en ninguno de los distritos. A pesar de que existe la infraestructura necesaria para proporcionar entregas más frecuentes, parece que la adhesión al manejo tradicional del sistema ha excluido la experimentación con otros sistemas de suministro. Con la eventual transferencia del manejo de los canales principales a un organismo representativo de los usuarios del agua, tal vez se cree

una calendarización más flexible del suministro.

Durante los años de sequía, se observan marcadas mejoras de las utilidades por el agua y la productividad del agua, y de las utilidades por la superficie en el caso del Distrito 026. ¿Qué implica esto para el agricultor? En general, el manejo de los recursos naturales responde a los intereses de dos grupos definidos de manera vaga: la sociedad en general y los usuarios inmediatos de los recursos. Los intereses de estos dos grupos se traslapan y no son mutuamente excluyentes. Los intereses de la sociedad giran alrededor del incremento de la productividad de la tierra y el agua, y los agricultores se concentran de manera más inmediata en el aumento de los ingresos generados por los recursos que utilizan. Si bien los distritos han experimentado una mejora de las utilidades generadas por los recursos, la producción agrícola de la región ha declinado en términos económicos a causa de las severas restricciones de la superficie. Si se puede mantener después de la sequía el impulso de mejoramiento de la productividad de los recursos, los agricultores de la zona verán un aumento de sus ingresos agrícolas.

## VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. A pesar de las condiciones físicas y climáticas similares, estos dos distritos adyacentes muestran algunas diferencias en cuanto al comportamiento medio a largo plazo.
  - Las utilidades por superficie sembrada (VBEP/ha sembrada): Los dos distritos tienen utilidades similares por la superficie sembrada total, pero el Distrito 025 tiene utilidades medias más altas por la superficie regada.
  - Las utilidades por superficie de comando (VBEP/ha de comando): No hay una diferencia significativa en las utilidades por área de comando entre los dos distritos.
  - Las utilidades por el agua suministrada (VBEP/1,000 m<sup>3</sup> suministrados): La producción por unidad de agua suministrada en el Distrito 025 es un 34% más alta que en Distrito 026.
  - Las utilidades por el agua consumida (VBEP/1,000 m<sup>3</sup> consumidos): La producción por unidad de agua consumida en el Distrito 025 es un 18% más alta que en el Distrito 026.

- En el Distrito 025 la DRA media es un 40% más baja que en el Distrito 026, y la DRR es un 50% más baja.
2. Aparecen modificaciones significativas del desempeño cuando se comparan los años de sequía con los promedios en 14 años. Durante el primer año de sequía, ambos distritos sufrieron marcadas reducciones de las utilidades por la superficie y por el agua. Estas reducciones reflejan el comienzo súbito de la escasez de agua y la incapacidad de los distritos de modificar la planificación de la distribución del agua cuando ya estaba iniciada la temporada. Sin embargo, la tendencia se revierte durante el segundo año de sequía, cuando se aplicaron restricciones a la superficie y se vigiló más estrictamente la distribución del agua.
- El VBEP generado por toda la superficie sembrada del Distrito 025 cayó en un 48%, mientras que en el Distrito 026 se redujo sólo un 33%. El Distrito 026 conservó proporcionalmente más superficie dedicada a los cultivos de temporal que su vecino.
  - Durante el segundo año de sequía, el Distrito 026 pudo recuperar casi por completo sus utilidades por la superficie total, y mostró un aumento del 4% sobre el promedio en 14 años de la superficie regada. El Distrito 025 también incrementó sus utilidades por la superficie en comparación con el primer año de sequía, pero permaneció por debajo de los promedios en 14 años correspondientes a ambas categorías de superficie.
  - Las utilidades por el agua superaron los promedios en 14 años en ambos distritos, así como las utilidades por la superficie en el Distrito 026 durante el segundo año de sequía.
  - Para el segundo año de sequía, la productividad del agua había superado el promedio en 14 años en ambos distritos.
3. Para que las estrategias de aprovechamiento máximo de los recursos sean sustentables, se esperaría ver un cambio de los granos tradicionales a cultivos de más alto valor. No obstante, esto no ha sucedido en forma importante en ninguno de los distritos. Si bien existe la infraestructura para dar cabida a riegos más frecuentes, parece que la adhesión al manejo tradicional en ambos distritos ha impedido la experimentación con otros sistemas de suministro. Con la eventual transferencia del manejo de los canales principales a comités

representativos de los usuarios del agua, tal vez se genere un calendario más flexible de suministro.

4. Si bien éstos son sistemas de riego complementario, la disponibilidad de agua es el factor limitante durante la principal temporada de riego porque la precipitación es muy escasa. Las disponibilidades relativas de agua inferiores a 1.9 en las tomas corroboran esto. Los patrones de disponibilidad y distribución del agua son los factores determinantes de la selección de los cultivos y la superficie que se regará, dos de los cuatro componentes del valor bruto estandarizado de la producción.
5. Durante los años previos y posteriores a la transferencia, antes de la sequía, hubo poco control estrecho de la distribución y la aplicación del agua a lo largo de los laterales y en las parcelas. Desde la sequía, los administradores de los módulos y los distritos han establecido un régimen estricto de vigilancia y control de la distribución, acompañado de multas por el exceso de agua en la cola y el encharcamiento.
6. El manejo de los distritos de riego fue transferido a los usuarios en el Distrito 026 en noviembre de 1992. La presa construida aguas arriba del distrito fue cerrada para el llenado en el otoño de 1993. La TMI en el Distrito 025 se produjo en octubre de 1993 y la sequía comenzó en el invierno de 1994. Los módulos recientemente formados en ambos distritos tuvieron prácticamente un solo año de operación con suministros normales de agua después de la transferencia. Las modificaciones del desempeño no se pueden atribuir fácilmente al proceso de TMI, que ha sido eclipsado por la sequía.
7. Dada la similitud física de los dos distritos, lo anterior no explica por completo las diferencias en el desempeño reveladas por este análisis. La distribución de la tenencia de la tierra en los dos distritos sugiere una explicación adicional. El Distrito 025 tiene casi un 50% más de usuarios ejidatarios que el Distrito 026. ¿Está el acceso restringido a los créditos forzando la tendencia hacia un mayor porcentaje de cultivos de menor valor? Aun en los años de suministro normal de agua, el sorgo representa el 50% de la superficie sembrada. Los pequeños propietarios del Distrito 026 tal vez todavía tengan los medios para invertir en la producción de cultivos de más alto valor. ¿Hay condiciones socioeconómicas que puedan explicar las diferencias en el desempeño?
8. Un calendario más flexible de suministro de riegos tal vez estimule a los

E. Rymshaw

agricultores a producir cultivos de más alto valor, que reforzarían el criterio actual acerca del manejo del agua y la superficie. La transición a un sistema más impulsado por la demanda implicaría un mayor grado de complejidad en la calendarización y la vigilancia del suministro de agua, pero los costos más altos que entrañan las actividades adicionales de manejo serán compensados por el aumento de la productividad del agua y la superficie.

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CNA, Comisión Nacional del Agua, 1996. Requerimientos de Inversión para Incremento de la Productividad en Distritos de Riego. México D.F. México.
- Johnson III, S. 1997. Irrigation Management Transfer in Mexico: A strategy to Achieve Irrigation District Sustainability. Research Report 16. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Jurriens P. L., P.Mollinga, and P. Wester, 1996. Scarcity by Design: Protective Irrigation in India and Pakistan. Liquid Gold Paper 1. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.
- Kloezen, W. and C. Garcés Restrepo, 1997. Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: the Case of the Alto Río Lerma River Irrigation District, México. Research Report 22. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Perry, C., 1996. Quantification and Measurement of a Minimum Set of Indicators of the Performance of Irrigation Systems. Internal Memorandum. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Rymshaw, E. and G. O. Levine (forthcoming). Performance Indicators for Supplemental Irrigation Systems: A Comparison in Two Districts in Northeastern Mexico. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

## ANEXO A. INDICADORES DEL DESEMPEÑO

Indicador	Fórmula	Datos Requeridos
Producción por Unidad de Superficie Sembrada \$/ha	$\frac{\text{Valor Bruto Estandarizado de Producción}}{\text{Area Sembrada}}$	Superficie Sembrada Rendimiento/ha Valor de Cosecha Patron de Cultivos
Producción por Unidad de Superficie Regable \$/ha	$\frac{\text{Valor Bruto Estandarizado de Producción}}{\text{Area Regable}}$	Superficie Sembrada Rendimiento/ha Valor de Cosecha Patron de Cultivos
Producción por Unidad de Agua Suministrada \$/m <sup>3</sup>	$\frac{\text{Valor Bruto Estandarizado de Producción}}{\text{Riego Suministrado}}$	VBEP Volumen Entregado
Producción por Unidad de Agua Consumida \$/m <sup>3</sup>	$\frac{\text{Valor Bruto Estandarizado de Producción}}{\text{Total de Agua Consumida (E Ta, Pérdidas)}}$	VBEP Volumen Entregado Evapotranspiración, Pérdidas
Retorno Bruto a la Inversión %	$\frac{\text{Valor Bruto Estandarizado de Producción}}{\text{Costo del Sistema de Distribución}}$	VBEP Costo original del sistema
Auto-Financiación %	$\frac{\text{Tarifas de Agua}}{\text{Costo de Operación y Mantenimiento}}$	Cuotas de Agua Tarifas Programadas Tarifas Recaudadas Costos de Operación Costos de Administración Costos de Conservación

Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, México

(continuación de Indicadores de Desempeño)

Indicador	Fórmula	Datos Requeridos
Disponibilidad Relativa del Agua (Adimensional)	$\frac{\text{Agua Suministrada (Riego + Lluvia)}}{\text{Demanda de Agua del Cultivo}}$	Volumen Suministrado  Precipitación Patron de Cultivo Fecha de Siembra Demanda de Agua del Cultivo
Disponibilidad Relativa de Riego (Adimensional)	$\frac{\text{Agua de Riego Suministrada}}{\text{Demanda de Riego del Cultivo}}$	Volumen Suministrado  Precipitación Patron de Cultivo Fecha de Siembra Demanda de Agua del Cultivo
Capacidad de Entrega de Agua (Adimensional)	$\frac{\text{Capacidad de Entrega del Sistema}}{\text{Consumo Máximo del Cultivo}}$	Capacidad de Diseño en Punto de Control Area Suministrada en Punto de Control Demanda Máxima



**INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA**

Programa de México

c/o CIMMYT, Lisboa 27 Col.Juarez

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

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

e-mail : cgarces@cimmyt.mx



**INFORME DE  
MÉXICO**



**INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE**

PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka  
el (94-1) 867404. FAX (94-1)866854 .

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

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