

## **INDICADORES DE GESTIÓN EN MÓDULOS DE RIEGO DEL DISTRITO No. 041, RÍO YAQUI SONORA, MÉXICO.**

Víctor Manuel Olmedo Vázquez (Centro Regional Universitario del Noroeste, Universidad Autónoma Chapingo). Colima 163 Norte, Colonia Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. olmedovazquez@gmail.com; Emilio Camacho Poyato (Escuela Técnica Superior de Agronomía. De Campus Rabanales. Edificio Leonardo da Vinci. Universidad de Córdoba. 14071 Córdoba, España. ag1capoe@uco.es; Juan Antonio Rodríguez Díaz (Escuela Técnica Superior de Agronomía. De Campus Rabanales. Edificio Leonardo da Vinci. Universidad de Córdoba. 14071 Córdoba, España. ma2rodij@uco.es y Ma. Leticia Hernández Hernández (Centro Regional Universitario del Noroeste, Universidad Autónoma Chapingo). Colima 163 Norte, colonia Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. hernandez.leticia710@gmail.com

### **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; analizando 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, 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 • suministro relativo de agua de riego

### **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, 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 • relative irrigation supply

## 1 INTRODUCCIÓN

Cada vez más las organizaciones, sin importar si son del sector público o privado, ven la necesidad de hacer mediciones mucho más objetivas de las que actualmente hacen. Por ello, hoy día estas organizaciones se preocupan por contar con información que les permita tomar decisiones más acertadas acerca del comportamiento de sus procesos para la evaluación de su gestión. Pero algunas de estas organizaciones olvidan que no basta recopilar la información, sino que también es indispensable tomarse el tiempo necesario y suficiente para el procesamiento e interpretación de los resultados de la medición (Zabala, 2005).

En este contexto, en el Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui (DRRY 041), el mejoramiento para la competitividad del sector agrícola está dado por varios elementos, entre los cuales se considera como un pilar importante la disponibilidad de agua en el sistema de presas (La Angostura, El Novillo y Oviáchic). Así, la competitividad puede estar influenciada por todos y cada uno de los elementos que se encuentran involucrados interna y externamente en los procesos de producción de los cultivos sembrados en la zona de estudio, uno de ellos y de trascendental importancia es el recurso agua.

Considerando que el manejo de agua de riego, para la producción agrícola es propiamente uno de los principales conocimientos con que los productores deben contar para poder ser más competitivos, se hace necesario analizar los efectos reales del uso eficiente de agua. Los indicadores de gestión considerados en el estudio, son propiamente de rendimiento y de eficiencia en la producción. Estos indicadores, se categorizan, se ordenan y se describen, con el propósito de conocer la direccionalidad de cada uno de los módulos de riego que pertenecen al distrito, y que deben seguir. Posteriormente, estos indicadores se aplican a los cultivos establecidos en el área agrícola con la finalidad de determinar las mejores prácticas existentes.

Los indicadores de gestión definidos en el estudio, se adaptaron a los desarrollados por el IPTRID (Malano y Burton, 2001), con el objetivo de adecuarlos, de la mejor forma posible, a los módulos de riego.

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 (Norris, 1991).

Se establece que la determinación de indicadores de productividad juega un papel importante en el desarrollo de cualquier empresa o institución (Doerr, y Sánchez, 2006). (Cullinane, et al. 2004) señalan que, además son útiles para proyectar el futuro de los mismos. La medición del funcionamiento permite orientar el rumbo de la actividad en la dirección más deseada.

En este contexto, 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, que 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 (Mondragón, 2002). En el segundo criterio se enfoca este estudio, debido a la utilización de bases estadísticas durante cuatro campañas agrícolas analizadas (2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014).

### 1.1 Antecedentes

Australia es reconocida internacionalmente como uno de los líderes en riego y drenaje. 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 (Alexander y Potter 2005).

Si bien en México, en el año 2002, se llevó a cabo un estudio por parte de los australianos en el Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui (Alexander, P. 2002), utilizando datos de la campaña agrícola 2000/2001, al analizar la información vertida en dicho estudio, se observó que solamente se 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 reforzó 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.

### 1.1.1 Distrito de Riego 041, Río Yaqui

El Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui en el Estado de Sonora, México; es una Sociedad de Responsabilidad Limitada de Iniciativa Privada y Capital Variable (DRRY 041, S. de R. L. de I. P. y C.V.), creada por productores para el servicio de los mismos, en donde están comprometidos a contribuir con el desarrollo sustentable de la comunidad, preocupándose por aportar soluciones para solventar las necesidades de agua actuales, pero además comprometidos también a cuidar las necesidades de las generaciones futuras. Las funciones del Distrito, son las de prestar el servicio de operación, conservación y administración de la red mayor de canales, red de drenaje, sus respectivos caminos y demás infraestructura hidroagrícola (DRRY, 2015).

La distribución de las tierras, calles, canales y drenes del distrito (figura 1.), son uniformes y regulares, integradas por un área compacta circunscrita por un perímetro sin solución de continuidad, repartida en una cuadrícula con calles situadas cada dos km y orientadas astronómicamente de Norte a Sur y de Oriente a Poniente. Los colectores, drenes y canales, corren paralelos y contiguos a las calles, excepto en algunas áreas de topografía irregular adyacente al río Muerto en el Canal Bajo y los adyacentes al arroyo Cocoraque en el Canal Alto. Esta disposición de las vías de agua permite hacer un eficiente suministro de agua de riego y facilita el drenaje superficial y profundo para cada manzana de 400 hectáreas, aunque algunos predios necesitan drenes interiores a nivel parcelario.

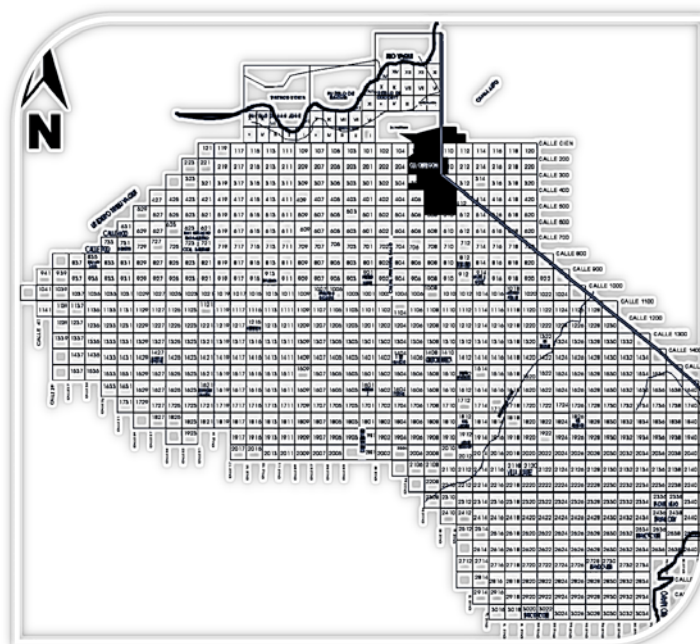


Figura 1. Distribución de calles, canales y drenes del distrito de Riego 041, Río Yaqui.

La infraestructura hidráulica del distrito de riego, deriva de los canales principales alto y bajo, el volumen de agua solicitado por los módulos, es en  $m^3/s$  a través de los 327 puntos de control con los que cuenta, de manera programada con el propósito de cumplir con los requerimientos semanales. Este volumen de agua es conducido por las tomas directas y canales laterales, derivándolas a los canales secundarios y/o

compuertas que llevan el agua hasta las parcelas programadas en L/s. Generalmente, en el cultivo de mayor importancia que es el trigo, se programan tres riegos por ha, vendiéndoles el distrito 8,0 millares de m<sup>3</sup>/ha de inicio, considerando una pérdida del 20% por conducción de manera ponderada; quedando en 6,4 millares de m<sup>3</sup>/ha. Cuando se requiere un cuarto riego se otorga un millar más, menos el 20% de pérdida por conducción, lo que se traduce finalmente en 7,2 millares de m<sup>3</sup>/ha.

## 1.2 Objetivos

Los objetivos para este estudio fueron: 1) Caracterizar a los 42 módulos de riego mediante indicadores de gestión 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.

## 2 METODOLOGÍA

Los métodos y técnicas empleados en este estudio, estuvieron determinados por la información aportada principalmente por el Distrito de Riego, la Comisión nacional de agua (Conagua), la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), 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.

La toma de datos como base fundamental una vez definidos los indicadores de gestión a desarrollar, es una etapa donde se recopilaron los datos necesarios para la obtención de las variables, las que, combinadas entre sí, van a formar los indicadores de gestión.

La información para el cálculo de los indicadores de gestión se clasificó en tres grupos:

- Datos relacionados con la infraestructura hidráulica del distrito de riego y los 42 módulos a través del suministro de agua, la superficie regada y los volúmenes de agua suministrados.
- Datos de productividad, los cuales consistieron en conjuntar bases de datos que incluyeron diversas variables relacionadas con los indicadores de gestión.
- Datos climáticos, en donde se recopilan series históricas de cuatro años.

### 2.1 Caracterización de módulos de riego

La metodología permitió identificar y comparar las diferentes eficiencias de riego existentes en el distrito. 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.

El protocolo para la caracterización, homogenizó la metodología para cada uno de los módulos de riego, determinando la información requerida y el tipo de procesamiento que sería necesario realizar. En cuanto a la información meteorológica, se calcularon las necesidades de agua para los diversos cultivos, a través del Cropwat 8.0, considerando también las precipitaciones (mm), los cultivos establecidos y sus superficies, los rendimientos (t/ha), el valor de la cosecha (miles de \$), la precipitación efectiva (mm), los volúmenes de agua en m<sup>3</sup>/ha, la ETo (mm), la ETc (mm). Esta información se utilizó en los indicadores de gestión definidos para los cuarenta y dos módulos de riego.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

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 dio énfasis a los indicadores de gestión: 1) Suministro Relativo de agua (RWS), el cual describe la cantidad de agua disponible para satisfacer las necesidades de los cultivos y 2) Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS), que indica la calidad del manejo del riego por parte de los regantes; y ambos

precisan sobre la condición de escasez o exceso de agua y de cómo ajustar la aplicación de agua con respecto a la demanda.

### 3.1 Suministro relativo de agua (RWS)

Al contar el distrito con 42 módulos de riego y haber analizado 4 años; se generó una cantidad importante de información; aunque en este caso y debido a la extensión territorial del distrito, y en 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, y que la mayoría de los datos obtenidos para este indicador nos muestran que se estaría regando en exceso, o bien un riego muy en exceso y un riego extremo.

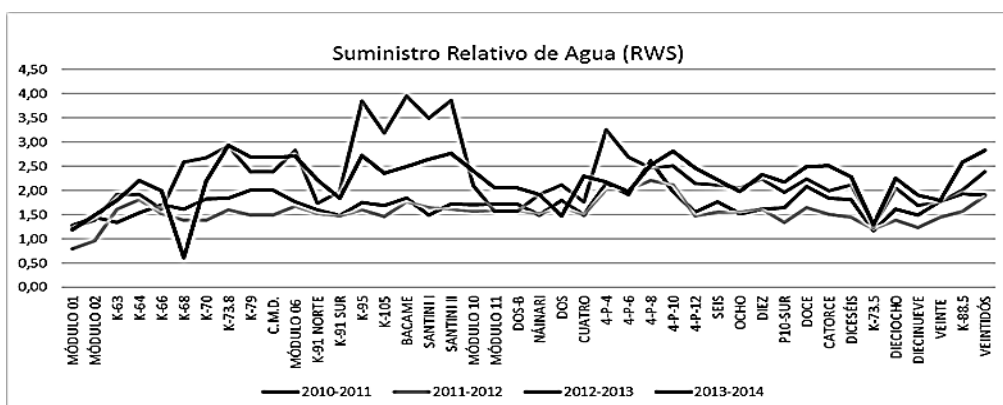


Figura 2. Indicador Suministro Relativo de Agua (RWS) para cada módulo de riego en el Distrito de Riego

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 del 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).

### 3.2 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 3.204 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 boca 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.

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 1, en función al planteamiento inicial realizado por (Pérez, 2007).

Tabla 1. Categorías para evaluar el RIS en el Distrito de Riego.

<b>Valor del RIS</b>	<b>Tipo de Riego</b>
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

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). 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 2.

Tabla 2. Indicador Suministro Relativo de Agua de Riego (RIS) según año agrícola.  
Por módulo de riego del Distrito de Riego, México.

MÓDULO De RIEGO	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
	RIS	RIS	RIS	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
<b>PROMEDIO DRRY</b>	<b>1,48</b>	<b>1,34</b>	<b>1,57</b>	<b>1,70</b>

En la figura 3, 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. Estos resultados expresan como 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, 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. 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 en el futuro 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 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.



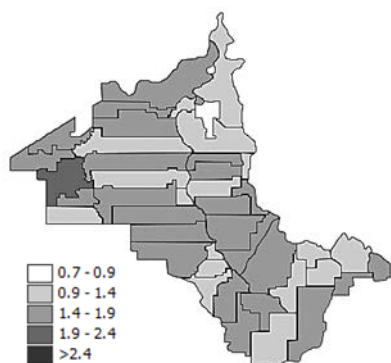


Figura 3. RIS para el año agrícola 2010-2011.  
Por módulo de riego del Distrito de Riego,  
México.

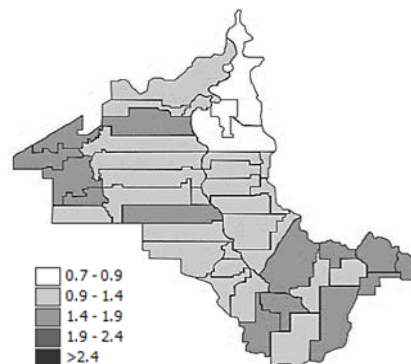


Figura 4. RIS para el año agrícola 2011-2012.  
Por módulo de riego del Distrito de Riego,  
México.

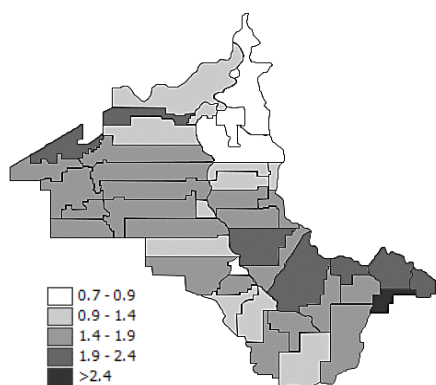


Figura 5. RIS para el año agrícola 2012-2013.  
Por módulo de riego del Distrito de Riego,  
México.

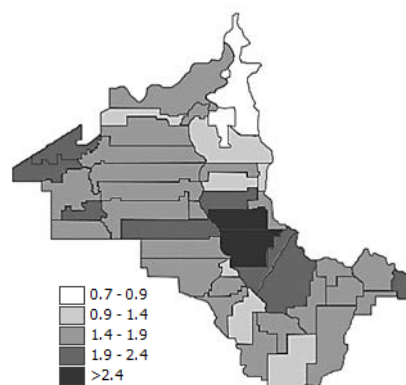


Figura 6. RIS para el año agrícola 2013-2014.  
Por módulo de riego del Distrito de Riego,  
México.

### 3.3 Productividad por unidad de agua de riego suministrada

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 a 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 puede 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 metro cúbico de agua consumida.

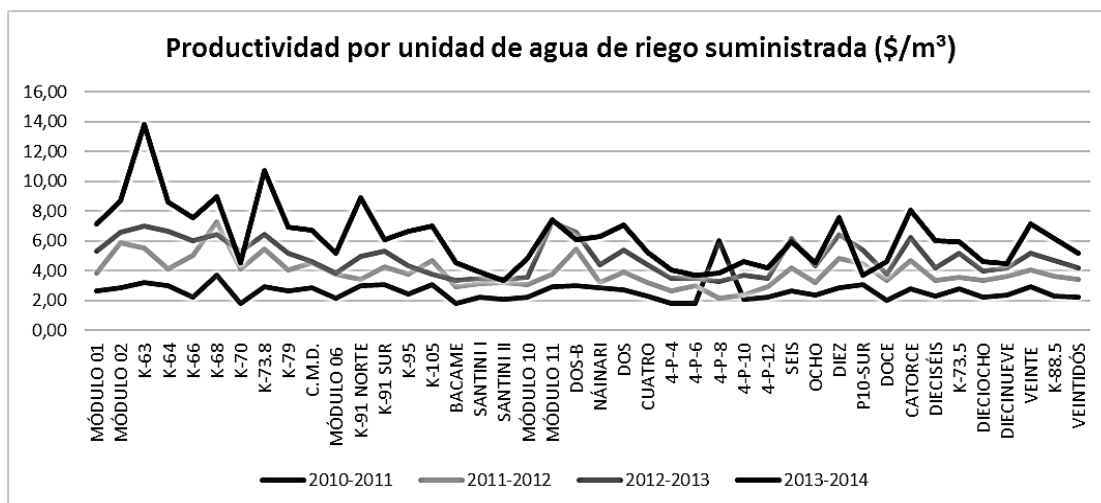


Figura 7. Productividad por unidad de agua de riego suministrada para cada módulo de riego en el Distrito de Riego, México. Por año agrícola. En pesos por metros cúbicos.

Al analizar el módulo 4-P-8 en el año agrícola 2010-2011 donde 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 llevo a contar con un mayor ingreso económico por hectárea producida y 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; y 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 considero 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

#### 4. 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 que en su conjunto podrían reutilizarse. 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.

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 en el futuro se puede tener una gestión del uso de agua de riego equivocada en el distrito para los consecutivos años agrícolas.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. Zabala, J. W de J. 2005. Gestión y auditoria de la calidad para organizaciones públicas. Indicadores de Gestión. Editorial Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.
2. 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.
3. Alexander, P. and Potter, M. 2005. Benchmarking of Australian irrigation water provider businesses 13th September 2005, Beijing, China.
4. Cullinane, K., Song, D.W., Ji P. y 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. Volume 3, Issue 2-june.
5. Distrito de Riego No. 041, Rio Yaqui. 2015. <http://drryaqui.org.mx/historia.html>
6. Doerr, O. y 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.
7. Malano, H. y Burton, M. 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage.
8. Mondragón, P. A. R. 2002. Revista de información y análisis núm. 19, julio-septiembre, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
9. Norris, N. 1991. Evaluación, Economía e Indicadores de Rendimiento. C.A.R.E. (School of Education. University of East Anglia.) U.K. Symposium «Judging Quality in Education», 17th Annual Conferece of the British Educational Research Association, Nottingham Polytecnic 28th-31st August.
10. 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.