View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Repositorio OAI Biblioteca Digital Universidad Nacional de Cuyo

Rev. FCA UNCUYO. 2017. 49(2): 149-168. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

Determinación de indicadores de gestión en los módulos del Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui (Sonora, México)

Determination of management indicators on Irrigation Districts modules 041, Río Yaqui (Sonora, Mexico)

Víctor Manuel Olmedo Vázquez [1, 3], Emilio Camacho Poyato [1], Juan Antonio Rodríguez Díaz [1], José Luis Minjares Lugo [2], María Leticia Hernández Hernández [3]

Originales: *Recepción:* 13/06/2016 - Aceptación: 12/10/2016

Resumen

Se determinaron indicadores de gestión en el uso de agua de riego para módulos en el Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui, ubicado en el sur de Sonora, México; analizado 11 indicadores de rendimiento y ocho indicadores de eficiencia en productividad. Estos indicadores se caracterizaron a través del International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, los cuales permitieron analizar la expresión de las variables a combinar y medirlas en cuatro años agrícolas. El propósito de este trabajo fue desarrollar una metodología que permitiera analizar la eficiencia del riego. Por lo que los objetivos fueron: 1) Caracterizar a los 42 módulos de riego mediante indicadores de gestión y la aplicación de las técnicas de benchmarking, con la finalidad de mejorar el riego donde existan deficiencias y 2) Determinar los elementos fundamentales y propósitos que caracterizan el uso eficiente de agua a través de indicadores de gestión que inciden en el área agrícola de estudio. Los resultados para el indicador Suministro Relativo de Agua (RWS), expresa que se está usando agua de riego por encima de lo requerido, y el indicador Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS), precisó de manera contundente la aportación de agua en proporción a las necesidades de los cultivos.

Palabras clave
indicadores • riego • uso eficiente • benchmarking • suministro relativo de agua de riego

1 Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes. Departamento de Agronomía. De Campus Rabanales. Edificio Leonardo da Vinci. Universidad de Córdoba. 14071 Córdoba, España. olmedovazquez@gmail.com
2 Comisión Nacional de Agua (Conagua). Calle Sinaloa 611, Norte, Urb. No. 4. Colonia Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. jose.minjares@conagua.gob.mx
3 Centro Regional Universitario del Noroeste (CRUNO), Universidad Autónoma Chapingo (UACh). Colima 163 Norte, colonia Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. hernandez.leticia710@gmail.com

Abstract

There were determined indicators of management in the use of water for irrigation on the modules of the Irrigation District 041, Río Yaqui, located at the south of Sonora, Mexico; analyzing 11 performance indicators and eight efficiency indicators in productivity. These indicators were characterized through the International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, which allowed analyzing the expression of variables to combine and measure them in four agricultural years. The purpose of this work was to develop a methodology that allows analyzing the irrigation efficiency. By what the objectives were: 1) Distinguish the 42 irrigation modules through management indicators and the application of benchmarking techniques, in order to improve the irrigation where there are deficiencies and 2) To determine the key elements and purposes which distinguish the efficient use of water through management indicators that affect the agricultural area of study. The results for the relative water supply indicator (RWS), expressed that it is using irrigation water over as required, and the relative irrigation water supply indicator (RIS) said conclusively the contribution of water in proportion to the crops needs.

Keywords
indicators • irrigation • efficient use • benchmarking • relative irrigation supply

Introducción

El manejo de agua, para la producción agrícola en el Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui, en el noroeste de México, es uno de los principales factores a analizar, para ser eficientes y competitivos en la actividad. Esto debido a que el agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción de la agricultura (19). Por lo que es importante tomar medidas para incrementar la eficiencia en el manejo y la operación de los recursos hidráulicos y, de esta manera, lograr el uso sustentable del agua y de las actividades que dependen de ella, a través de algunos indicadores de gestión. Todo ello, basado en la propuesta de Malano y Burton (2001), por medio del International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID).

Los indicadores de gestión considerados en este estudio, son los relativos a rendimiento y eficiencia en la producción. Estos indicadores se categorizaron, se ordenaron y se describieron con el propósito de conocer la situación de cada uno de los 42 módulos de riego con los que cuenta el distrito, con la finalidad de utilizar adecuadamente sus recursos naturales y económicos. Posteriormente, se emplearon las técnicas de benchmarking con la intención de mejorar su eficiencia y los rendimientos obtenidos. Se considera que las técnicas de benchmarking tienen como fin impulsar a las organizaciones hacia el logro de los estándares de calidad con el firme propósito de realizar mejoras continuas en las organizaciones, para que estas mejoren sus indicadores de eficiencia o determinen la satisfacción del cliente (23).

Bajo este argumento, se estimaron los efectos del uso eficiente de agua estableciendo un conjunto de 19 indicadores de gestión, aplicándolos a 42 módulos de riego y en su conjunto al mismo distrito, lo cual permitió compararlos en función de distintas condiciones dentro del área de estudio.

Se indica que existen, al menos, dos criterios para clasificar a los indicadores: 1) A partir de la dimensión o valoración de la realidad económica, social, política o humana que se pretende expresar y 2) Partiendo del tipo de medida o procedimiento estadístico necesario para su obtención (13).

En el segundo criterio se enfoca este estudio, debido a la utilización de bases estadísticas durante cuatro años agrícolas analizados (2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014).

Los indicadores de gestión en el ámbito de los riegos son herramientas muy útiles para propender a la optimización de los recursos hídricos y de los resultados obtenidos con el riego. Se trata de un proceso sistemático para garantizar la mejora continua a través de la comparación con datos y estándares internos (con comparaciones previas y objetivos futuros) o externos (organizaciones similares o con funciones parecidas) relevantes y factibles, utilizando las técnicas de benchmarking (18).

El proceso de benchmarking se originó en el negocio de la empresa como medio para medir, y posteriormente, mejorar su rendimiento en relación con los principales competidores. Así, mediante el estudio de los principales competidores, y los procesos utilizados para lograr los mejores resultados, muchas organizaciones han sido capaces de adoptar mejores prácticas de gestión y mejorar su propia actuación.

En algunos casos, las organizaciones han hecho tan bien el proceso de benchmarking que se convierten como ejemplo a seguir por otras organizaciones (1). Por ello, una de las herramientas para planificar ese deseado aumento de la eficiencia y de la productividad son los indicadores de gestión y la comparación de los mismos mediante las técnicas de benchmarking (20).

La esencia del proceso de benchmarking es proporcionar a las organizaciones la capacidad de comparar su desempeño en relación con organizaciones similares o procesos similares.

El análisis comparativo consiste principalmente en la clasificación de los niveles de desempeño para indicadores individuales tanto numérica como gráficamente (1).

Desde los inicios de esta metodología a la fecha, se han realizado una serie de estudios en distintas partes del mundo; entre los cuales el International Water Management Institute (IWMI) llevó a cabo la obtención de datos e indicadores de seis países para ayudar en el desarrollo de la evaluación comparativa utilizando y probando el proceso propuesto. Estos países fueron: Australia, México, Sri Lanka, China, India y Estados Unidos de Norteamérica (1).

Australia es reconocida internacionalmente como uno de los líderes en riego y drenaje y, como proveedor de servicios de benchmarking empresarial. El mérito de este mandato corresponde al Comité Nacional de Australia de Riego y Drenaje (ANCID), que tuvo la iniciativa y comenzó la evaluación comparativa de sus empresas de proveedores de agua de riego en 1998. Desde 1998, ANCID ha preparado seis informes comparativos anuales que han recibido reconocimiento nacional e internacional (2).

Si bien en México, en el año 2002, se llevó a cabo un estudio (1), con datos del

año 2000/2001, al analizar la información vertida en dicho estudio, se observó que solamente consideraron cinco módulos de riego, de los 42 existentes, y solo para un año agrícola (primavera-verano y otoño-invierno), lo cual, a consideración propia, limitó determinar la eficiencia y competitividad en su conjunto del mismo distrito.

Se aportaron datos de indicadores del sistema de operación, indicadores de financiamiento, de eficiencia productiva y medio ambiente.

En el estudio anterior, se indica que una de las limitantes es precisamente la exactitud de los volúmenes de suministro de agua, en cuanto a la poca precisión de la medición; observando variaciones importantes en cada uno de los módulos de riego considerados, lo cual refuerza realizar el estudio más a detalle, con la finalidad de considerar la totalidad de los módulos de riego, y en conjunto con el mismo distrito para conocer el incremento de la eficiencia y de la productividad a través de los indicadores de gestión, y posteriormente realizar la comparación de los mismos mediante las técnicas de benchmarking.

Hipótesis

Los indicadores de gestión permiten ajustarse a los estándares de competitividad, a través del uso eficiente de riego, logrando mayor productividad en la actividad agrícola.

Objetivos

Caracterizar a los 42 módulos de riego mediante indicadores de gestión y la aplicación de las técnicas de benchmarking, con la finalidad de mejorar el riego donde existan deficiencias.

Determinar los elementos fundamentales y propósitos que caracterizan el uso eficiente de agua a través de indicadores de gestión que inciden en el área agrícola de estudio.

Metodología

Zona de estudio

Caracterizada por un clima semiárido, la cuenca del río Yaqui en el noroeste de México comprende parte de los estados mexicanos de Sonora y Chihuahua, y una pequeña porción del estado de Arizona en los Estados Unidos de Norteamérica. Cuenta con una precipitación anual promedio de 511,8 mm, que proviene en un 70%, aproximadamente, de las lluvias de verano y el resto por las lluvias durante los meses de invierno.

El escurrimiento anual promedio es de 3061 hm^3. El principal usuario de esta cuenca es el Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui, con más del 85,0% del agua superficial asignada, la cual se utiliza para regar 227.224 hectáreas.

El sistema agrícola del distrito depende tanto del volumen de agua almacenado en sus presas como de la capacidad de bombeo de su acuífero. Este distrito es un sistema agrícola que produce principalmente trigo, cártamo, hortalizas, maíz, sorgo, algodón, garbanzo, alfalfa y frutales, entre otros (11).

Dentro de los niveles de operación del distrito, se cuenta con una red total de canales en tres niveles operativos (Tramo muerto, Red mayor y Red menor), considerando el agua que se extrae de la presa más el agua de bombeo en plan colectivo hasta la entrega en parcela, se tiene una red de 3522 km de canales totales.

Tramo Muerto

Tramo operado por la Comisión Nacional de Agua (Conagua) que va de la toma baja a Hornos por el Canal Principal Bajo y de la toma alta al Km 14 del Canal Principal Alto y comprende 26,5 km.

Red Mayor

Tramo operado por una Sociedad de Responsabilidad Limitada que comprende una red de 292 km de canales principales desde los puntos de control donde recibe el agua de parte de Conagua hasta la entrega en los 327 puntos de control a Módulos de Riego en colectivo.

Red Menor

Tramo operado por los módulos de riego hasta entregar el agua a nivel parcela, que comprende una red de 3204 km de canales secundarios desde el punto de control, donde recibe el agua por parte de la Sociedad de Responsabilidad Limitada incluyendo pozos en plan colectivo (comunicación personal Humberto Borbón, 2013).

La metodología permitió identificar y comparar las diferentes eficiencias de riego existentes en el distrito de riego. Para ello se realizó un estudio de análisis de la eficiencia en la conversión de varios recursos en productos o salidas con un determinado valor económico. Fue necesario desarrollar bases de datos, para la organización, y para la descripción de los indicadores; así como un modelo de informe donde se mostraron las características más significativas de cada uno de los módulos de riego.

El siguiente paso fue el proceso de benchmarking al comparar los indicadores, anteriormente calculados, de cada uno de los módulos de riego con los del resto y con ellos mismos, analizando su serie histórica. Este análisis permitió determinar las relaciones causa-efecto que han llevado a un módulo a una mejor o a una peor eficiencia en el uso de los recursos. Así, al determinar las relaciones causa-efecto facilitó la elección de las posibles acciones a realizar encaminadas a la mejora de la eficiencia del área de riego.

Los métodos y técnicas empleados en este estudio, estuvieron determinados por la información aportada principalmente por el Distrito, la Comisión Nacional de Agua (Conagua), el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora (PIEAES); así como por la propia naturaleza de cada uno de los objetivos a responder y por los indicadores de gestión seleccionados.

El primer paso para el estudio, consistió en conjuntar bases de datos que incluyeron las variables relacionadas con los indicadores de gestión, donde se introdujeron: 1) cultivos, 2) superficie sembrada, 3) superficie cosechada, 4) superficie regable, 5) superficie regada, 6) rendimiento (t/ha), 7) producción (t/ha), 8) precio medio rural ($/t), 9) valor de la producción (miles de $), 10) costos de producción (miles $/ha), 11) evapotranspiración real (ETc), que incluye la evaporación directa desde el suelo y la transpiración de los cultivos, 12) precipitación efectiva, 13) requerimiento de riego y 14) datos climáticos de cada módulo de riego. Además, se recurrió al análisis de datos a través del software Cropwat 8.0 para el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos establecidos en el área de estudio.

Se generó una cuantiosa información que se debió ordenar y clasificar adecuadamente. Se inició el proceso de generación de bases para luego obtener los resultados que orientarán a cada uno de los responsables de los módulos de riego, a tomar decisiones pertinentes y continuar trabajando más eficientemente, con la finalidad de que los usuarios (productores), cuenten con mayores beneficios en la actividad agrícola que desarrollan. Los indicadores de gestión considerados fueron: indicadores de rendimiento. Los indicadores de rendimiento son datos en

series temporales que reflejan y registran cambios a través de un número significativo de dimensiones relevantes, a través de los cuales se juzga la eficacia y eficiencia de un sistema para alcanzar determinados objetivos. Esta definición subraya dos características comúnmente asociadas con los indicadores (16). Primero, la información sobre la actuación o el rendimiento de un individuo, organización o sistema es recogida usualmente en intervalos regulares, para obtener datos de los cambios producidos a lo largo del tiempo. Segundo, los indicadores de rendimiento son importantes para reflejar la calidad y el producto («output»). Los indicadores de rendimiento que se consideraron en este estudio, se muestran en la tabla 1.

Para el ajuste de las aportaciones de agua en los diferentes módulos de riego a las demandas de los distintos cultivos, se dio mayor importancia a los indicadores Suministro Relativo de Agua (RWS, Relative Water Supply), el cual permite conocer si la cantidad total de agua (riego y precipitaciones) con la que ha contado el cultivo durante su ciclo de crecimiento, si ha sido excesiva, suficiente o escasa. Valores de RWS próximos a la unidad indican que las necesidades de agua del cultivo se han podido satisfacer de manera adecuada, valores inferiores a la unidad, el agua ha sido insuficiente y mayor a la unidad, el cultivo ha dispuesto de una cantidad más que suficiente de agua para cubrir sus necesidades (21). El Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS, Relative Irrigation Supply), muestra la eficiencia de riego del sistema como un todo, porque compara el agua de riego que se suministra con el agua de riego necesaria (4).

Cullinane *et al.* (2004), muestra que con el indicador RIS, es posible analizar el aporte de agua en relación con las necesidades de agua de los cultivos. Ambos indicadores aportan información acerca de la condición de escasez o exceso de agua y de cómo se ajusta la aplicación de agua con la demanda (12).

El indicador de gestión de Suministro Relativo de Agua, (RWS); se calcula según Malano y Burton (2001), como se observa en la tabla 2 (pág. 155).

El indicador RIS, según Cullinane *et al.* (2004), se calcula como se aprecia en la tabla 3 (pág. 155).

Tabla 1. Indicadores de gestión relativos a rendimiento (IPTRID).
Table 1. Management indicators relating to performance (IPTRID).

Grupo	Indicadores
R	Volumen de agua de riego por gravedad suministrada a los usuarios (m^3).
e	Volumen de agua de riego por pozo suministrada a los usuarios (m^3).
n	Volumen de agua total suministrada a los usuarios (m^3).
d	Volumen de agua de riego que entra al sistema (m^3).
i	Volumen total de agua que entra al sistema (m^3).
m	Suministro de agua de riego por unidad de área total regable (m^3/ha).
i	Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m^3/ha).
e	Eficiencia en la distribución (%).
n	Suministro relativo de agua(m^3).
t	Suministro relativo de agua de riego(m^3).
o	Garantía de suministro (%).

Tabla 2. Cálculo para el Suministro Relativo de Agua.
Table 2. Calculation for the Relative Water Supply (RWS).

Indicador	Definición	Especificaciones
Suministro Relativo de Agua (RWS) (m^3)	$\frac{\text{Volumen total de agua que entra al sistema}}{\text{ETc}}$ Ecuación: $RWS=\frac{R+Pe}{Etc}$	Volumen total de agua que entra al sistema: volumen total de agua superficial desviada al sistema más las extracciones netas de aguas subterráneas más el agua de lluvia. No se incluye la recirculación del drenaje interno. R= Riego P_e= Precipitación efectiva durante la fase de crecimiento. ETc: Volumen de agua demandada por el cultivo. Para arroz se debe incluir la filtración.

Tabla 3. Cálculo para el Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS).
Table 3. Calculation for the Relative Irrigation Supply (RIS).

Indicador	**Definición**	**Especificaciones**
Suministro Relativo de Agua (RWS) (m^3)	$\frac{\text{Volumen de agua de riego que entra al sistema}}{\text{ETc - } P_e}$ Ecuación: $RIS=\frac{R}{(Etc - Pe)}$	Volumen de agua de riego que entra al sistema: cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución. ETc: Volumen de agua demandada por el cultivo. R= Volumen de agua de riego que entra al sistema P_e: Precipitación efectiva durante la fase de crecimiento.

Indicadores de eficiencia en la productividad

Se establece que la determinación de indicadores de productividad juega un papel importante en el desarrollo de cualquier empresa o institución (7).

Los mismos autores señalan que además son útiles para proyectar el futuro de los mismos (6).

La medición del funcionamiento permite orientar el rumbo de la actividad en la dirección más deseada. Por ello se consideran los siguientes indicadores de eficiencia en la productividad a analizar, como se muestra en la tabla 4 (pág. 156); con el propósito de caracterizar a los módulos y mejorar el riego donde existan deficiencias.

Tabla 4. Indicadores de gestión relativos a la eficiencia en la productividad.
Table 4. Management indicators relating to efficiency in productivity.

Grupo	Indicadores
Eficiencia en la productividad	Producción agrícola (t/ha).
	Valor total de la producción agrícola ($).
	Productividad por unidad de área regable ($/ha).
	Productividad por unidad de área regada ($/ha).
	Productividad por unidad de agua de riego suministrada ($/m^3).
	Productividad por unidad de agua de riego ($/m^3).
	Productividad por unidad de agua total ($/m^3).
	Productividad por unidad de agua consumida ($/m^3).

La agrupación de los módulos de riego, según sus factores más representativos facilitará la creación de un sistema que permita estimar la calidad de la gestión (índice de calidad en la gestión), indicando los problemas principales y algunas de las posibles soluciones. Lo anterior con la finalidad de que la situación de desventaja de los grupos más vulnerables pone bajo la lupa la redistribución de los recursos (15).

Resultados y discusión

En el presente estudio se exponen los resultados alcanzados para la caracterización de cada uno de los 42 módulos de riego que conforman el distrito. La importancia radica en que se han obtenido resultados para los últimos cuatro años agrícolas 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014; a través de los indicadores de gestión, con la finalidad de mejorar el riego donde existen deficiencias; establecidos en la metodología.

Los indicadores permitieron clarificar el comportamiento en cuanto a la eficiencia en el uso de agua, como se analiza a continuación.

Caracterización de los módulos de riego y del distrito con los indicadores más representativos

El agua es un elemento fundamental para el desarrollo de la vida en el planeta y representa un recurso esencial para el desarrollo social y económico de un país (3). En este contexto, el distrito de riego ha dotado al productor de un volumen de agua por hectárea, determinado (figura 1, pág. 157).

La dotación volumétrica de agua inició en 1997, con un volumen bruto de 12 millares de metros cúbicos por hectárea por año, medidos a punto de control (es el punto de unión del canal alto o canal bajo con cualquiera de los canales laterales del distrito). Esto significó regar una hectárea completa de trigo y el 50% de una hectárea de un cultivo como de maíz de verano.

A partir de esta dotación, esta disminuyó en 1999 a 10 millares de metros cúbicos por hectárea por año. Después en el año 2000 a 9 millares de metros cúbicos por hectárea, así debido a los bajos almacenamientos en el sistema de presas. El ciclo otoño-invierno 2000-2001 inició con 4,2 millares de metros cúbicos por hectárea, y debido a la recuperación de las presas en el mes de octubre, se actualizó a 5,7 millares de metros cúbicos por hectárea.

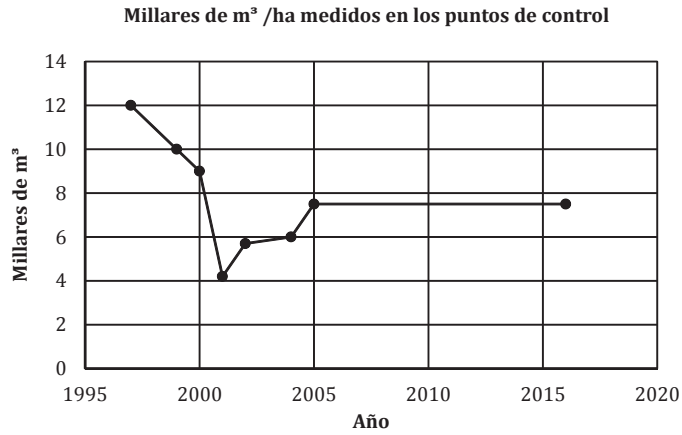

Figura 1. Dotación al productor de un volumen de agua por hectárea por año.
Figure 1. Endowment to the producer of a volume of water per hectare per year.

En el ciclo 2002-2003 fue de 6,0 millares de metros cúbicos como volumen bruto.

Los últimos años hasta el 2013-2014, la dotación ha sido de 7,5 millares de metros cúbicos (75 cm de lámina de riego) (17). Es importante señalar que, la adecuada gestión del riego es la que determina cuándo y cuánto regar, sobre la base de las necesidades de agua de los cultivos, las características del suelo y las condiciones climáticas del entorno, para optimizar la calidad y cantidad de la producción. Las necesidades de agua de las plantas varían entre especies, dependiendo de la genética y la adaptación a diferentes condiciones de cultivo (14).

Mediante los indicadores de gestión, se expresan cuantitativamente los resultados evaluados, con el propósito de valorar el trabajo que ha desarrollado el distrito, a través de sus objetivos y metas con respecto a los módulos de riego. Además, los indicadores proporcionan información importante para corregir o adecuar condiciones desfavorables que se hayan llevado a cabo durante los últimos cuatro años analizados.

Para conocer la eficiencia de riego en el distrito y conocer el potencial de mejora que debe desarrollar en la zona de estudio, se da énfasis a los indicadores de gestión: 1) Suministro Relativo de Agua (RWS) y 2) Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS), ya que precisan sobre la condición de escasez o exceso de agua y de cómo ajustar la aplicación de agua con respecto a la demanda.

Suministro relativo de agua (RWS)

Al contar el distrito con 42 módulos de riego y haber analizado 4 años; se ha generado una cantidad importante de información; aunque en este caso y debido a la extensión territorial del distrito, y con base a los valores obtenidos, se determinó que la mayoría de los módulos de riego sobrepasan la unidad (1,0) como se observa en la figura 2 (pág. 158). La mayoría de los datos obtenidos para este indicador muestran que se estaría regando en exceso, o bien un riego muy en exceso y un riego extremo.

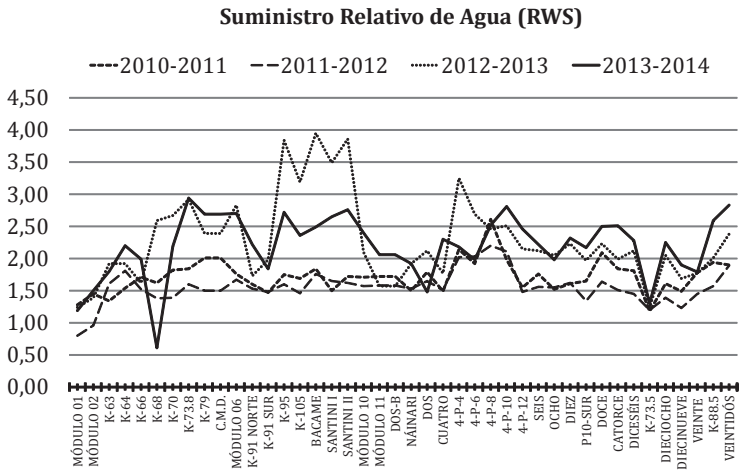

Figura 2. Indicador Suministro Relativo de Agua (RWS) para cada módulo de riego en el Valle de Yaqui, México. Por año agrícola.

Figure 2. Relative water supply indicator (RWS) for each irrigation module at the Yaqui Valley, Mexico. By crop year.

En su conjunto para este indicador, se determinó que el distrito se encuentra usando agua de riego por encima de lo requerido, lo cual se traduce en pérdidas de recursos naturales y económicos, que pueden llegar a ocasionar falta de agua en la presa; generando un ajuste drástico como se desarrolló en el año agrícola 2003-04, cuando no se regó ninguna hectárea con agua de las presas, utilizando solo agua de pozos.

Con el propósito de corroborar mejor la eficiencia de riego, se analizó a mayor detalle estos porcentajes con el indicador Relative Irrigation Supply (Suministro Relativo de Agua de Riego).

Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS)

Al considerar que parte del agua de riego se pierde en el distrito, a través de la distribución por falta de canales revestidos tanto en los canales principales que comprenden 292 km de longitud y de los cuales se encuentran revestidos únicamente 91 km (31%), así como de los canales secundarios que cuentan con 3204 km de longitud y de los cuales únicamente 776,8 km (24,2%) están revestidos; además de incluir la forma de aplicación del riego en cada uno de los módulos.

Por ello es necesario que el agua de riego cuando se entrega (bajo programa) en las bocas tomas de canales laterales o tomas directas de los módulos de riego a los representantes de las asociaciones civiles, mismos que distribuyen y proporcionan directa o a través de los "zanjeros" el servicio de riego a los usuarios, sea lo más eficiente posible.

Además de considerar problemas de revestimiento y/o entubamiento de las regaderas, así como nivelación de terrenos agrícolas e implementación de drenaje parcelario para sanear suelos con problemas de salinidad.

En los Distritos de Riego en México, la eficiencia de conducción en canales, se ha estimado en el orden del 65% y a nivel parcelario en un 52,5%.

Para obtener la eficiencia global, se considera la eficiencia de conducción multiplicada por la eficiencia a nivel parcelario; la cual da como resultado un 34,1%; es decir, de cada 1,000 litros de agua para riego, el cultivo aprovecha únicamente 341 litros.

En el Distrito de Riego 041, la eficiencia de conducción en canales, se ha estimado en el orden del 65%, dando como resultado una eficiencia a nivel parcelario del 70% e interparcelario (canales de la parcela) del 85%; lo cual se traduce en un 59,5% de eficiencia parcelaria.

Para obtener la eficiencia global, se considera la eficiencia de conducción multiplicada por la eficiencia de la parcela; la cual da como resultado un 38,68%. Es decir, de cada 1,000 litros de agua para riego, el cultivo aprovecha únicamente 386,8 litros.

Precipitación efectiva

Las tierras secas se caracterizan, entre otras cosas, por presentar precipitaciones escasas y suelos con insuficiente agua (9).

La precipitación efectiva indica la fracción de agua de lluvia que realmente se infiltra en el suelo y que, por lo tanto, se encuentra disponible para el cultivo.

De igual manera el cálculo de la Precipitación Efectiva (Pef) se llevó a cabo a través del Cropwat 8.0, para cada uno de los módulos de riego en los cuatro años agrícolas analizados, lo cual proporcionó el aprovechamiento real de las precipitaciones en los cultivos.

Una vez obtenidos los valores para el Suministro Relativo de Agua de Riego, y considerando la situación actual de la infraestructura de riego en el distrito, se determina que los valores, se pueden clasificar con cinco categorías como se observa en la tabla 5, en función del planteamiento inicial realizado por Pérez (2007).

Los valores de 0,7 a 0,9 se clasifican en un riego deficitario (el cual puede causar estrés en el cultivo y como consecuencia, reducción de los rendimientos). Es decir, el riego deficitario consiste en la aplicación de láminas inferiores a las necesarias para satisfacer las deficiencias hídricas de un cultivo, además que puede maximizar la eficiencia en el uso del agua (5). Rangos más altos indican una eficiencia de riego baja. Para este estudio se propone un rango entre 0,9 y 1,4; considerándolo como un riego adecuado debido a la falta de revestimiento en los canales principales y secundarios que irrigan los módulos de riego, como se aprecian en los resultados en la tabla 6 (pág. 160).

Tabla 5. Categorías para evaluar el RIS en el Distrito de Riego.

Table 5. Categories for evaluating the RIS at the Irrigation District.

Valor del RIS	Tipo de Riego
0,7 - 0,9	Riego deficitario
0,9 - 1,4	Riego adecuado
1,4 - 1,9	Riego en exceso
1,9 - 2,4	Riego muy en exceso
> 2,4	Riego extremo

Tabla 6. Indicador Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS) según año agrícola. Por módulo de riego del Distrito de Riego, México.

Table 6. Relative Irrigation Supply indicator (RIS) according to crop year. For irrigation module of the Irrigation District, Mexico.

Módulo de riego	2010-2011 RIS	2011-2012 RIS	2012-2013 RIS	2013-2014 RIS
Módulo 01	1,08	0,81	0,82	0,80
Módulo 02	1,32	0,72	0,86	0,97
K-63	1,18	1,12	1,08	1,03
K-64	1,42	1,39	1,18	1,49
K-66	1,51	1,24	1,30	1,37
K-68	1,31	1,16	1,74	2,29
K-70	1,45	1,16	1,61	1,80
K-73,8	1,47	1,32	1,81	2,48
K-79	1,73	1,32	1,99	2,47
C.M.D.	1,46	1,34	1,69	2,39
Módulo 06	1,46	1,45	2,13	2,36
K-91 Norte	1,28	1,30	1,47	1,46
K-91 Sur	1,27	1,30	1,34	1,22
K-95	1,39	1,42	2,15	1,78
K-105	1,31	1,28	1,78	1,53
Bacame	1,62	1,66	2,51	1,82
Santini I	1,21	1,53	2,17	1,89
Santini II	1,42	1,48	2,38	1,92
Módulo 10	1,53	1,41	1,56	1,58
Módulo 11	1,48	1,31	1,11	1,46
DOS-B	1,46	1,33	1,95	1,83
Náinari	1,39	1,27	1,35	1,44
Dos	1,59	1,45	1,40	1,48
Cuatro	1,33	1,27	1,49	1,75
4-P-4	1,87	1,74	2,20	2,18
4-P-6	1,71	1,77	1,82	1,99
4-P-8	2,38	1,86	1,67	1,76
4-P-10	1,78	1,84	1,84	2,16
4-P-12	1,36	1,27	1,55	1,77
Seis	1,56	1,38	1,48	1,60
Ocho	1,33	1,33	1,42	1,41
Diez	1,41	1,38	1,57	1,63
P10-Sur	1,38	1,12	1,23	1,56
Doce	1,82	1,44	1,62	1,96
Catorce	1,58	1,29	1,39	1,88
Diceséis	1,58	1,28	1,53	1,81
K-73,5	1,02	1,06	0,89	0,99
Dieciocho	1,40	1,21	1,47	1,73
Diecinueve	1,33	1,07	1,20	1,47
Veinte	1,56	1,26	1,22	1,35
K-88,5	1,74	1,41	1,47	1,67
Veintidós	1,68	1,69	1,70	1,82
Promedio DRRY	**1,48**	**1,34**	**1,57**	**1,70**

En la figura 3 (pág. 162), se observan los valores obtenidos para cada módulo de riego en el año agrícola 2010/2011 con un promedio del RIS de 1,48 en el distrito, lo cual, al considerar el área agrícola tan extensa y la distribución del recurso a través de las condiciones de la red de canales; se estima como un promedio de riego en exceso.

Aunque al considerar la variación de cada módulo de riego, y al segregarlos, se observan los diferentes niveles de eficiencia en la utilización del recurso agua, a través de las categorías propuestas para este estudio; por tanto, se debe poner en marcha el benchmarking para conocer qué hacen los módulos más eficientes y llegar a ser como ellos. Estos resultados expresan cómo con el indicador RIS, es viable considerar la contribución del recurso agua en función de lo que demandan los cultivos en el área agrícola. En este año agrícola, 17 (40,47%) de los módulos de riego están regando de forma adecuada; y el resto cae en las otras cuatro categorías propuestas. En este caso no existe ninguno que presente riego deficitario.

En la figura 4 (pág. 162), se determina que el año agrícola 2011-2012, fue el más eficiente que el resto de los años analizados.

El promedio del RIS fue de 1,34, y 26 módulos de riego (61,9%) se encuentran en la categoría de un riego adecuado. A pesar de ello, el módulo 01 y el módulo 02 presentan riego deficitario en los últimos tres años analizados, a pesar de ser los dos primeros módulos más cercanos al inicio de la red de canales y consecuente con la distribución del recurso agua; lo cual debe ser considerado por el mismo distrito de riego, con la finalidad de corregir esta deficiencia.

El resto de los módulos deberá disminuir sus rangos obtenidos, en virtud de que se encuentran por encima de lo adecuado.

Para el año agrícola 2012-2013 disminuye considerablemente la eficiencia del distrito de riego en su conjunto, y por ende en la mayoría de los módulos de riego como se aprecia en la figura 5 (pág. 162). Este año, solamente 11 de los 42 módulos de riego contaron con un riego adecuado (26,19%), lo cual indica que hubo un desajuste para aquellos que venían haciendo las cosas bien.

Se aprecia que siete módulos (16,66%) presentaron un riego en exceso y un módulo de riego presentó un riego muy en exceso. Al no aprovechar adecuadamente el agua de riego, presentará un déficit en los próximos años como se aprecia en la tendencia del siguiente año agrícola y que a la postre no haya alternativa de solución cuando haya escasez del vital líquido en el sistema de presas que irrigan el distrito, además de la explosión demográfica para cubrir las necesidades básicas.

Por último, en la figura 6 (pág. 162), al analizar el año agrícola 2013-2014 se puede indicar que la eficiencia cayó drásticamente en la mayoría de los módulos de riego (88,09%) y solamente cinco módulos contaron con un riego adecuado; incluso se puede indicar que, de estos cinco módulos, dos de ellos (K-63 y K-91 SUR) presentaron en los cuatro años agrícolas analizados un riego adecuado, por lo que se deben considerar más a detalle para analizar a través del benchmarking, qué es lo que están haciendo para contar con esa eficiencia.

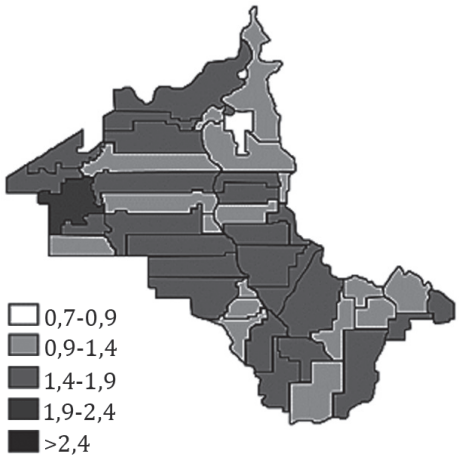

Figura 3. RIS para el año agrícola 2010-2011. Por módulo de riego del Distrito de Riego, México.

Figure 3. RIS for the 2010-2011 agricultural year. For irrigation module of the Irrigation District, Mexico.

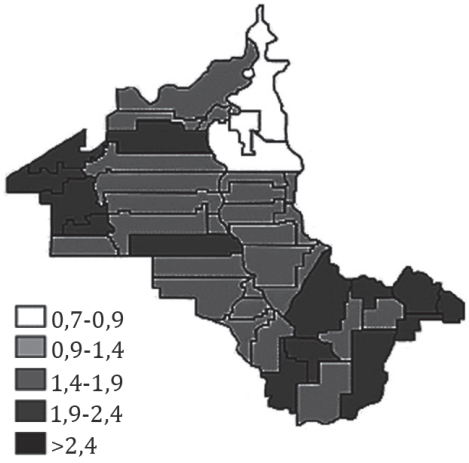

Figura 4. RIS para el año agrícola 2011-2012. Por módulo de riego del Distrito de Riego, México.

Figure 4. RIS for the 2011-2012 agricultural year. For irrigation module of the Irrigation District, Mexico.

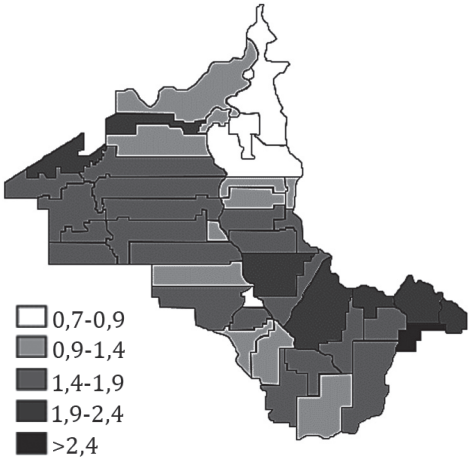

Figura 5. RIS para el año agrícola 2012-2013. Por módulo de riego del Distrito de Riego, México.

Figure 5. RIS for the 2012-2013 agricultural year. For irrigation module of the Irrigation District, Mexico.

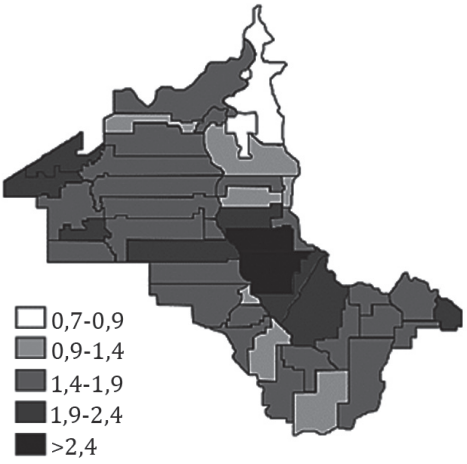

Figura 6. RIS para el año agrícola 2013-2014. Por módulo de riego del Distrito de Riego, México.

Figure 6. RIS for the 2013-2014 agricultural year. For irrigation module of the Irrigation District, Mexico.

Media Ponderada (MP)

Se determinó la media ponderada para el indicador Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS) en cada año agrícola analizado, en virtud de que las superficies agrícolas para cada módulo de riego son desiguales, a través de la ecuación 1:

$$MP = \frac{\rho_1 X_1 + \rho_2 X_2 + \ldots + \rho_N X_N}{\rho_1 + \rho_2 + \ldots + \rho_N} \quad (1)$$

donde:

(X_1, X_2,...,X_N) = conjunto de datos

(ρ_1, ρ_2,...,ρ_N) = pesos

X = Valores obtenidos para el Indicador Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS) según año agrícola.

P = Porcentaje de la superficie que corresponde a cada módulo de riego en los años agrícolas analizados [1].

Al realizar el análisis de la media ponderada, se determinó que no existe diferencia significativa con respecto a los cálculos obtenidos en el indicador Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS); lo cual confirma la posición relativa de un módulo con respecto a otros y, analizándolos todos, se detectaron sus debilidades y posibilidades de mejora.

Indicadores de eficiencia en la productividad

La visión actual de los negocios considera que el objetivo principal de las empresas es generar valor.

Para lograr la supervivencia de la empresa este valor debe repartirse equilibradamente entre los clientes, los propietarios y los trabajadores. Si una empresa realiza cambios para mejorar su producción, debe conseguir que las prestaciones de sus productos o servicios aumenten en mayor medida de lo que aumentan los costos en los que incurre para lograr las modificaciones. Esto será posible en la medida en que la conducta de los trabajadores (indicadores de recursos humanos) favorezca las mejoras en los procesos y productos (indicadores productivos) que son necesarias para que la empresa sea rentable (8).

---

[1] Año agrícola 2010-2011:

$$MP = \frac{3{,}62 * 1{,}08 + 4{,}07 * 1{,}32 + 0{,}48 * 1{,}18 + \ldots, + 2{,}20 * 1{,}56 + 2{,}55 * 1{,}74 + 1{,}85 * 1{,}68}{3{,}62 + 4{,}07 + 0{,}48 + \cdots, + 2{,}20 + 2{,}55 + 1{,}85} = \mathbf{1{,}50}$$

Año agrícola 2011-2012:

$$MP = \frac{3{,}65 * 0{,}81 + 4{,}17 * 0{,}72 + 0{,}47 * 1{,}12 + \ldots, + 2{,}12 * 1{,}26 + 2{,}63 * 1{,}41 + 1{,}91 * 1{,}69}{3{,}65 + 4{,}17 + 0{,}47 + \cdots, + 2{,}12 + 2{,}63 + 1{,}91} = \mathbf{1{,}34}$$

Año agrícola 2012-2013:

$$MP = \frac{3{,}46 * 0{,}82 + 4{,}48 * 0{,}86 + 0{,}44 * 1{,}08 + \ldots, + 2{,}07 * 1{,}22 + 2{,}48 * 1{,}47 + 1{,}82 * 1{,}70}{3{,}46 + 4{,}48 + 0{,}44 + \cdots, + 2{,}07 + 2{,}48 + 1{,}82} = \mathbf{1{,}57}$$

Año agrícola 2013-2014:

$$MP = \frac{3{,}28 * 0{,}80 + 3{,}43 * 0{,}97 + 0{,}46 * 1{,}03 + \ldots, + 2{,}10 * 1{,}35 + 2{,}59 * 1{,}67 + 1{,}99 * 1{,}82}{3{,}28 + 3{,}43 + 0{,}46 + \cdots, + 2{,}10 + 2{,}59 + 1{,}99} = \mathbf{1{,}72}$$

En este contexto, se asumen los indicadores de productividad para el distrito analizado. Los indicadores considerados, proporcionan información importante para la toma de decisiones futuras en el ámbito de la producción agrícola; para lo cual se hará énfasis en el indicador que se detalla a continuación.

Productividad por unidad de agua de riego suministrada

En la medida que el agua se vaya perdiendo, ya sea porque las raíces de las plantas la toman, o porque en la superficie se produce la evaporación, los capilares se van vaciando de acuerdo con su tamaño (22), y al convertir este indicador en términos económicos, donde se precisa el valor total de la producción agrícola (cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local); entre el volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor); se puede indicar que existen grandes variaciones en cada uno de los módulos de riego en función de su producción. Estos valores, mientras mayores sean, mayor será la eficiencia o productividad en el uso del recurso agua, como se muestra en la figura 7.

Es importante la variación de un año a otro, en función de cómo se rigieron los precios agrícolas en el mercado.

En el primer año agrícola analizado, el promedio en el distrito fue de 2,64 pesos por metros cúbicos agua consumida y el módulo 4-P-8 fue el más rentable, donde se pudo obtener un promedio de 5,99 pesos por metro cúbico agua utilizada; y el módulo 4-P-4 fue el menos rentable con un promedio 1,79 por m³ de agua consumida.

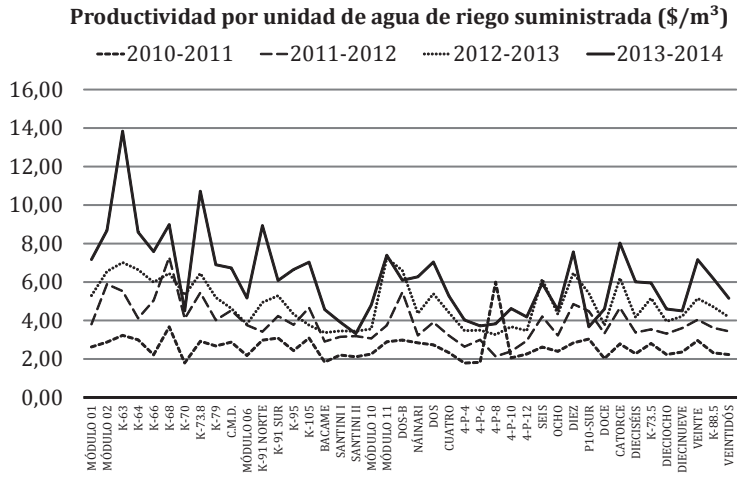

Figura 7. Productividad por unidad de agua de riego suministrada para cada módulo de riego en el Distrito de Riego, México. Por año agrícola. En pesos por metros cúbicos.

Figure 7. Productivity per unit of irrigation water supplied for each module of irrigation at the Irrigation District, Mexico. For the agricultural year. In pesos per cubic meters.

Al analizar el módulo 4-P-8 en el año agrícola 2010-2011 cuando fue el más rentable que el resto de los módulos de riego, con un promedio 7,29 pesos por metro cúbico de agua consumida; se determina que no sembró ni una sola hectárea de trigo y estableció el 67,36% de superficie con otros cultivos (hortalizas), lo que le llevó a contar con un mayor ingreso económico por hectárea producida.

El módulo 4-P-4 sembró el 75,88% de trigo y fue el menos rentable del resto de los módulos de riego.

En el año agrícola 2011-2012 el mejor módulo de riego en cuanto a la productividad de agua fue el K-68, con un promedio 7,29 pesos por metros cúbicos de agua consumida. Se puede observar que sembraron diversos cultivos, es decir, el 20,6% de otros cultivos (hortalizas); el 60% de trigo y el resto de algodón, maíz, alfalfa, cártamo, y garbanzo. El módulo de riego menos productivo fue precisamente el módulo 4-P-8 que había presentado el año anterior ser el mejor, esto debido a que este año revirtió sus cultivos sembrados y solamente consideró un 5,59% de hortalizas y el 63,91% de trigo, lo que redujo sus ingresos totales.

En el año agrícola 2012-2013, se considera el más homogéneo en cuanto a la productividad por unidad de agua de riego, ya que, aunque hubo diferencias, el promedio fue de 4,89 pesos por metros cúbicos.

La productividad de agua para el módulo 11, presentó un promedio de 7,25 pesos por metros cúbicos de agua consumida, estableciendo únicamente el 53,80% de trigo.

En el último año agrícola, existen dos módulos de riego con una alta productividad por unidad de agua de riego suministrada y son el K-63 con una productividad de agua de 13,83 pesos por metros cúbicos de agua consumida; sembrando 78,05% de trigo y 13,90% de hortalizas y el módulo K-73,8 con una productividad de agua de 10,71 pesos por metros cúbicos de agua consumida; sembrando 72,83% de trigo y un 14,13% de hortalizas. El comportamiento del establecimiento de cultivos, de los módulos que fueron eficientes por lo menos un año, se presenta en la tabla 7 (pág. 166).

Las técnicas de benchmarking

Una vez realizada la investigación, el haber identificado y comparado los resultados, resta que los módulos ineficientes aprendan lo que están haciendo los módulos de riego eficientes.

Si bien, los logros de los módulos eficientes, en cuanto al aumento de la eficiencia y productividad, se deben a varios factores internos y externos; estos se deben replicar en el distrito de riego en su conjunto.

El aplicar el éxito de los eficientes, no es tarea fácil, aunque no imposible y por ello, se hace necesaria la participación de los directivos de cada módulo de riego para que implementen y adecuen situaciones que no favorecen a sus usuarios como se ha analizado.

Los indicadores de gestión son de suma importancia para el proceso de benchmarking. Así, en este proceso de análisis, es haber proporcionado a los módulos de riego la capacidad de comparar su desempeño en relación con ellos mismos. Al analizar los módulos K-63 y K-91 SUR, con el resto de los módulos de riego; se determina que estos dos presentaron un riego adecuado en la aplicación y distribución del agua en sus parcelas, durante los 4 años analizados; lo cual debe ser adaptado por el resto de los módulos que presentan riego en exceso o deficitario.

Tabla 7. Cultivos establecidos en los módulos de riego que fueron eficientes por lo menos un año agrícola.

Table 7. Established crops in the irrigation modules that were efficient at least on an agricultural year.

Módulo de Riego	Trigo Grano (%)	Maíz (%)	Cártamo (%)	Garbanzo (%)	Otros Cultivos (%)	Algodón (%)	Sorgo (%)	Alfalfa (%)	Frutales (%)	Total (ha)
Ciclo Agrícola 2010-2011										
4-P-8	0,00	16,94	8,15	4,08	67,09	0,00	0,68	2,72	0,34	100
4-P-4	75,89	2,85	6,64	0,66	5,43	0,00	0,00	3,79	4,74	100
Ciclo Agrícola 2011-2012										
K-68	59,57	4,04	1,48	0,39	20,66	3,77	0,27	5,25	4,18	100
4-P-8	63,80	12,74	11,38	0,00	5,59	1,09	0,36	4,10	0,95	100
Ciclo Agrícola 2012-2013										
K-63	78,05	4,60	0,00	0,00	13,90	0,96	0,00	2,49	0,00	100
Ciclo Agrícola 2013-2014										
K-68	50,68	4,70	11,82	5,07	14,08	0,00	0,70	5,91	7,04	100
K-73.8	76,50	2,29	2,29	2,29	16,17	0,00	0,00	0,46	0,00	100

Conclusiones

El estudio de cuatro años agrícolas en el distrito, considerando 42 módulos de riego; a través de 19 indicadores de gestión, permitió caracterizar y clarificar el comportamiento de la eficiencia en el uso de agua de riego. Al analizar el Suministro Relativo de Agua (RWS); se determinaron valores promedio de 1,72; 1,56; 2,28 y 2,20 para los años agrícolas 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014 respectivamente, lo cual se traduce como un riego por encima de lo requerido por los cultivos, y a la vez se convierte en pérdidas de recursos naturales y económicos en su conjunto.

La mayoría de los módulos de riego sobrepasan la unidad (1,0); mostrando que se estaría regando en exceso, o bien un riego muy en exceso y un riego extremo con estos valores.

El indicador más significativo fue el Suministro Relativo de Agua de riego (RIS); que determinó de manera contundente la aportación de agua en proporción a las necesidades de los cultivos.

Se estimaron valores promedio en el distrito de 1,48; 1,34; 1,57 y 1,70 para cada año agrícola analizado. Con estos resultados, y en función de los rangos propuestos para el distrito, se aprecia que el año agrícola 2011-2012 fue más eficiente que el resto de los años analizados.

El promedio del RIS fue de 1,34, donde 26 módulos de riego (61,9%) se encuentran en la categoría de un riego adecuado.

Las técnicas de benchmarking permiten identificar que la mayoría de los módulos de riego son ineficientes (66,67%), en su conjunto como distrito para los cuatro años analizados. Algunos años agrícolas cumplen con un uso adecuado del agua de riego y otros no; esto se debe a factores internos y externos que deben ser analizados a mayor detalle en cada uno de los módulos de riego; a través de la metodología de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y

Amenazas (FODA), y precisar las fallas en las que incurren, con la finalidad de mejorar la competitividad, sus rendimientos y por ende su eficiencia; demostrando que existe un alto potencial de mejora.

Los indicadores de rendimiento permiten ajustar los resultados de la eficiencia en la productividad, esto, haciendo uso también de las técnicas de benchmarking, con el fin de que los módulos de riego ineficientes, aprendan lo que están haciendo bien los módulos eficientes, con el propósito de mejorar en ello.

Al contar con información a nivel de módulo de riego, se considera necesario hacer el estudio a nivel de parcela, con la finalidad de conocer a mayor detalle la variación de eficiencias por módulo de riego y por año agrícola.

Se deben tomar medidas con prontitud, ya que en el año agrícola 2013-2014, el 88,09% de los módulos de riego contaron con un riego inadecuado, y que a la postre se puede tener una gestión del uso de agua de riego equivocada en el distrito para los consecutivos años agrícolas.

Con el propósito de reforzar las precisiones sobre el manejo y uso adecuado del agua de riego en el distrito, se realizará un trabajo, enfocado hacia la competitividad y competencias, desde la perspectiva de productividad y emprendimiento de las actividades tecnológicas innovadoras en la agricultura de riego.

Bibliografía

1. Alexander, P. 2002. Benchmarking of the irrigation and drainage sector in México. Report for Mission to Obregon from 19 January to 26 January 2002. Food and Agricultural Organization of the United Nations as part of their International Program for Technology and Research in Irrigation and Drainage.
2. Alexander, P.; Potter, M. 2005. Benchmarking of Australian irrigation water provider businesses 13th September 2005, Beijing, China.
3. Alvarez, A.; Morábito, J. A.; Schilardi, C. 0. 2016. Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mayz*) en provincias del centro y noreste argentino. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 48(1): 161-177.
4. Behailu, M.; Tadesse, N.; Legesse, A.; Teklu, D. 2004. Community based irrigation management in the Tekeze Basin: Performance evaluation of small scale Irrigation Schemes. A Case Study on My Nigus Micro Dam in Tigray, Northern Ethiopia. 29 p.
5. Costa da Silva, A. C.; Lima, L. A.; Fernandes de Almeida, W.; Silveira Thebaldi, M.; da Silva, A. C. Tifton 85 production under deficit irrigation. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(2): 117-126.
6. Cullinane, K.; Song, D.W.; Ji, P.; Wang, T. F. 2004. An application of DEA Windows analysis to container port production efficiency. Review of Network Economics School of Marine Science & Technology, University of Newcastle. 3(2).
7. Doerr, O.; Sánchez, R. J. 2006. Indicadores de productividad para la industria portuaria. Aplicación en América Latina y el Caribe. Serie recursos naturales e infraestructura. Naciones Unidas. Santiago de Chile. CEPAL. 76 p.
8. García, M. J. A.; García-Sabater, J. J. 2015. Cálculo de indicadores productivos. Departamento de organización de empresas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: www.ingenieriaindustrialonline.com
9. Johnson, B. G.; Abraham, E. M.; Cony, M. A. 2017. Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(1): 205-215.

10. Malano, H.; Burton, M. 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. FAO, Roma. 50 p.
11. Minjares, L. J. L.; Salmón, C. R. F.; Valdés, J. B.; Oroz, R. L. A.; López, Z. R. 2009. Índice económico para el manejo interanual del agua: caso del Distrito de Riego 041 Río Yaqui, México Ingeniería hidráulica en México. 24(1): 41-54.
12. Molden, D.; Sakthivadivel, R.; Perry, C. J.; Fraiture, C.; Kloezen, W. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research report 20, International Water Management Institute, Colombo. 34 p.
13. Mondragón, P. A. R. 2002. Revista de información y análisis. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. N° 19.
14. Morábito, J.; Salatino, S.; Hernández, R.; Schilardi, C.; Álvarez, A.; Rodríguez Palmieri, P. 2015. Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-noreste de Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 47(1): 109-125.
15. Mussetta, P.; Barrientos, M. J. 2015. Vulnerabilidad de productores rurales de Mendoza ante el Cambio Ambiental Global: clima, agua, economía y sociedad. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 47(2): 145-170.
16. Norris, N. 1991. Evaluación, Economía e Indicadores de Rendimiento. C.A.R.E. (School of Education. University of East Anglia.) U.K. Simposium «Judging Quality in Education», 17th Annual Conferece of the British Educational Research Association, Nottingham Polytecnic 28th-31st August.
17. Ortiz, E. J. E. 2010. Validación y transferencia de la tecnología para el buen uso y manejo del agua de riego en el sur de Sonora. Disponible en: http://www.sifupro.org.mx/agendas/002089-001544-protocolo_proyecto_riegos_fps_2010.doc.
18. Pérez, U. L. 2007. Aplicación de los indicadores para el análisis de las acciones de mejora en zonas regables y para el desarrollo de un modelo de gestión integral del agua de riego. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España. Departamento de Agronomía.
19. Ríos Flores, J. L.; Torres Moreno, M.; Castro Franco, R.; Torres Moreno, M. A.; Ruiz Torres, J. 2015. Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 47(1): 93-107.
20. Rodríguez Díaz, J. A. 2003. Estudio de la gestión del agua de riego y aplicación de las técnicas de benchmarking a las zonas regables de Andalucía. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, España. 364 p.
21. Rodríguez Díaz, J. A. 2006, Índices de calidad del riego. Instituto de investigación y formación agraria y pesquera. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Boletín trimestral de información al regante. IFAPA No. 5.
22. Ruiz, H. A.; Oliverio Sarli, G.; Gonçalves Reynaud Schaefer, C. E.; Filgueira, R. R.; Silva de Souza, F. 2016. La superficie específica de oxisoles y su relación con la retención hídrica. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 48(2): 95-105.
23. Santos, L. M.; Otero, B. T. 1998. La aplicación del benchmarking en un sistema de información. Revistas Ciencias de la Información. La Habana, Cuba. 29(2):25-31.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Ing. María Guadalupe Chávez Espinoza (†),
por la información proporcionada a través del Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui.
Al Ing. José Ramón Romero Arreola y a Kevin Olascoaga Olmedo nuestro más sincero reconocimiento.