



IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2018

Aguascalientes, Ags., del 15 al 18 de octubre de 2018

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA OPERACIÓN DE CUATRO CICLOS AGRÍCOLAS DEL MÓDULO DE RIEGO IV-1 “CULIACANCITO” A.C.

Mario Alberto Montiel Gutiérrez^{1*}; Luis Fernando Velázquez Serrano²; Clara Guadalupe López Plata³; Cesar Andrés Salazar Ríos³

¹Tecnólogo del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532 Col. Progreso Jiutepec, Morelos, C.P. 62550, México.

mmontiel@tlaloc.imta.mx - (52) 7773293658 (*Autor de correspondencia).

²Presidente del Consejo de administración de la Asociación de Usuarios Productores Agrícolas “Culiacancito” Módulo IV-1 A.C, Estación Rosales, Culiacán, Sinaloa. C.P. 80300.

³Operación 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.

Resumen

Se presenta un análisis comparativo de la operación del Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito” A.C durante los últimos 4 ciclos agrícolas 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018, analizando el comportamiento de los volúmenes brutos, netos, requeridos por los cultivos y su relación con los gastos y eficiencias operadas en la red de canales y parcelas del Módulo de Riego, con una cédula de cultivos similar en cuanto a la superficie promedio sembrada de 14,529 ha, teniendo al maíz blanco como cultivo predominante. En todos los casos se analiza la presencia o no de lluvias invernales y otoño húmedo, misma que repercute en los requerimientos de riego y en la variación de las demandas mensuales, número e intervalos de riego. Se analizan también indicadores de riego en los cuatro ciclos agrícolas como: láminas de riego, hectáreas riego productividad del agua, así como los rendimientos de maíz con base a la fecha de siembra y riegos aplicados. 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 hacia el usuario resultando un índice Tipo A (de primer Nivel). Los resultados indican también una eficiencia de conducción promedio a nivel Módulo del 70.82%, una eficiencia de aplicación del 62.74% y una eficiencia en punto de control del 44.43%, así como una disminución de 1.68 cm en la lámina neta por riego debido a las mejoras en la supervisión y aplicación del riego parcelario. Se presentan resultados de incrementos hasta de 2 ton/ha en los rendimientos de maíz con respecto al promedio del Módulo, cuando la fecha de siembra es la recomendada en la región. Se presentan cuadros y gráficos que resumen los resultados, así como una breve descripción de los mismos.

Palabras claves: Operación de Módulos de Riego, servicio de riego.

Introducción

La Asociación de Usuarios Productores Agrícolas “Culiacancito”, Módulo de Riego IV-1 A.C., 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 has., y 6,441.43 has. Son de 413 productores del sector particular, que poseen en promedio 15.59 has., 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.

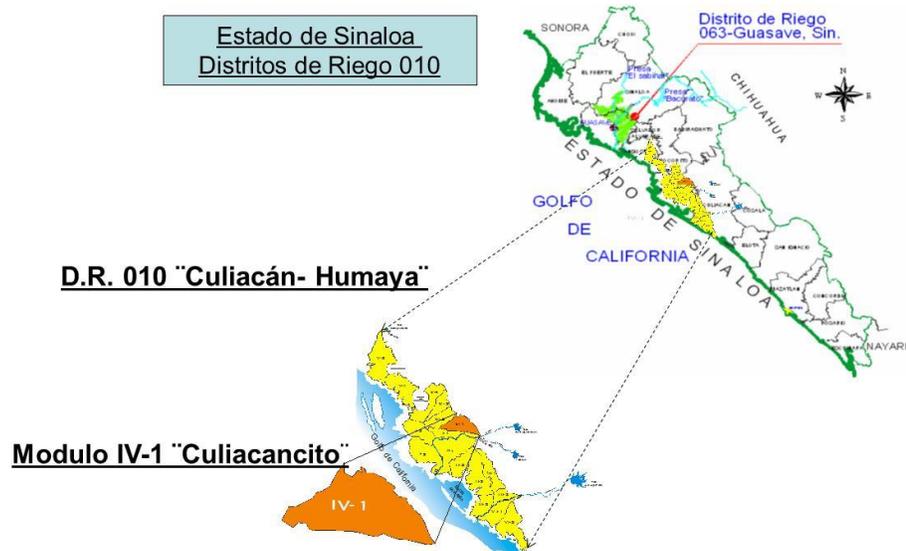


Figura 1. Ubicación geográfica del Módulo de Riego IV-1 “Culiacancito”. A.C. en Sinaloa.

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 fines 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. En el año 2016, se presentaron los resultados correspondientes a la operación del Módulo de Riego en los ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016 (**Velázquez, 2016**). En el presente documento, se presentan los resultados correspondientes a los últimos cuatro ciclos agrícolas 2014-2018, resaltando una operación variable producto de la disponibilidad de agua en las presas, presencia de lluvias y cédulas de cultivos de media y baja demanda, que en su conjunto mediante la estadística agrícola del Módulo, permiten establecer parámetros



definitorios en cuanto a los indicadores de la operación del Módulo: Eficiencias de conducción, láminas de riego, hectáreas-riego y número de riegos.

Superficies sembradas de los últimos cuatro agrícolas (2014-2018)

En los últimos cuatro ciclos agrícolas en promedio se han sembrado 14,442 ha en los ciclos agrícolas otoño-Invierno y primavera verano, siendo mayormente sembrado el ciclo invernal con un 97% de la superficie total sembrada. Destaca el ciclo 2015-2016 con el 5% de la superficie sembrada, siendo un total de 798 ha de primavera -verano, tal y como se observa en el siguiente gráfico siguiente 1

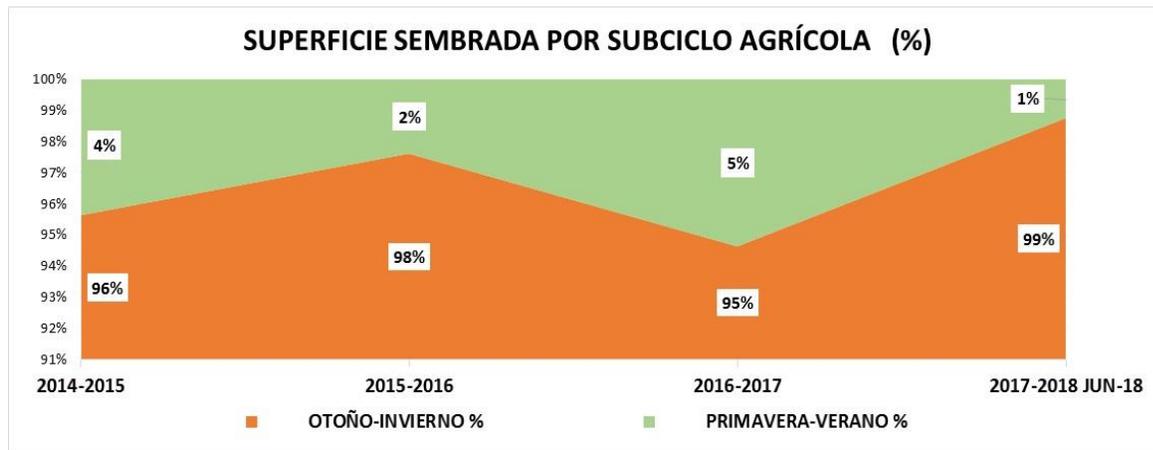


Figura 2. Porcentaje de superficie sembrada por subciclo agrícola en el Módulo IV-1 "Culiacancito" en los últimos cuatro ciclos agrícolas.

De las 14,442 hectáreas sembradas en promedio se tiene el 70.64% con cultivo 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 las siguientes figuras y cuadros.



CULTIVOS	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	PROMEDIO
TOTAL	14,077.12	14,573.24	14,955.78	14,162.56	14,442.18
MAIZ (ha)	9,809.32	11,267.06	10,485.42	9,244.50	10,201.58
PORCENTAJE (%)	69.68	77.31	70.11	65.27	70.64

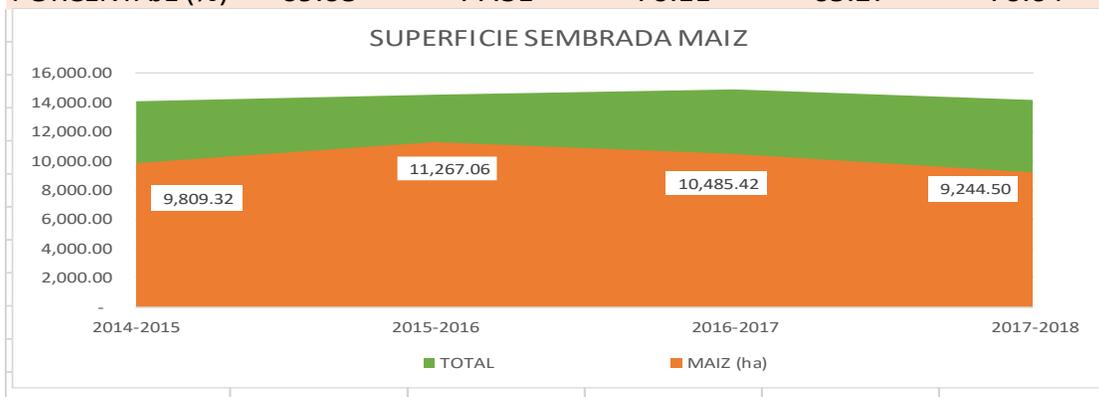


Figura 3. Porcentaje de superficie sembrada por grupo e cultivos en el Módulo IV-1 “Culiacancito” en el ciclo agrícola 2015-2016.

La superficie total sembrada en los cuatro ciclos fue similar con diferencias menores de ± 400 ha con relación a la media. En la siguiente tabla de datos muestra el comparativo donde se puede observar la distribución de la superficie y cultivos, para los cuatro ciclos agrícolas, 2014-2015, 2015-16, 2016-2017 y 2017-2018 en la que se puede observar como en el ciclo 2014-2015 el sorgo llegó cerca de las 950 ha, y en el ciclo 2017-2018, el cultivo de garbanzo se sembró en 2170 ha. Estas variaciones son producto de los precios y expectativas de venta de los productores.

CULTIVOS	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
TOTAL	14,077.12	14,573.24	14,955.78	14,162.56
GARBANZO	639.72	195.54	758.47	2,170.68
FRIJOL	335.97	603.03	833.15	710.32
FORRAJE	589.58	687.99	547.70	604.42
TOMATE	295.46	360.69	626.10	416.41
FRUTALES	351.64	309.20	325.80	312.91
MAIZ P-V	32.50	284.09		173.00
PEPINO	86.34	125.31	59.83	125.75
CALABAZA	3.43	8.55	65.16	91.37
HORTALIZAS	198.66	199.88	105.72	79.15
SORGO	941.41	104.13		69.51
CEBOLLA	12.20	63.85	22.44	54.31
ALFALFA	59.66	65.04	79.03	51.11
CHILE	104.83	81.18	95.51	47.82

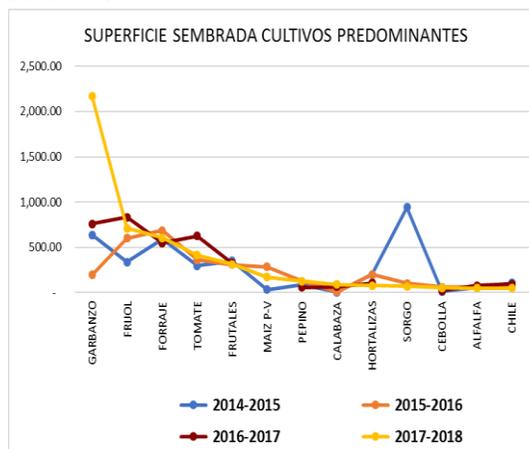


Figura 4. Comparativo de superficies y cultivos sembrados en el Módulo IV-1 “Culiacancito” en el ciclo agrícola 2014-2015 y 2015-2016.



Volúmenes utilizados de los últimos cuatro agrícolas. (2014-2018)

La Tabla 1 muestra los volúmenes operados en puntos de control, asignados por la CONAGUA, para agrícola y uso doméstico, así como los volúmenes bombeados con agua de reúso, así como la comparación con el plan de riegos realizado por la A.C.

Tabla 1. Superficies y volúmenes asignados y transferidos para uso agrícola y doméstico en los ciclos agrícolas 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018, así como el promedio de 4 años en el Módulo IV-1 “Culiacancito” A.C.

RESULTADOS DE OPERACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CICLOS			
		2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018 JUN-18
SUPERFICIE SEMBRADA	HECTAREAS	14,723.03	14,573.24	14,955.78	14,163.56
OTOÑO-INVIERNO	HECTAREAS	14,082.12	14,225.73	14,157.09	13,990.56
PRIMAVERA-VERANO	HECTAREAS	640.91	347.51	798.69	173.00
VOLUMEN TOTAL ENTREGADO POR EL COMITÉ HIDRÁULICO		117.60	132.40	150.09	125.39
VOLUMEN ASIGNADO INICIO CICLO	Mm3	117.60	132.40	147.19	119.19
VOLUMEN BANCO DE AGUA	Mm3	-	-	2.90	4.20
VOLUMEN TRANSFERIDO ADICIONAL	Mm3	-	-	-	2.00
VOLUMEN DE PRESA UTILIZADO PARA:	Mm3	113.70	115.17	156.60	126.13
USO AGRICOLA	Mm3	105.20	104.57	144.70	117.51
USO DOMESTICO	Mm3	8.50	10.60	11.90	8.62
DISPONIBLE DE LO ASIGNADO POR EL COMITÉ HIDRÁULICO	Mm3	3.90	17.23	- 6.51	- 0.74
VOLUMEN BOMBEADO	Mm3	26.96	12.87	15.56	18.92
VOLUMEN TOTAL UTILIZADO CON BOMBEO	Mm3	144.56	145.27	165.65	144.31
DISPONIBLE RESPECTO A LO PLANEADO		2.64	15.03	-0.56	-4.92

La comparación de los datos anteriores muestra como en un mismo Módulo de Riego, con una cédula de cultivos similar así como 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 a factores como el clima con la presencia o no de las lluvias de otoño e invernales, 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”.

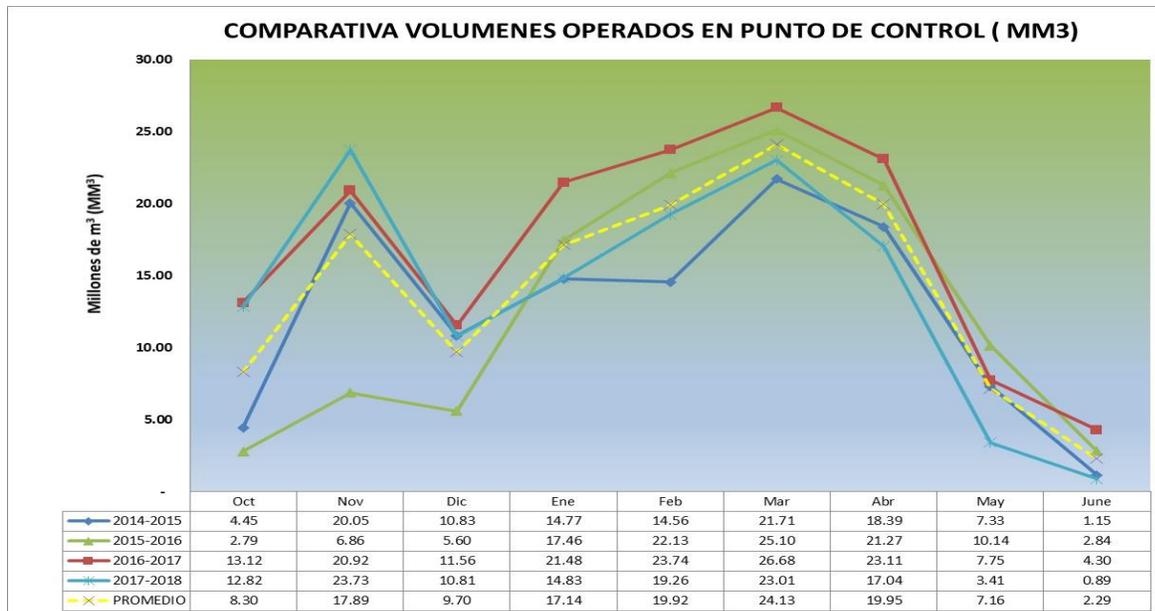


Figura 5. Comparación de volúmenes mensuales en los últimos cuatro ciclos agrícolas y el promedio 2014-2018 en el Módulo IV-1 “Culiacancito” A.C.

Nótese como existen ciclos en donde la presencia de lluvias de otoño e invernales como el ciclo 2015-2016, los volúmenes solicitados fueron mínimos en la primera parte del ciclo agrícola y máximo al cierre. Caso contrario en los ciclos 2016-2017 y 2017-2018, la no presencia de lluvias durante ambos ciclos agrícolas provocó que los volúmenes operados fueran máximos desde el inicio hasta casi el final del ciclo agrícola.

Y es que 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 MM³, se disminuyeran a sólo 6.8 MM³, 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. Caso atípico que se presentó en todo el Distrito de Riego, quedando estos volúmenes en presa como ahorro, siendo un total de 500 Millones de m³ con relación a lo programado. **(Moreno, 2018)**

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 maíz con un total de 1,457 ha.

Operación del Módulo de Riego

En el caso de los ciclos 2016-2017 y 2017-2018, al ser un ciclo con sequía, el plan de riegos considerado no fue exactamente como lo planeado al no haber la presencia de lluvias, por lo que se aumentó el número de solicitudes de riego, las hectáreas-riego y por lo tanto el número de riegos aplicados. El caso crítico se presentó durante en el ciclo agrícola 2016-2017 con un total 9132 solicitudes de riego y 62,485 hectáreas-riego que en total suman 4.18 riegos en promedio por los 1628 usuarios del Módulo. Al respecto puede también puede observarse en la figura 6 siguiente, como el número de riegos aumenta con relación a la no presencia de lluvias en la zona, pasando de un promedio de 3.18 riegos en el ciclo agrícola 2015-2016 a un promedio de 4.18 riegos en el ciclo agrícolas 2016-2017, lo que significa un aumento de 1 riego completo.

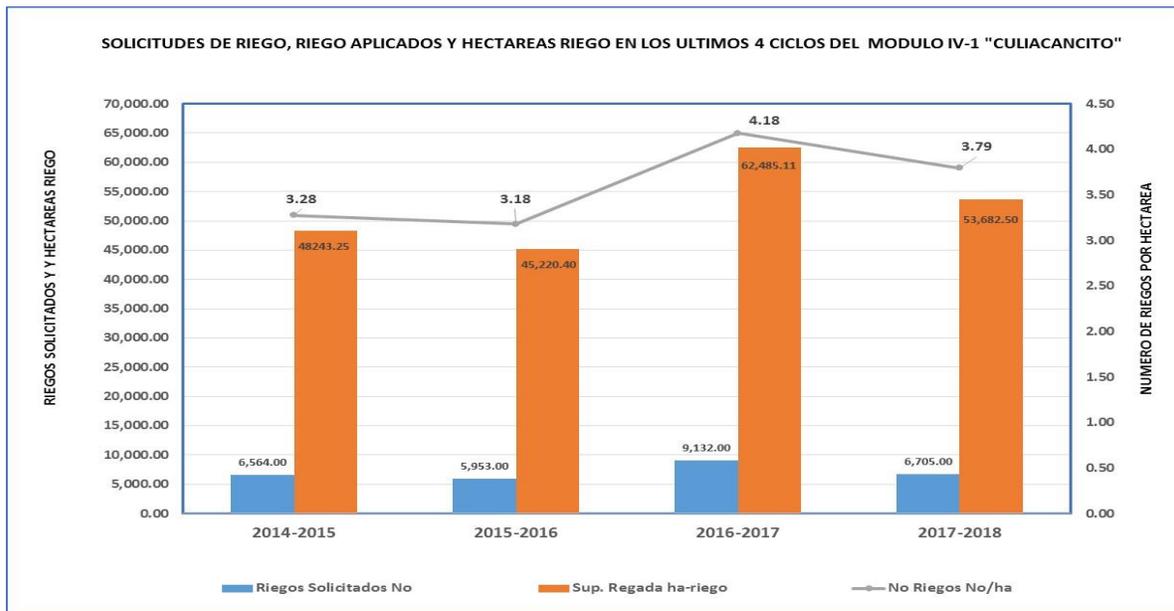


Figura 6. Comparación de solicitudes de riego, hectáreas riego y riegos aplicados en los últimos cuatro ciclos agrícolas en el Módulo de Riego Culiacancito. A.C.

El siguiente gráfico de la figura (7) 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 2015-2016, con un volumen bombeado de 12.87 MM³ contra los 26.96 MM³ aplicados en el ciclo agrícola 2014-2015 y 18.93 MM³ en el ciclo 2017-2018. 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. En promedio el volumen de bombeo es del 14.14% con respecto al volumen de presa.

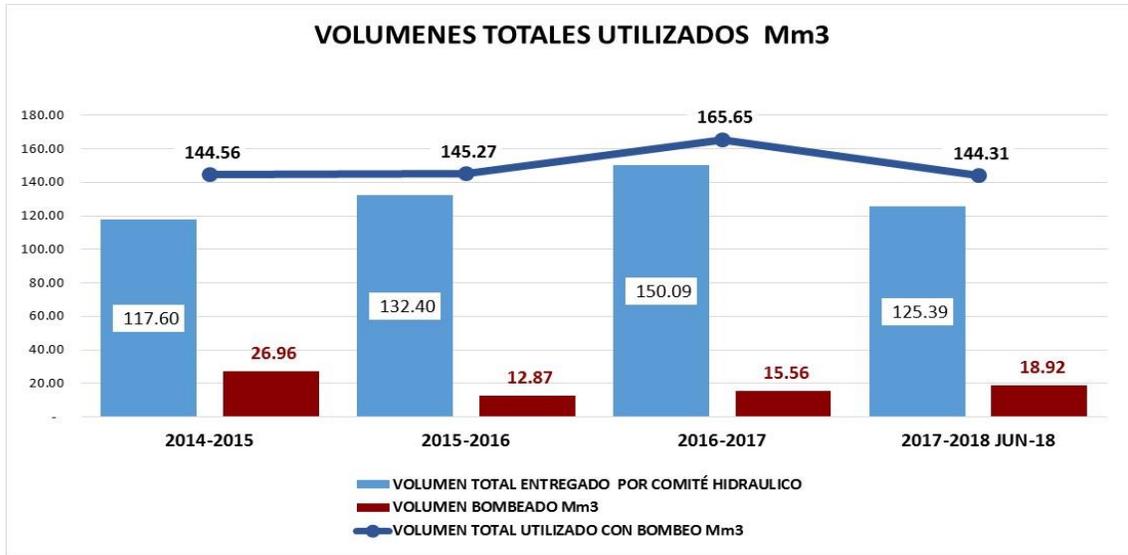


Figura 7. Volúmenes bombeados anuales en los últimos cuatro ciclo agrícolas en el Módulo IV-1 “Culiacancito”.

Al respecto se analizaron los volúmenes brutos en Punto de Control y Netos en toma parcelaria de los últimos cuatro años, y se compararon contra los requerimientos de riego de los cultivos, calculados para las cuatro cédulas de cada ciclo agrícola, utilizando el software CROPWAT 2.0 de la FAO. (2017). La figura 8 siguiente muestra los resultados obtenidos en los 4 ciclos agrícolas. Nótese como la lámina neta y bruta es menor con la presencia de lluvias de octubre hasta el mes de mayo (línea azul del gráfico), con relación a los ciclos secos. Sin embargo, los requerimientos de riego no varían en la misma proporción o intensidad.

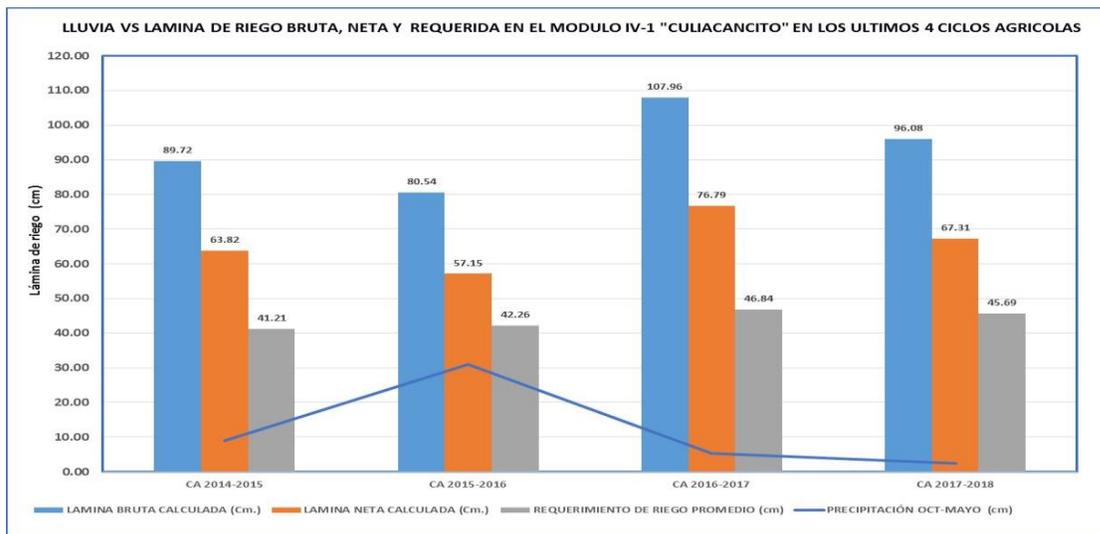


Figura 8. Lámina bruta, neta y requerida en los últimos cuatro ciclo agrícolas en el Módulo IV-1 “Culiacancito”.

Los requerimientos de riego compuestos por las cédulas de cultivo con predominancia de maíz de la figura 4, varían de 41.21 cm en el ciclo 2014-2015, hasta 46.84 cm en el ciclo 2016-2017. Esta variación corresponde a las fechas de siembra, siembras de

cultivos de baja demanda como frijol, sorgo o garbanzo, además de segundos cultivos. De acuerdo con la figura 8 anterior, la lámina bruta menor corresponde a un total de 80.54 cm en el ciclo 15-16, para una lluvia acumulada de 32 cm desde octubre de 2015 hasta mayo 2016. la lámina bruta mayor corresponde a un total de 107.96 cm en el ciclo 16-17, para una lluvia acumulada de 6 cm desde octubre de 2016 hasta mayo 2017. Una disminución de la lluvia estacional de 26 cm corresponde a un incremento de lámina bruta en punto de control de 27.54 cm o como ya se vio antes un incremento de un riego adicional. La siguiente gráfica de la figura 9 muestra el comportamiento de la lámina neta por riego a nivel de punto de control en el Módulo de Riego.

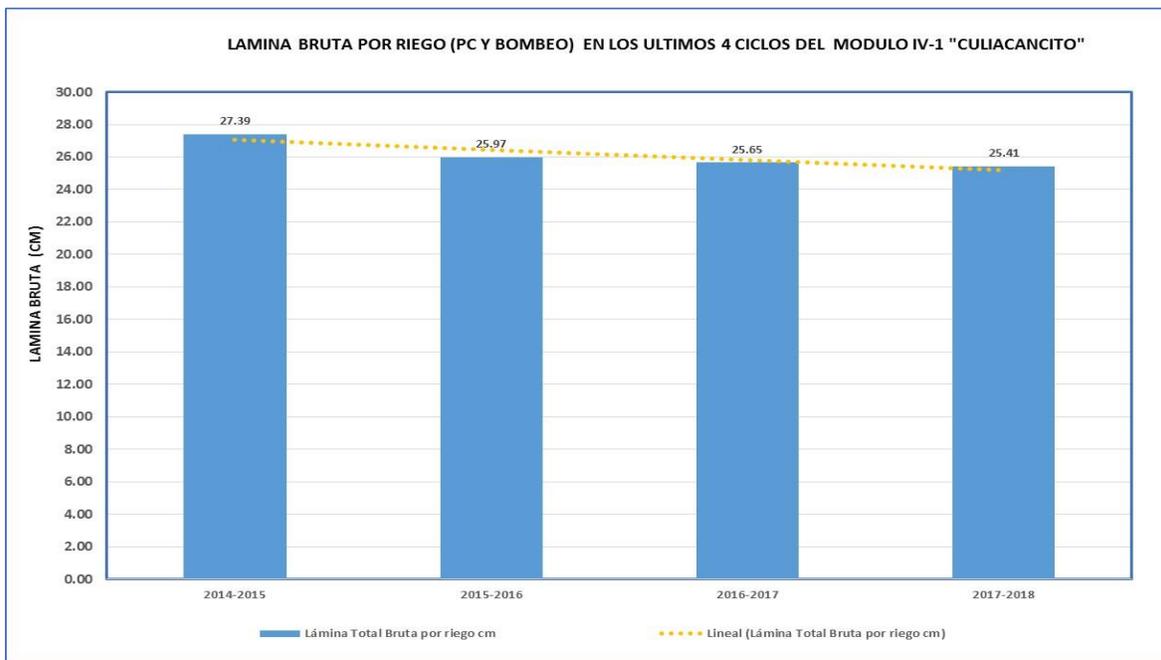


Figura 9. Evolución de la lámina bruta por riego a nivel de punto de control de Módulo.

El valor de promedio de la lámina bruta por riego es de 26.23 cm equivalente al valor estimado del incremento de lámina por riego en la condición de lluvias y sin lluvias. Este dato por sí mismo, permite concluir la dependencia del manejo del riego por gravedad en la zona de Culiacán, aumentando o disminuyendo la lámina bruta y el número de riegos, cuando el usuario aprovecha la humedad residual del otoño y sobre todo la presencia de frentes fríos y lluvias invernales.

El Módulo de Riego a través de su directiva y presidencia, ha emprendido mejoras en cuanto a la operación y manejo del riego parcelario. Mediante un sistema de información geográfica que incluye toda la captura de la información hidrométrica parcelaria, captura y evidencias de aforos, RIGRAT en 4000 ha con 4 técnicos, implantación de sistemas GPS en los vehículos de los canaleros y Jefe de Zona, además de juntas de coordinación y seguimientos de plan de riegos y atención de solicitudes semanal, la lámina bruta y neta por riego han disminuido por concepto de estas medidas en un promedio de 1.98 cm a nivel de punto de control y de 1.67 cm a nivel de toma parcelaria, tal y como se aprecia en la siguiente figura 10.

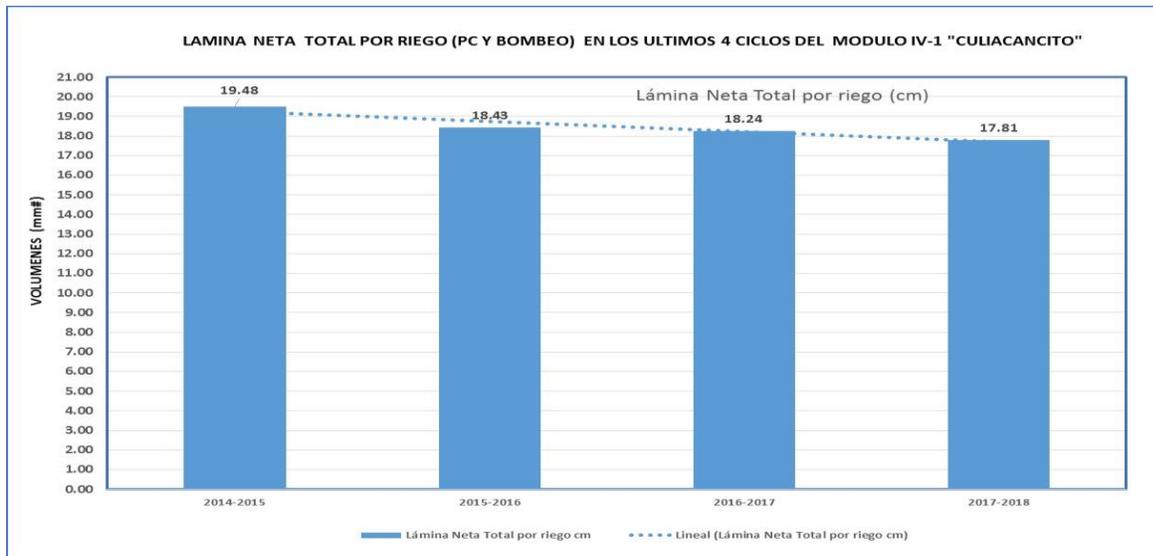


Figura 10. Evolución de la lámina neta por riego a nivel de toma parcelaria en el Módulo de Riego “Culiacancito” Módulo IV-1 A.C.

Una disminución de 2 cm en la lámina bruta por riego en un promedio de 52,407 ha-riego en los cuatro ciclos agrícolas, representa un ahorro de **10.48 Millones de m³ en punto de control** que actualmente se está ahorrando el módulo, producto de estas acciones no estructurales. En dinero y valor de producción, esto representa un ingreso en cuotas de riego de **\$1.61 Millones de pesos** a un valor de \$154 pesos el millar de m³ o bien la siembra de 1,126.8 ha con una lámina bruta de 93 cm que generan un valor de la producción de **\$54.09 Millones de pesos**, sembrando maíz blanco en la superficie beneficiada, con un rendimiento de 12 ton/ha que se da en el Módulo de riego. En total se tiene un beneficio económico de **\$55.70 Millones de pesos**, producto es estas acciones. La productividad económica del agua es de **5.31 \$/m³** ahorrado. Por otra parte, los volúmenes utilizados a nivel de cultivos, toma parcelaria y punto de control se presentan a continuación en el siguiente gráfico.

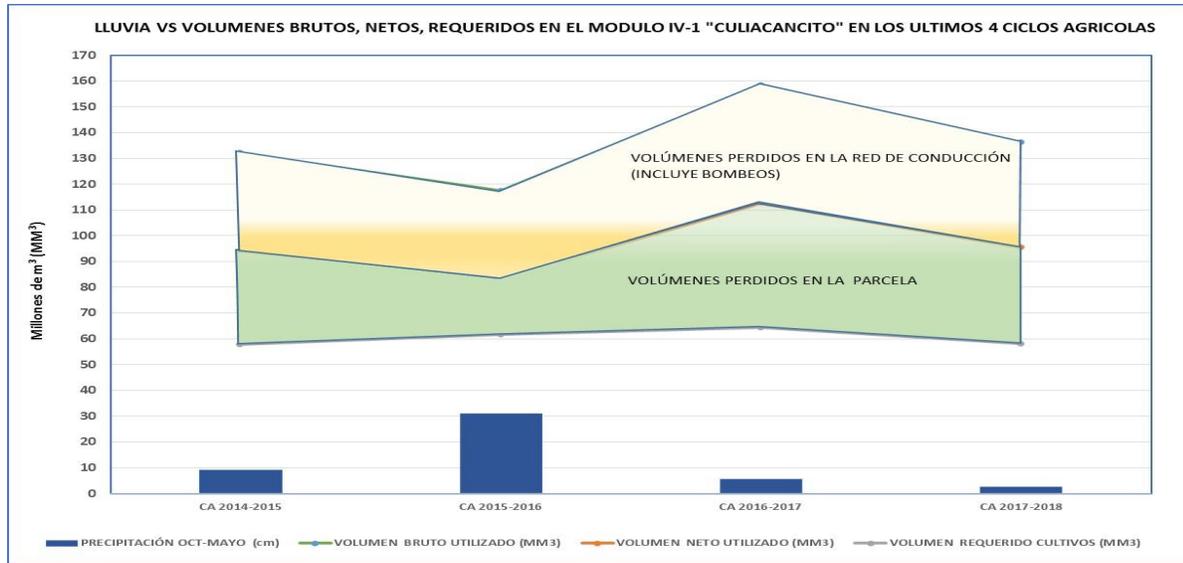


Figura 11. Comportamiento de los volúmenes requeridos, netos y brutos en punto de control del Módulo de Riego “Culiacancito” en los últimos 4 ciclos agrícolas.

En el gráfico anterior 11 puede notarse como durante ciclos lluviosos, los volúmenes perdidos en la parcela disminuyen (aumentando la eficiencia de aplicación), esto, por efecto del ajuste en los intervalos de riego y su vez aumentan en el caso de ciclos agrícolas sin lluvia, al incrementarse el número de riegos, disminuyendo la eficiencia de aplicación. Los volúmenes perdidos en la red de conducción permanecen casi constantes lo que equilibra prácticamente la eficiencia de conducción a un 70.82% en promedio, tal y como se observa en el siguiente gráfico 12:

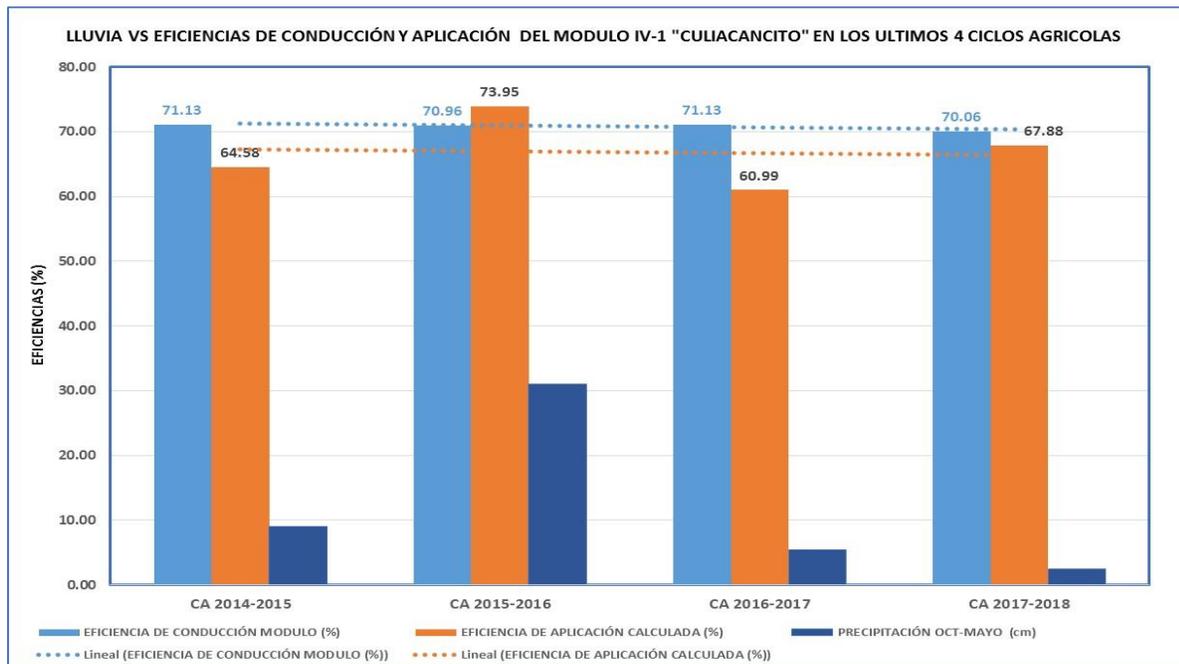


Figura 12. Eficiencia de aplicación y de conducción en el Módulo IV-1 Culiacancito en los últimos cuatro ciclos agrícolas.



El promedio de la eficiencia de aplicación es del 62.74% que multiplicado por la eficiencia de conducción nos representa una eficiencia bruta a nivel de punto de control del **44.44%**. En un estado del arte sobre la revisión de eficiencias de Módulo a nivel de puntos de control, es difícil encontrar valores similares de comparación ya que los datos son a nivel distritales. Se estima que el valor así calculado esta por arriba de la media nacional de Módulos y Distritos de Riego.

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 reducción 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 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 desfaseamiento, 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):	$OEA \leq 24$ horas
Nivel B (Segundo Nivel):	$24 \text{ horas} \leq OEA \leq 48$ horas
Nivel C (Tercer Nivel) :	$48 \text{ horas} \leq OEA \leq 72$ 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 los ciclos agrícolas 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018 se que el 98% de la demandas de riego solicitadas por los usuarios 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 otros incidencias). De acuerdo con la información del propio Módulo de Riego (con datos almacenados en base de datos con fotografía), 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.

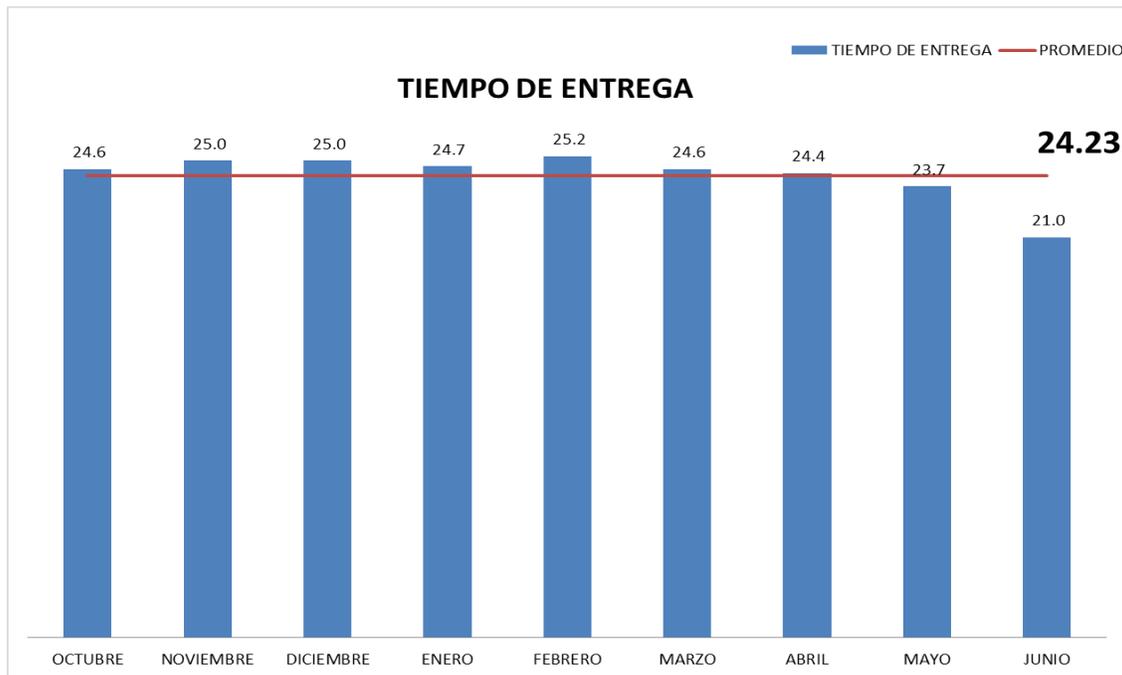


Figura 13. Tiempo de desfasamiento de Oportunidad de entrega de agua en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2015-2016.

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**).

Riego y rendimiento en maíz

El análisis de intervalos de riego en las secciones de riego ha permitido a los canaleros y operadores del sistema, contar ya con una herramienta auxiliar en la programación del riego, producto del conocimiento y registro de los riegos aplicados en los últimos cuatro ciclos agrícolas. El siguiente gráfico muestra los intervalos de riego en maíz promedio por sección en los últimos cuatro ciclos agrícolas.

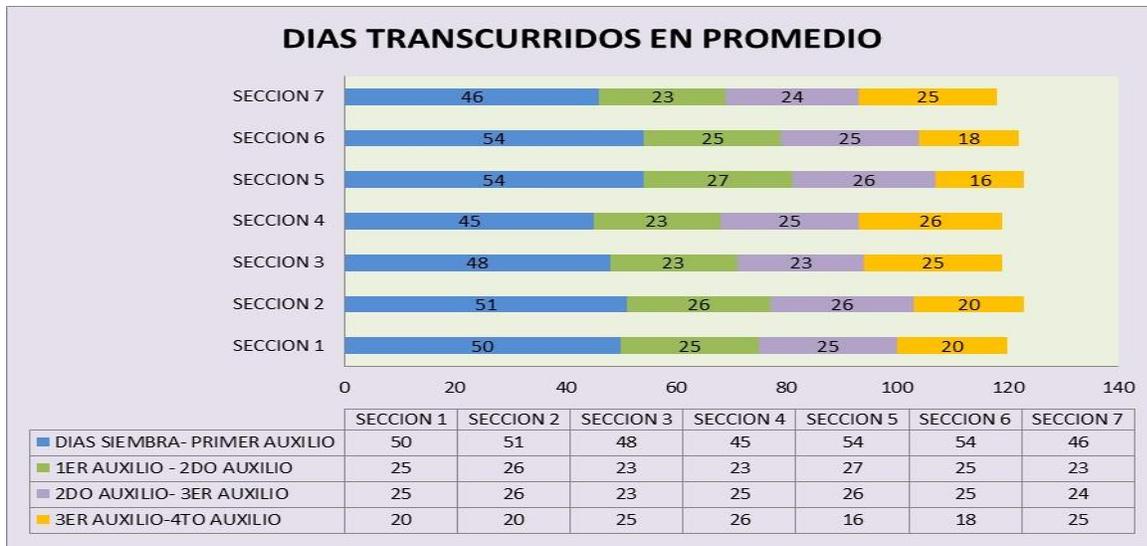


Figura 14. Intervalos de riego de maíz, y su variabilidad en las 7 secciones de riego del Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante los últimos cuatro ciclos agrícolas.

De acuerdo con los datos anteriores en el Módulo de riego el primer intervalo de riego es de 49.71 días a partir de la fecha de siembra, el segundo es de 24.57 días correspondiente al intervalo entre el primer y segundo riego, el tercero es de 24.86 días y el último es de 21.43 días para un total de 120.57 días desde la fecha de siembra. Tal y como se muestra en el siguiente gráfico 15.



Figura 15. Intervalos de riego promedio en el cultivo de maíz blanco para riego en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante los últimos cuatro ciclos agrícolas.

Por último, es de comentar que de acuerdo con los datos recabados por los canaleros y el sistema de información geográfica del Módulo, en la producción agrícola del cultivo de maíz sembrado en las diferentes fechas de siembra desde 1 de octubre hasta el 31 de enero (con datos cada 15 días), se obtuvo la curva de rendimiento que varió desde 9 hasta 12.35 ton/ha por efecto de la fecha de siembra en el Módulo de Riego.

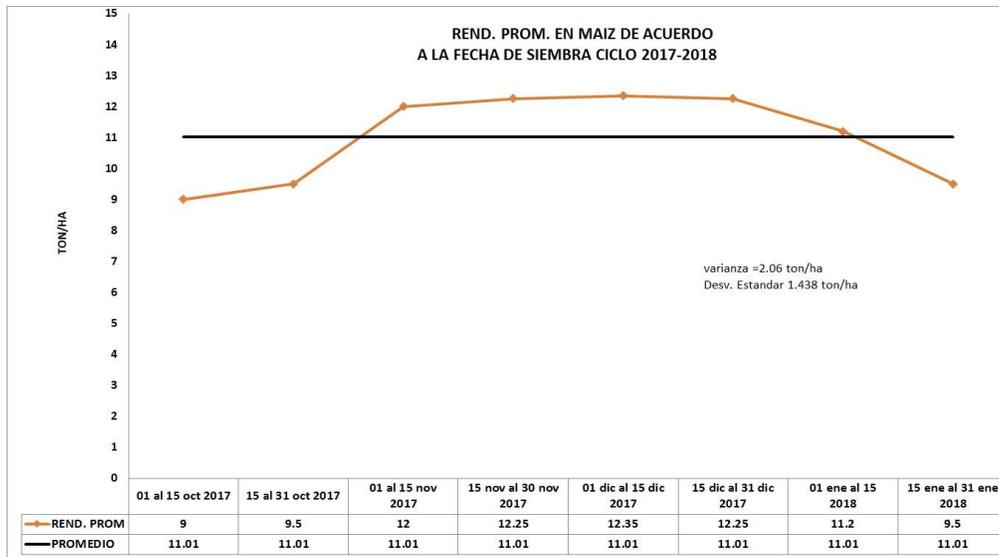


Figura 16. Rendimiento de maíz con relación a la fecha de siembra del 1 de octubre al 31 de enero en el Módulo IV-1 “Culiacancito”, durante el ciclo agrícola 2017-2018.

El gráfico anterior muestra como el rendimiento del maíz es mayor en las fechas recomendadas por el INIFAP en la zona, la cual es del 1 de noviembre al 31 de diciembre, disminuyendo hasta en 2 ton/ha en las fechas de siembra fuera de este período de análisis.

Resultados y Conclusiones

- Se presenta un análisis de la operación de un Módulo de Riego en 4 ciclos de operación, con sus indicadores principales calculados para cada ciclo agrícola. Se presentan ahorros a nivel de punto de control de 2 cm por cada hectárea riego aplicada en el Módulo durante los últimos 4 años, lo cual corresponde a un ahorro de 10.48 Millones de m³. Lo anterior, es producto de las acciones a nivel parcelario como RIGRAT, nivelación de tierras, entubamientos, sistemas de baja presión, SIG y la propia 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 presentan intervalos de riego y resultados de incrementos hasta de 2 ton/ha en los rendimientos de maíz con respecto al promedio del Módulo, cuando la fecha de siembra es la recomendada en la región.



Referencias Bibliográficas

- Hernández R. Adrián. (2004). CONAGUA. Términos de Referencia de la Metodología para la Formulación de Planes Directores para la Modernización Integral de los 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.
- Moreno A, Sirio et al (2018). Análisis comparativo de la operación del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya en seis ciclos agrícolas. Memorias del IV Congreso Nacional COMEII 2018, Aguascalientes, Aguascalientes,
- Velázquez S. Luis Fernando et al. (2016). Análisis comparativo de la operación de 2 ciclos agrícolas del Módulo de Riego IV-1 "Culiacancito" A.C. Memorias del II Congreso Nacional COMEII 2016. Texcoco, Estado de México.