



II CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2016

Chapingo, Edo. de México, del 08 al 10 de septiembre 2016

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA OPERACIÓN DE DOS CICLOS AGRÍCOLAS Y DEL SERVICIO DE RIEGO DEL MÓDULO DE RIEGO IV-1 “CULIACANCITO” A.C. DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN-HUMAYA, SINALOA

Luis Fernando Velázquez Serrano^{1*}; Clara Guadalupe López Plata²; Cesar Andrés Salazar Ríos²; Mario Alberto Montiel Gutiérrez³; Alfredo Araujo Beltrán⁴; Fernando Mercado García⁴

¹Presidente del Consejo de Administración de la AUPA Módulo IV-1 “Culiacancito” A.C. Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Carretera Culiacán-Vitaruto Km 8 Estación Rosales, Culiacán, Sinaloa. luisfvelazquezs@gmail.com. (*Autor para correspondencia).

²Operación y Estadística de la AUPA Módulo IV-1 “Culiacancito” A.C. Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Carretera Culiacán-Vitaruto Km 8 Estación Rosales. Culiacán Sinaloa

³Tecnólogo del Agua de la Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 62550 Jiutepec, Morelos, México.

⁴Supervisor RIGRAT del Módulo IV-1 “Culiacancito” A.C. Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa.

Resumen

Se presenta un análisis comparativo de la operación del Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito” durante los últimos 2 ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016 analizando el comportamiento de los volúmenes y gastos operados en la red de canales con una cédula de cultivos similar por cuanto a la superficie total con maíz como cultivo principal, pero con condiciones diferentes en cuanto a la presencia de lluvias invernales y otoño húmedo, lo que provocó que muchos usuarios sembraran tarde y en algunos casos con la humedad del suelo, alargando el intervalo del segundo riego a diferencia del ciclo anterior, pero disminuyendo los intervalos de tercero y cuarto riego, mejorando la producción agrícola del maíz. Se analiza también indicadores de riego en los dos últimos ciclos agrícolas como eficiencias, láminas de riego y la productividad del agua de riego. Como dato adicional se presenta el Índice de la determinación de oportunidad de entrega del agua (OEA) utilizado para describir el nivel de cumplimiento de las entregas de agua referido como el comportamiento promedio de la operación y entrega del agua del Módulo hacia el usuario resultando un índice Tipo A (de primer Nivel). Se presentan cuadros y gráficos que presentan y resumen los resultados, así como una breve descripción de los mismos.

Palabras clave adicionales: Operación de módulos de riego, servicio de riego.

Introducción

Módulo IV-1 Culiacancito A.C.

El Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito”, se encuentra localizado al Poniente de la Cd. de Culiacán, en parte de los Municipios de Culiacán y Navolato en el Estado de Sinaloa, en el área de influencia de la IV Unidad, del Distrito de Riego No. 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Cuenta con una superficie física total de 15,863.02 hectáreas, de las cuales son irrigadas 15,355.28 ha., de estas 8,913.85 pertenecen a 1,215 usuarios del sector social, que en promedio explotan una superficie de 7.33 ha y 6,441.43 ha, son de 413 productores del sector particular, que poseen en promedio 15.59 ha., y en general a nivel de Módulo de riego la superficie media por usuario es 9.43 ha. Cuenta con 7 secciones de riego y tiene una proporción en cuanto a la distribución de la tierra por sector, del 58.05 % para el ejidal y el restante 41.95 % para el particular.



Figura 1. Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito”. A.C.

Este Módulo de Riego, es el primero en utilizar las aguas de riego que conduce el Canal Principal Humaya a partir del km. 23+100, al término del tramo muerto (23.100 km.) que tiene este entre la Presa Derivadora Andrew Weiss y la zona de riego del Sistema Humaya. Cuenta con una Red General de Canales de 157.925 km.

Los suelos de los productores de este Módulo de Riego, son de primera y de segunda clase (14,288.55 ha.) según la clasificación interpretativa de tierras con

finos de riego; y sus principales factores de demerito son su textura (contenidos de arcilla cercanos al 60 %) y su profundidad (espesor de 1.00 a 0.50 m.); su topografía, con pendientes de ligeras a fuertes (del 2 al 4 %) y su relieve que va de ligera a moderadamente ondulado. Además, de su permeabilidad moderadamente lenta. A continuación, se analiza la operación del Módulo de Riego en los últimos 2 ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016.

Análisis del comportamiento de dos ciclos agrícolas.

En el presente ciclo agrícola 2015-2016, el volumen asignado para riego anual de acuerdo con el Comité Hidráulico fue de 120.1 MMm³, que sumado con el volumen de uso doméstico de 12.4 Mm³, se tiene un volumen total asignado al Módulo de Riego de 132.5 Mm³. Se estiman cerrar al 31 de septiembre con una economía de 14.86 Mm³ por lo que tendremos la oportunidad de utilizar para cultivos tempranos de hortalizas, sin afectar el volumen del próximo ciclo agrícola.

De las 14,225 hectáreas sembradas el 79.20% es de maíz, el 6.42% de otros granos como sorgo, garbanzo y frijol, el 5.29% de forrajes y alfalfa, el 6.91% de hortalizas principalmente tomate, pepino, chile, sandía y hortalizas pequeñas y el 2.17% de frutales. Como se muestra en la siguiente figura.

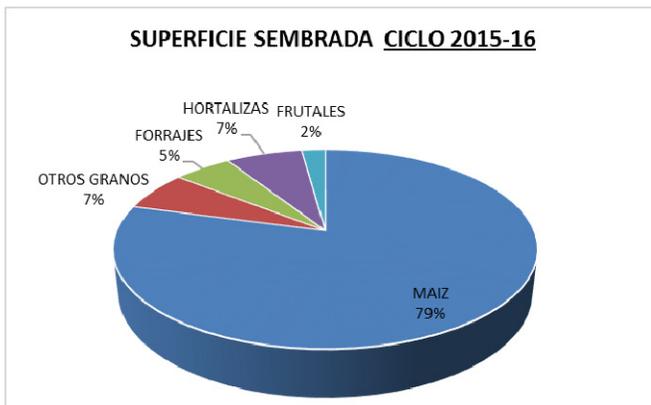


Figura 2. Porcentaje de superficie sembrada por grupo de cultivos en el Módulo IV-1 “Culiacancito” en el ciclo agrícola 2015-2016.

La superficie total sembrada en ambos ciclos fue similar con una diferencia de 143 has. En la siguiente figura de datos muestra el comparativo donde se puede observar la distribución de la superficie y cultivos, para el ciclo 2015-16 en la que se puede observar una variación de 1,457 has de maíz que representa un 14.86% más que el ciclo anterior.



COMPARATIVO DE SUPERFICIES SEMBRADAS

CULTIVO	2014-2015		2015-2016		DIFERENCIA HAS.	DIF. %
	SUPERFICIE SEMBRADA		SUPERFICIE SEMBRADA			
	HECTÁREAS	%	HECTÁREAS	%		
MAIZ	9,809.32	69.66%	11,267.06	79.20%	1,457.74	14.86%
OTROS GRANOS	2,415.72	17.15%	913.38	6.42%	- 1,502.34	-62.19%
FORRAJES	649.24	4.61%	753.03	5.29%	103.79	15.99%
HORTALIZAS	856.20	6.08%	983.06	6.91%	126.86	14.82%
FRUTALES	351.64	2.50%	309.20	2.17%	- 42.44	-12.07%
TOTAL	14,082.12	100.00%	14,225.73	100.00%	143.61	1.02%

Figura 3. Comparativo de superficies y cultivos sembrados en el Módulo IV-1 “Culiacancito” en el ciclo agrícola 2014-2015 y 2015-2016.

Se elaboró un plan de riegos para el ciclo 2015-2016 el cual se administró de la siguiente manera, se observa en el siguiente cuadro en donde se compran los dos últimos ciclos.

Cuadro 1. Gastos, volúmenes mensuales y acumulados en los ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016 en el Módulo IV-1 “Culiacancito” en el ciclo agrícola 2015-2016.

COMPARATIVOS DE VOLUMEN Y GASTO DE DOS CICLOS (2014-15 Y 2015-16)

CICLO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
VOLUMENES 2014-2015 (Mm3)	4.45	20.05	10.83	14.77	14.56	21.71	18.39	7.33	0.79	112.88
VOLUMENES 2015-2016 (Mm3)	2.79	6.86	5.89	15.64	22.13	25.1	21.5	11.19	2.84	113.94
VOLUMEN ACUMULADO 2014-15 (Mm3)	4.45	24.5	35.33	50.1	64.66	86.37	104.76	112.09	112.88	112.88
VOLUMEN ACUMULADO 2015-16 (Mm3)	4.45	9.65	15.54	31.18	53.31	78.41	99.91	111.1	113.94	113.94
GASTO MES 2014-2015 (M3/S)	1.72	7.74	4.18	5.7	5.62	8.38	7.09	2.83	0.37	4.85
GASTO MES 2015-2016 (M3/S)	1.07	2.65	2.16	6.74	8.54	9.68	8.21	3.91	1.19	4.91
% DEL VOLUMEN TOTAL 2014-2015 (Mm3)	4%	18%	10%	13%	13%	19%	16%	6%	1%	1.00
% DEL VOLUMEN TOTAL 2015-2016 (Mm3)	2%	6%	5%	14%	20%	22%	19%	10%	3%	1.01
BOMBEO 2014-2015 (Mm3)	0.5	1.63	1.01	2.65	3.91	5.32	4.67	0.26	0	19.95
BOMBEO 2015-2016 (Mm3)	0.4	0.83	0.49	1.76	2.13	4.27	2.48	0.444	0	12.80

La comparación de los datos anteriores muestra como en un mismo Módulo de Riego, con la misma cédula de cultivos, la forma de operar los canales y el servicio de riego a las parcelas podría variar de un ciclo agrícola a otro, debido principalmente a que en el ciclo 2015-16 a factores como el clima con la presencia de lluvias, heladas y otros problemas socioeconómicos como retraso de siembras y las variaciones del mercado agrícola.

El siguiente gráfico muestra los volúmenes mensuales y acumulados en los ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016 en el Módulo IV-1 “Culiacancito”.

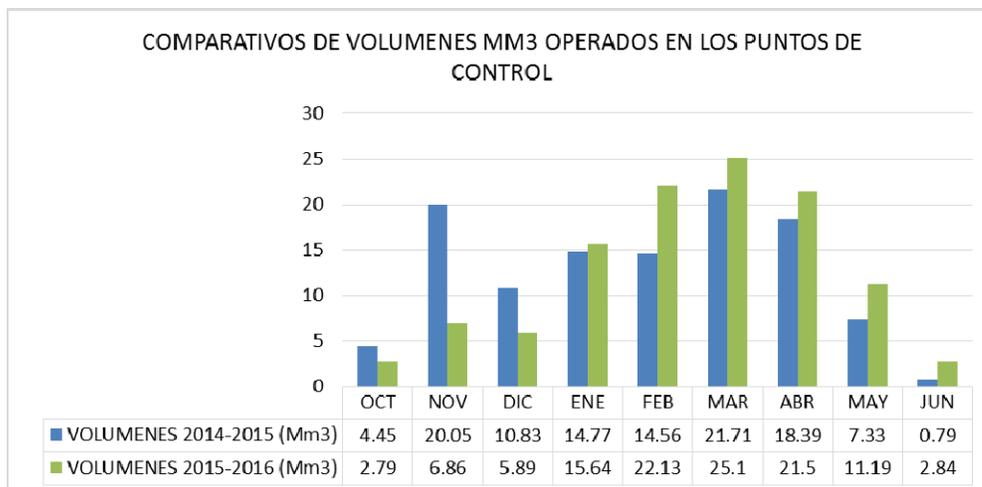


Figura 4. Comparación de volúmenes mensuales en los ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016 en el Módulo IV-1 “Culiacancito”.

Durante los meses de octubre y noviembre de 2015 se registraron precipitaciones importantes en el centro de Sinaloa, producto de la presencia de 2 huracanes en el pacífico (Patricia en Octubre y Sandra en Noviembre), Lo que provocó sin duda, que muchos usuarios del Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito”, sembraran con la humedad residual del suelo, principalmente maíz, teniendo como consecuencia que los volúmenes operados de manera regular en noviembre del orden de los 20 MMm³, se disminuyeran a sólo 6.8 MMm³, es decir casi una tercera parte de lo normal. Esto es equivalente de decir, que el gasto normal promedio en los canales del Módulo de Riego de 7.74 m³/s se redujo a 2.65 m³/s durante el mes de noviembre.

Y, por otra parte, sí además se considera que el día 12 de diciembre de 2015 se registró una precipitación de 80 mm, en sólo 6 horas. Muchos usuarios decidieron postergar su primer riego de auxilio, y nuevamente el volumen normal operado de 10 a 11 MMm³ del mes de diciembre se redujo a la mitad. La figura anterior, muestra también como los volúmenes de enero a mayo del ciclo agrícola 2014-2015, resultaron menores que los del ciclo agrícola 2015-2016, compensando la diferencia que se tuvo al arranque del ciclo agrícola, es decir aumentando los volúmenes mensuales para cerrar en el orden de los 112 MMm³ en ambos ciclos. Es decir, el volumen utilizado fue prácticamente el mismo, pero su distribución a lo largo del año varió en función de la demanda de los productores, con un saldo a favor en superficie de 1,457 has.

El siguiente gráfico de la figura 5 muestra como los volúmenes de bombeo aplicados en plan colectivo con descarga a canales o directamente a parcelas, siguieron un comportamiento similar siendo incluso menores en el ciclo agrícola actual 2015-2016, con un volumen bombeado de 14.82 MMm³ contra los 19.95 MMm³ aplicados en el ciclo agrícola 2014-2015. Cabe mencionar que se buscó aprovechar los volúmenes asignados para el presente ciclo además de trabajar alineados a la estrategia de abatir costos de energía eléctrica por bombeo.

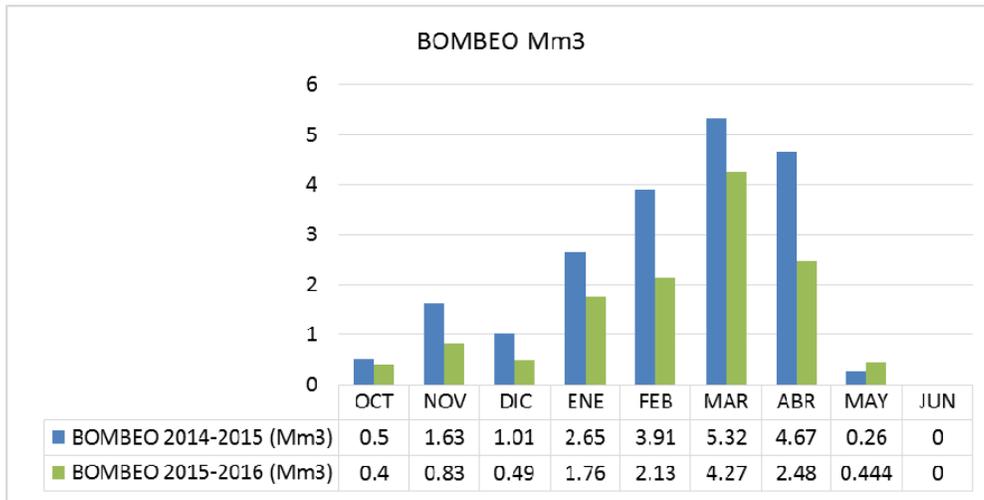


Figura 5. Volúmenes bombeados mensuales en los ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016 en el Módulo IV-1 “Culiacancito”.

La siguiente figura muestra que el presente ciclo agrícola 2015-2016 se dieron 4.1 riegos en el cultivo de maíz, con una distribución por riego tal y como se indica.

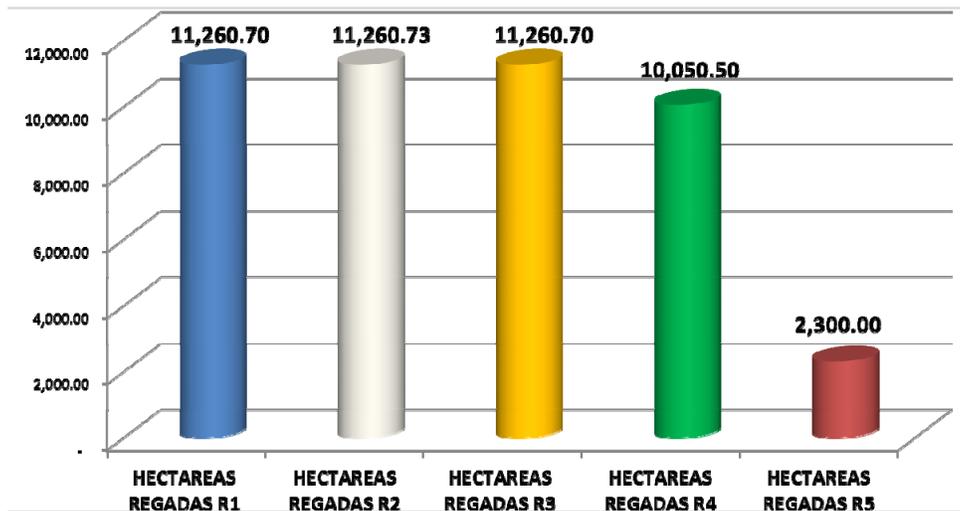


Figura 6. Comportamiento de las hectáreas-riego aplicadas y Riegos aplicados en el ciclo agrícola 2015-2016 en el Módulo IV-1 “Culiacancito”.

El siguiente gráfico muestra cómo se comportaron las hectáreas-riego por cada riego aplicado en cada ciclo agrícola, y puede verse como se comportaron los intervalos de riego del primero, segundo y tercer riego auxiliar.

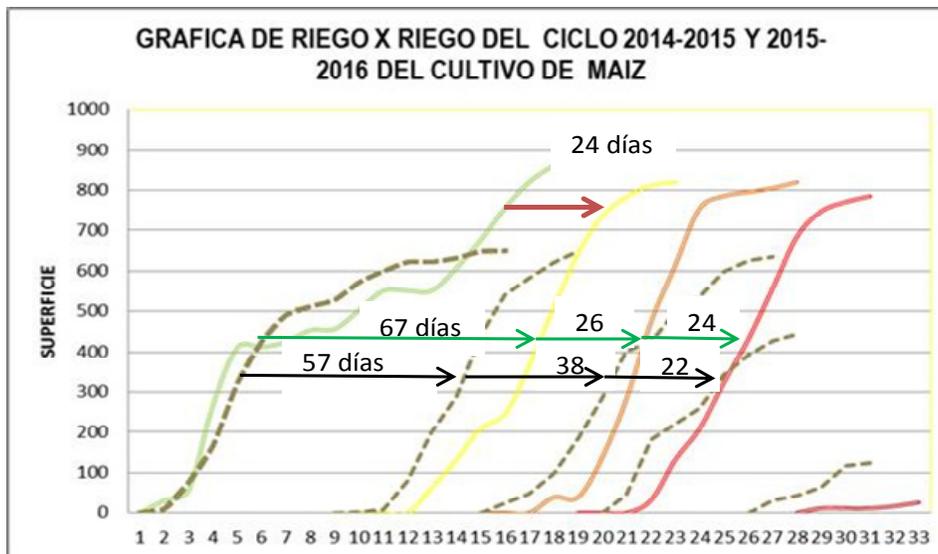


Figura 7. Comportamiento de las hectáreas-riego aplicadas e Intervalos de Riego presentados en los ciclos agrícolas 2014-2015 (- - -) y 2015-2016 (—) en el Módulo IV-1 “Culiacancito”. (Corresponde a la Sección 1).

En el caso del ciclo anterior 2014-2015 los intervalos de riego para segundo, tercero y cuarto riego, en promedio fueron de 57, 38 y 22 días, lo cual es una distribución típica de cómo se maneja el cultivo de maíz en el Módulo de Riego. Sin embargo, en el presente ciclo agrícola los intervalos promedio fueron de 67, 26 y 24 días abriendo 10 días el primer intervalo (entre el primero y segundo riego) y cerrando 12 días el segundo (entre el segundo y el tercero) para concluir con el mismo tercer intervalo de riego 22 a 24 días. Cabe mencionar que hubo un cierto porcentaje de usuarios (alrededor de un 35%) que dieron tarde su primer riego, pero que su primer intervalo de riego no mayor de 24 días a 30 días.

Lo anterior significa, que durante el presente año 2015-2016, la humedad fácilmente aprovechable (HFA) del suelo estuvo con mejor disponibilidad, lo que permitió que los maíces fueran mejor abastecidos en cuanto a sus requerimientos de riego. Sin duda, lo más favorable al cultivo fue cerrar el segundo intervalo de 38 a 26 días durante la floración y espigamiento del maíz a partir de los 90 días después de la fecha de siembra (DFS).

Otro factor importante, fue que el tercer intervalo de riego resultó de 24 días y no 38 días como se dio el año anterior, lo que mantuvo la (HFA) del suelo de los 100 a los 120 días, fecha del último riego y que coincide con la formación de grano lechoso a grano masoso, formando una mazorca de mayor calidad y peso. Como resultado de lo anterior, el rendimiento promedio de maíz en el Módulo de Riego fue de **11.93 ton/ha** en el presente ciclo agrícola 2015-2016, cuando el rendimiento del año pasado 2014-2015 resultó de **9.55 ton/ha** lo que indica un aumento de **2.38 ton/ha** en promedio, tal y como se muestra en el promedio de las 7 secciones de riego, en la siguiente figura.

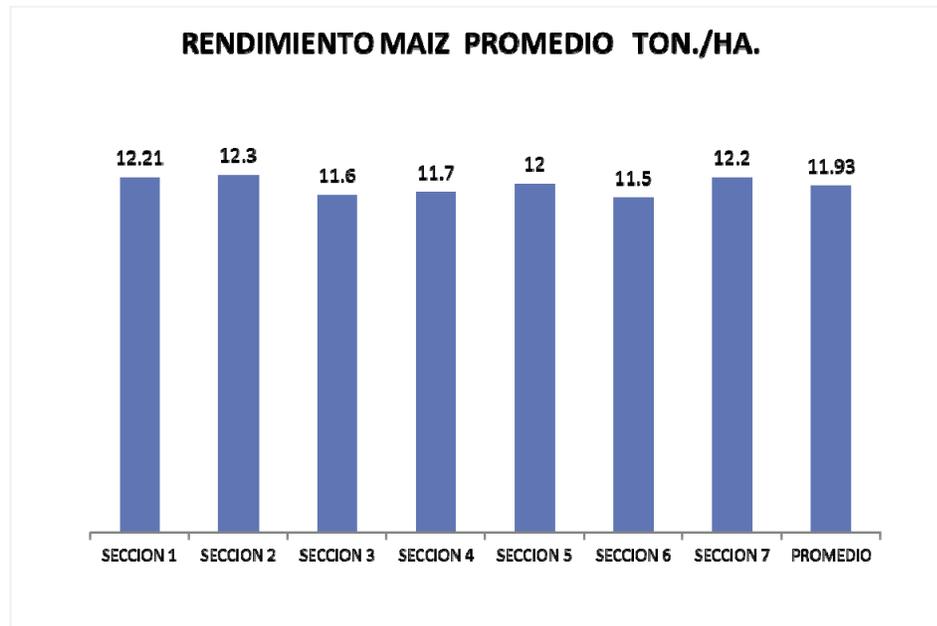


Figura 8. Rendimiento promedio de maíz por sección de riego en el Módulo de riego IV-1 “Culiacancito” durante el ciclo agrícola 2015-2016.

Análisis del Servicio de Riego

Un buen servicio de riego al usuario en el cual el gasto parcelario de riego sea con **oportunidad, constancia y suficiencia**. Oportunidad significa que el intervalo de riego sea el adecuado para el cultivo y se aplique sin merma de rendimiento. Constancia es que no varíe en su valor, (ni menor, ni mayor) durante el tiempo de aplicación y suficiencia es que sea suficiente para regar toda su superficie en el tiempo programado.

De acuerdo a la metodología para la Formulación del Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego del Banco Mundial, (2004), para evaluar el servicio de riego de los usuarios se tiene el **Índice de la determinación de oportunidad de entrega del agua** (OEA) estimado como el tiempo de desfasamiento, con respecto al tiempo de entrega solicitado, describir el nivel de cumplimiento de las entregas de agua referido como el comportamiento promedio de la operación y entrega del agua del Módulo a los usuarios (OEA_{MU}). Los niveles de oportunidad son los siguientes:

- Nivel A (Primer Nivel):** OEA ≤ 24 horas
- Nivel B (Segundo Nivel):** 24 horas ≤ OEA ≤ 48 horas
- Nivel C (Tercer Nivel):** 48 horas ≤ OEA ≤ 72 horas
- Nivel D (Cuarto Nivel):** OEA > 72 horas



Causas de fuerza mayor, como por ejemplo reparaciones de emergencia en mecanismos de control del canal principal o laterales, problemas en terracerías y/o estructuras de canales laterales, o bien cortes de energía en los pozos del plan colectivo y sobretodo la falta de presencia y supervisión del personal operativo en la operación de los canales, (canaleros) puede provocar que el servicio de riego se atrase lo que hace que se desfase el tiempo de cumplimiento de las entregas de agua. En el caso del Módulo IV-1 “Culiacancito” durante el ciclo agrícola 2015-2016, se tiene una demanda acumulada de 49,023 ha-riego demandadas, de las cuales se regaron un total de 47,836 ha-riego (98%). El siguiente gráfico muestra los datos mensuales.

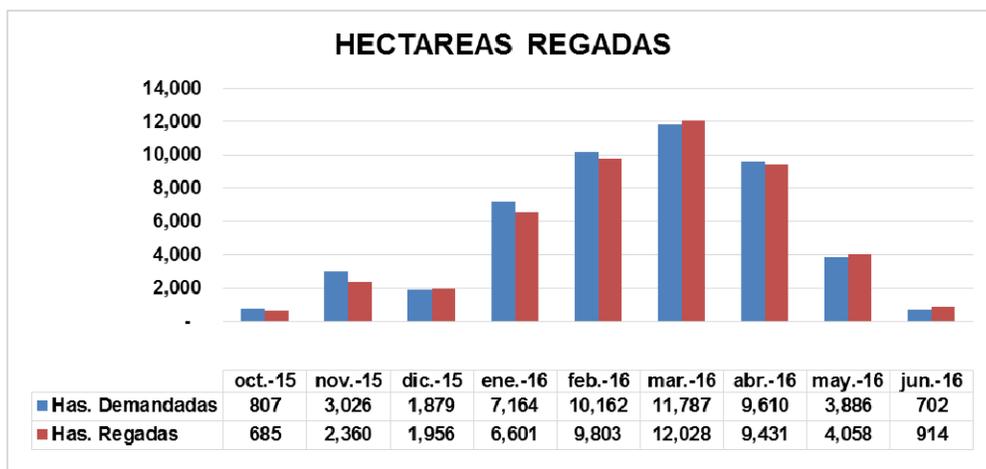


Figura 9. Hectáreas riego por mes demandadas y regadas en el Módulo IV-1 “Culiacancito” durante el ciclo agrícola 2015-2016.

En el gráfico anterior muestra que el 98% de la demanda fue atendida, no quiere decir que el restante 2% no se regó, sino que no se pudo atender en el día y la hora programada y su servicio de riego se desfasó algunas horas ó días (lluvias, logística por parte del usuario u otras incidencias).

De acuerdo con la información del propio Módulo de Riego, el tiempo de entrega promedio es de **24.23 horas** oscilando entre *25.2 horas* como máximo en el mes de febrero y *21 horas*, tal y como se muestra en la siguiente figura.

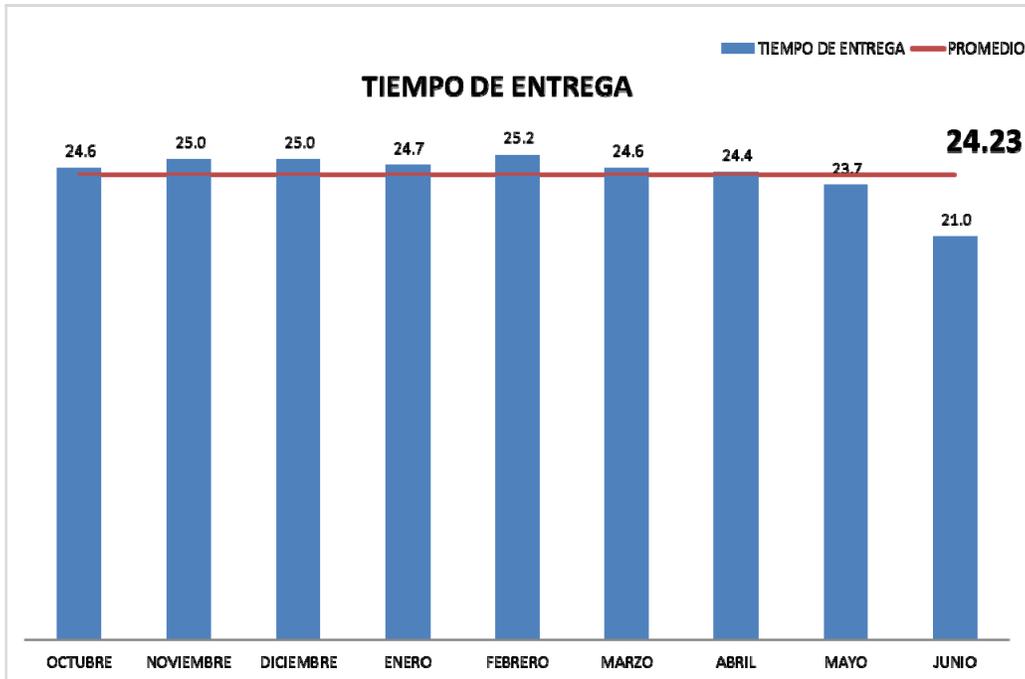


Figura 10. Tiempo de desfasamiento de Oportunidad de entrega de agua en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2015-2016.

Lo anterior, significa que el Módulo de Riego tiene una OEA en **Nivel B**, pero por muy **poco margen** de diferencia, puede ser considerado Nivel A. (**Primer Nivel**).

En el caso de los riegos demandados y aplicados se tiene un comportamiento similar al del gráfico anterior. En el caso de los riegos se programaron 6,429 riegos los cuales se cumplieron en su totalidad al mes de junio 2016.

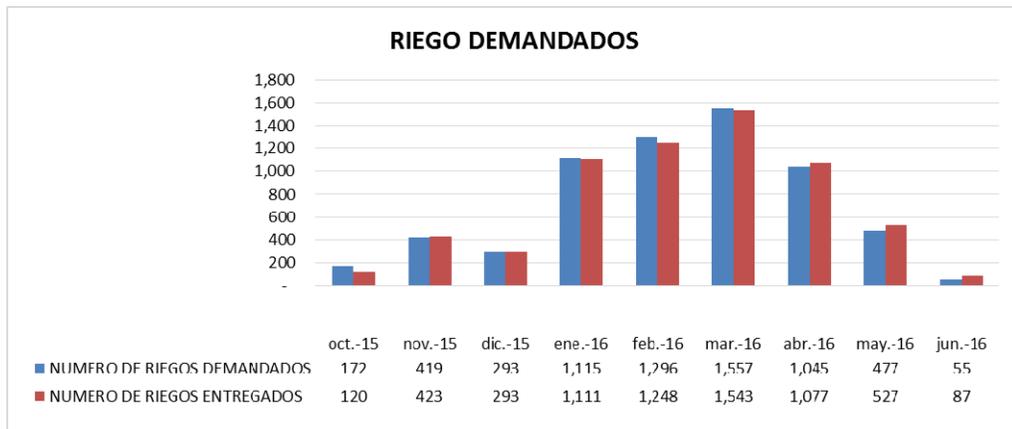


Figura 11. Riegos demandados y con servicio de riego en el Módulo IV-1 “Culiacancito” durante el ciclo agrícola 2015-2016.



Operación del Módulo de Riego

De acuerdo con los datos de operación del Módulo de Riego, el volumen total asignado fue de 135.06 MMm³ del cuales se entregaron 114.62 MMm³ para una diferencia de 20.44 MMm³, que corresponde a un ahorro del orden del 15.43% con respecto del plan de riegos. Es necesario mencionar que el volumen asignado por Sección de Riego fue resultado de un cálculo efectuado de acuerdo con el plan de riegos mensual elaborado por cada uno de los canaleros responsables de una sección de riego.

Cabe mencionar que el personal de operación del módulo recibió un curso de capacitación específico para elaboración y control de planes de riego, por lo que El Módulo IV-1 “Culicancito” pudiera ser uno de los pocos Módulo de Riego de los 483 que existen en el país en donde los canaleros calculan, elaboran y dan seguimiento a su propio plan de riegos y es en función de éste que se les asigna el volumen y se da seguimiento durante todo el ciclo agrícola a nivel de sección de riego. El cuadro 2 siguiente muestra los resultados del año agrícola ciclo 2015-2016 por cada una de las secciones de riego.

Cuadro 2. Volúmenes brutos y netos (programados y entregados) por sección de riego en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2015-2016.

SECCIONES	VOLUMENES MM3					
	ASIGNADO VOL BRUT.	ENTREGADO	ASIGNADO VOL. NETO	ENTREGADO	DIFERENCIA MM3	PORCENTAJE RESTANTE %
SECCION 1	17.24	16.64	12.74	11.95	0.60	3.49
SECCION 2	21.58	17.60	15.99	12.54	3.98	18.42
SECCION 3	13.91	9.57	10.15	6.67	4.34	31.18
SECCION 4	16.64	14.08	12.28	12.31	2.56	15.41
SECCION 5	19.75	17.92	14.64	12.93	1.83	9.28
SECCION 6	24.14	19.08	17.87	13.52	5.06	20.95
SECCION 7	21.80	19.73	16.17	14.04	2.07	9.49
TOTAL MODULO DE RIEGO	135.06	114.62	99.84	83.97	20.44	15.13

El gráfico siguiente muestra los datos anteriores por sección de riego.

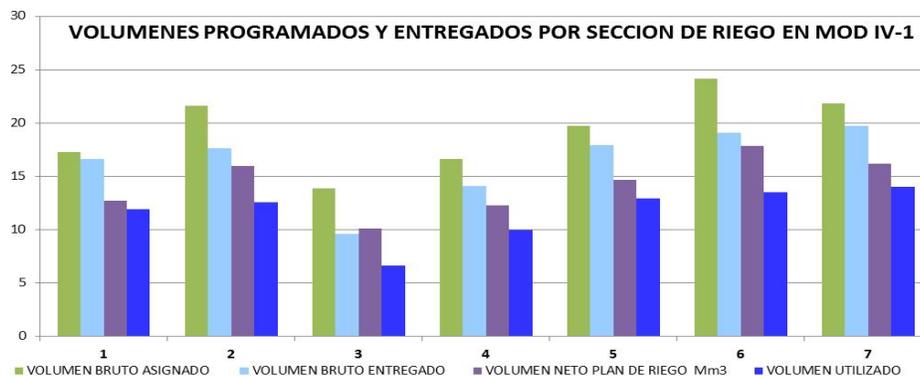


Figura 12. Volúmenes programados y entregados en plan de riego por sección de riego en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2015-2016.



En el cuadro anterior se observa un ahorro de 20.44 MMm³ de agua sin afectar los rendimientos de los cultivos.

Nótese como las secciones de riego 1, 5 y la 7 son las que más cerca estuvieron de su volumen programado con lo entregado. Las secciones 2, 3, 4 y 6 deben determinar mejor sus índices de riego y volúmenes perdidos o eficiencias para lograr un mejor acercamiento en el próximo ciclo. Lo cual se espera lograr a través de los controles estadísticos que en este rubro se han venido implementando en el módulo.

La eficiencia de operación mensual en el Módulo en todo el ciclo agrícola es de 71.02% variando desde 61.69% en el mes de octubre hasta 73.90% en el mes de febrero y de 62.8 en el mes de junio de 2016.

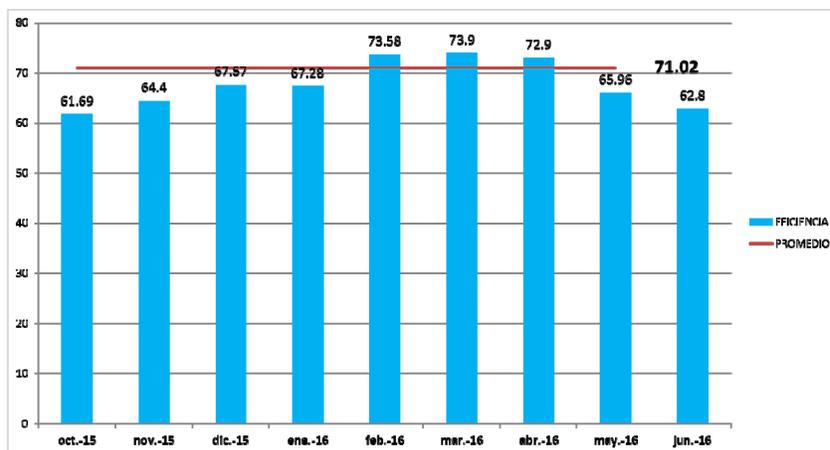


Figura 13. Eficiencia de operación por mes en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2015-2016.

La lámina por riego promedio es de 18.49 cm. por sección se comporta de manera uniforme de acuerdo con los informes de distribución de aguas de los canaletes. La lámina neta total es de 72.83 cm. en el ciclo agrícola 2015-2016. La lámina bruta a nivel de punto de control es de 102.66 cm. El siguiente gráfico muestra la lámina riego a nivel de sección de riego.

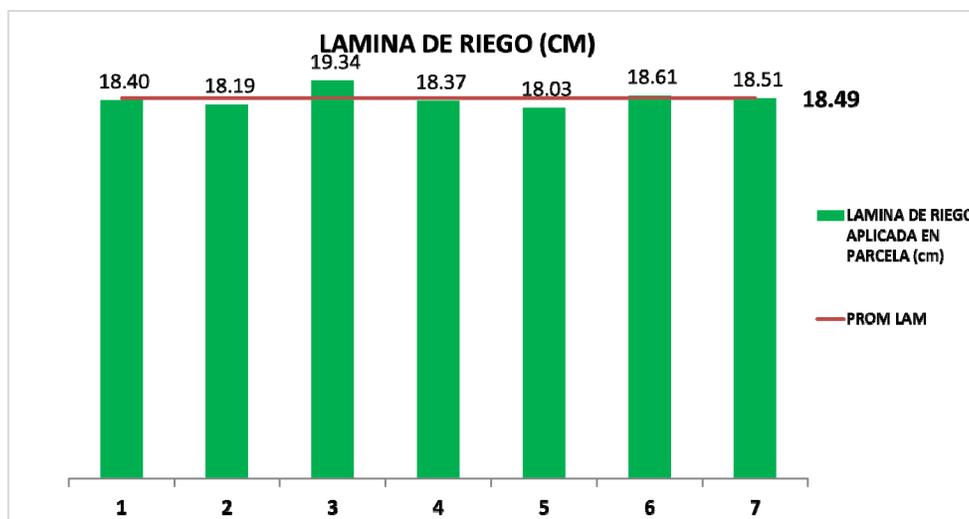


Figura 14. Lámina por riego por sección en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2015-2016.

Conclusiones

Se presenta un análisis de la operación de un Módulo de Riego con sus indicadores principales calculados por sección de riego y por mes. Lo anterior, es producto del sistema de información estadística del Módulo de Riego y a la supervisión diaria y semanal, del propio personal directivo del Módulo.

Se presenta un análisis para la determinación del Índice de Oportunidad en las Entregas de Agua (OEA) en el Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito” resultando ser del tipo A (Primer Nivel).

Se presenta un análisis de la comparación de la operación de 2 ciclos agrícolas con base a los volúmenes y hectáreas-riego, operados por mes, lo que repercute en los intervalos de riego que se utilizaron y que disminuyeron el déficit de humedad del suelo siendo mejor aprovechada por el cultivo de maíz que incrementó su rendimiento promedio en **2.38 ton/ha**.

Referencias bibliográficas

- Hernández Adrián. (2004). CONAGUA. Términos de Referencia de la Metodología para la Formulación del Plan Director para la Modernización Integral de Distritos de Riego. Banco Mundial. Reunión Nacional de Planes Directores. Zacatecas, Zacatecas. México.
- IMTA, 2013. Plan de acciones para el uso sustentable del agua de riego e incremento de productividad del Módulo IV-I del DR 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Proyecto RD 1324.3 Informe Final Subcoordinación de Ingeniería de Riego. Coordinación de Riego y Drenaje del IMTA. Jiutepec, Morelos.