

Análisis de las eficiencias de riego en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, México

Juan Manuel Angeles Hernández

e-mail: jangeles@tlaloc.imta.mx

Ingeniero Agrónomo Especialista en Irrigación. Especialista en Hidráulica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos. México.

Vertario Trejo Segura

Jefe de operación del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Gto. Comisión Nacional del Agua. Celaya, Guanajuato, México.

Helene Unland Weiss¹,

Manuel Carrillo Castillo³

Resumen

Con la implantación del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (Rigrat) en una superficie de riego participante de 8001 ha, en beneficio de 2412 productores cooperantes en ocho de los 11 Módulos de Riego del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Gto., se determinaron las láminas y volúmenes de riego aplicados, así como las eficiencias de aplicación del agua de riego durante el año agrícola 2014/15.

De la superficie participante total de 8001 ha, la superficie sembrada en el ciclo agrícola otoño invierno (OI) 2014/15 fue de 6333 ha, Estas acciones de llevaron a cabo con la participación de nueve ingenieros agrónomos especialistas en riego, y en suelos. Se realizaron 32 pruebas de riego, y la calibración de los parámetros del suelo. Se generaron recetas de riego preliminares. Se realizaron 26 eventos de difusión y capacitación del RIGRAT, con una participación total de 345 productores agrícolas. Para el ciclo otoño invierno 2014/15, se dio seguimiento de los riegos aplicados, la superficie sembrada total fue de 6,270 ha, para el cultivo de trigo con 4,022 ha, cebada con 1,895 ha, y otros con 354 ha; representando los cultivos de trigo y cebada un 94.4%. Las láminas de riego aplicadas acumuladas, registradas por los Módulos de Riego participantes, en toma granja fue de 63.2 cm, con un promedio de 3.2 riegos; resultando una lámina promedio por riego de 19.75 cm. Los Responsables Técnicos realizaron un total de 255 aforos parcelarios, resultando una lámina de riego promedio por riego de 21.8 centímetros, un 10.4 % superior en promedio a la registrada por los Módulos de riego. La eficiencia de aplicación ponderada fue de 54.7 % considerando un requerimiento de riego ponderado de 34.1 cm y una lámina de riego aplicada de 63.2 centímetros. El rendimiento promedio ponderado de los cultivos de trigo y cebada fue de 5.8 ton/ha; lo que representa una productividad media del agua de 0.925 kg por metro cúbico de agua derivado a nivel de toma granja.

Palabras claves adicionales: Riego por gravedad, Asistencia técnica, Riego tecnificado.



Introducción

En México, se estima que en 90% de la superficie regada, principalmente en los distritos de riego, se utiliza el método de riego por gravedad, y de acuerdo con trabajos de evaluaciones realizadas por diferentes instituciones, este método de riego no es muy eficiente debido a pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial.

El Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua, está implementando el Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT), teniendo como uno de los principales objetivos el hacer un uso más racional del agua de riego en las parcelas e incrementar la eficiencia a nivel parcelario, y sobretodo, generar una cultura de ahorro del agua.

El Proyecto RIGRAT contempla: la capacitación y asistencia técnica a los técnicos y usuarios en aspectos de diseño, trazo y aplicación del riego; la nivelación de tierras que implique una mayor uniformidad del riego y por lo tanto, contribuya a reducir el volumen de agua aplicado; el diseño agronómico e hidráulico del riego y su trazo y aplicación controlada a la parcela; el pronóstico del riego en tiempo real, que significa ajustar los programas de riego a como se presenten la precipitación, la evaporación y la temperatura conforme al desarrollo del cultivo; el seguimiento y evaluación del riego, para garantizar que se aplique lo más apegado a lo programado, valorando sus eficiencias e impactos; y por último la entrega y cobro volumétrico del agua de riego servida en la parcela, a fin de hacer corresponder el pago con el volumen utilizado.

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, tiene un área dominada con infraestructura hidroagrícola de 116,930.4 ha y 25,686 usuarios; distribuido en 11 Módulos de Riego. El Módulo de Riego 01 Acámbaro tiene una área dominada de 8,440.4 ha y 1,975 usuarios; el Módulo de Riego 02 Salvatierra con una área de 16,303.5 ha y 6,028 usuarios; el 03 Jaral con 6,745.6 ha y 1,507 usuarios; el 04 Valle con 13,358.8 ha y 2,351 usuarios; el 05 Cortázar con 18,370.3 ha y 3,368 usuarios; el 06 Salamanca con 16,436.7 y 3,063 usuarios; el 07 Irapuato con 8,366.2 ha y 1,350 usuarios; el 08 Abasolo con 18,521.2 ha y 3,439 usuarios; el 09 Huanímaro con 3,859.3 ha y 1,039 usuarios; el 10 Corralejo con 1,575.2 ha y 342 usuarios; y finalmente el Módulo de Riego 011 La Purísima con 4,953.2 ha y 1,224 usuarios de riego.

Objetivos

1. Transferir un esquema tecnológico al usuario-regador para la aplicación del riego por gravedad en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Gto., mediante la asistencia técnica y capacitación a los usuarios.
2. Incrementar la productividad del agua de riego de los cultivos que se siembran en el D.R. 011 Alto Río Lerma, Guanajuato que se riegan por métodos de gravedad.



Materiales y métodos

Dentro del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato se definieron ocho Módulos de Riego para participar en el proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado, con una superficie de riego de 1,000 ha por Módulo de riego participante. Se realizaron visitas a las directivas de los Módulos de riego de Acámbaro, Salvatierra, Jaral, Valle, Cortázar, Salamanca, Irapuato y Abasolo; para presentar los objetivos y metas del Rigrat.

Para llevar a cabo las actividades de Asistencia técnica a los usuarios y/o productores agrícolas de riego, se asignó a un Responsable Técnico para cada Módulo de Riego. A través de la Sociedad de Responsabilidad Limitada D.R. 011 Río Lerma, Gto., S.R.L. de I.P. de C.V., se realizó la contratación de nueve ingenieros agrónomos especialistas en riego y en suelos.

Una de las primeras actividades realizadas por los responsables técnicos fue la caracterización de las áreas participantes en lo referente a la fuente de abastecimiento, longitud de riego, pendientes en el sentido del riego y textura del suelo entre otras características y parámetros de riego de las parcelas participantes.

La longitud de riego es un parámetro muy importante de la parcela que influye de manera muy significativa en las eficiencias de aplicación del riego. Por tal razón dentro de la caracterización realizada a las áreas compactas, se determinó la longitud de riego de cada parcela participante. Para la determinación de la longitud de riego se apoyó en los planos topográficos existentes en el Módulo de Riego y en la información disponible en el Google Earth. Para conocer su distribución dentro de las áreas participantes, se agruparon las parcelas en rangos de su longitud de riego.

Se realizó el muestreo de suelos con fines de determinar en laboratorio la textura de los suelos de las áreas compactas. La determinación se llevó a cabo en el laboratorio nacional de fertilidad de suelos y nutrición vegetal (Campo Experimental Bajío) del INIFAP, de Celaya, Guanajuato. Para la superficie participante se recabó un total de 200 muestras (integradas) de suelo, representativas de cada parcela.

Se realizaron un total de 255 aforos parcelarios, distribuidos en los ocho Módulo de Riego, se utilizaron principalmente los métodos del flotador, molinete, medidor de propela (en hidrantes) y el Flow tracker, entre otros. Las mediciones se realizaron en la entrada de la parcela durante la aplicación de los riegos al cultivo, en donde se registraba entre otros datos el nombre del productor, superficie de la parcela, cultivo, fecha y hora del aforo.

Por parte de los Responsables Técnicos (RT) se realizaron 32 pruebas de riego en los Módulos de Riego participantes del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato. En cada prueba de riego se registraba el número de cuenta y subcuenta, nombre del usuario, gasto aforado en la entrada de la parcela, gasto de riego por surco, número de surcos por



tendida, ancho o separación entre surcos o melgas en su caso, tiempo de avance y tiempo de recesión, tiempo total de aplicación del riego. Las parcelas seleccionadas para las pruebas de riego fueron aquellas que de alguna manera eran representativas de áreas compactas de entre 30 y 40 ha; las cuales debían ser similares en cuanto a textura del suelo y longitud de riego, de preferencia.

Se realizaron reuniones de capacitación a los productores para dar a conocer los objetivos del Proyecto RIGRAT, y sensibilizarlos acerca del por qué es importante manejar el riego por gravedad tecnificado en sus parcelas, y los beneficios que le traerán al participar en este Proyecto. Estas reuniones se llevaron a cabo en su mayoría en campo, en donde se les entregaban trípticos con información del proyecto RIGRAT. Se realizaron un total de 26 reuniones con la participación de 345 productores agrícolas de riego.

Finalmente se determinaron los requerimientos de riego de los principales cultivos del ciclo agrícola otoño invierno 2014/15, los cuales fueron los siguientes: trigo, cebada, avena, garbanzo, lechuga, cebolla, chícharo, frijol y zanahoria.

Análisis y Discusión de resultados

Superficie atendida

En el cuadro 1 se presenta la superficie física y de riego, y el número de usuarios participantes por Módulo de Riego. Para los ocho módulos de riego participantes del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato se cuentan con 2,412 usuarios participantes, superficie física de 8,106 ha y superficie de riego de 8,001 hectáreas.

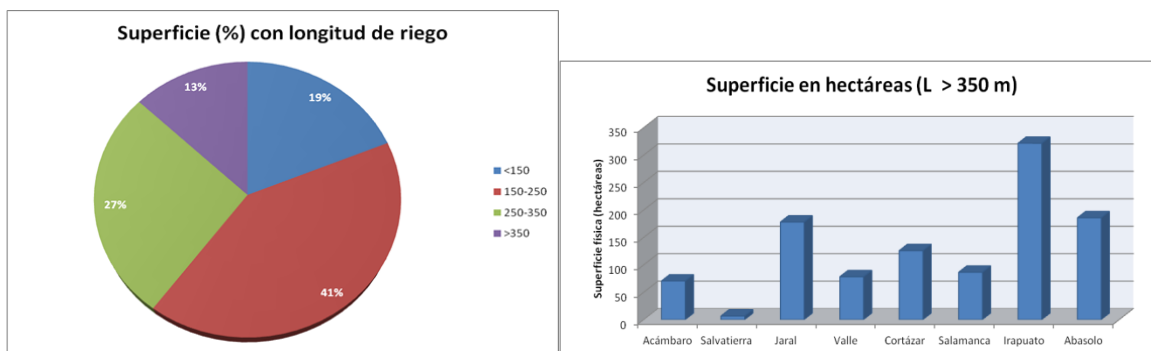
Cuadro 1. Concentrado de superficie física y de riego, y número de usuarios de los Módulos de Riego participantes del D.R. 011.

Módulo de riego	Número usuarios	Superficie (ha)	
		Física	Riego
Acámbaro	389	926.00	925.54
Salvatierra	300	1,016.58	1,001.51
Jaral	225	995.17	993.92
Valle	263	986.99	986.99
Cortázar	333	1,059.80	981.12
Salamanca	349	1,007.40	1,000.43
Irapuato	282	1,010.77	1,008.47
Abasolo	271	1,103.82	1,103.17
Total	2,412	8,106.53	8,001.15



De acuerdo al tipo de fuente de abastecimiento, esta superficie se distribuye de la siguiente manera: 1,438.6 ha son de pozo profundo; 2,882.5 ha de cárcamos de bombeo; y el resto 3,785.4 ha derivadas de manera directa de la red de canales a la parcela.

Como resultado de la caracterización de las parcelas se pueda indicar lo siguiente: la longitud de riego mayor de 350 m se presenta en el 19 % de la superficie participante, siendo el Módulo de Riego de Irapuato el que presenta mayor porcentaje (más del 30 % de su superficie participante), ver gráficas 1 y 2.



Gráficas 1 y 2. Longitudes de riego y Superficies de riego del área participante en el RIGRAT del D.R. 011. Alto Río Lerma, Guanajuato.

En el cuadro 2 se indica la distribución de los 255 aforos realizados por Módulo de riego, en donde se puede observar que la lámina de riego neta promedio fue de 21.8 centímetros, medidos a la entrada de la parcela.

Cuadro 2. Número de aforos realizados en los Módulos de riego.

Módulo de Riego	No. de Aforos	Lámina promedio aforada por riego (cm)
Acámbaro	33	22.2
Salvatierra	110	25.6
Jaral	35	22.5
Valle	6	17.9
Cortázar	10	19.4
Salamanca	18	24.5
Irapuato	16	22.0
Abasolo	27	20.8
Total	255	21.8

Cabe mencionar que las láminas de riego aplicadas acumuladas y registradas por los Módulos de Riego participantes, a nivel de toma granja fue de un total de 63.2 cm, con un promedio de 3.2 riegos aplicados; resultando una lámina de riego de 19.75 cm.



Dentro de los ocho Módulos de riego participantes y durante el ciclo agrícola otoño invierno 2014/15, se realizaron 32 pruebas de riego, y la calibración de los parámetros del suelo, apoyado con la determinación en laboratorio de 200 muestras de suelo para determinar textura; con esta información se generaron recetas de riego preliminares. En el cuadro 3 se presenta un resumen de la información registrada durante cada una de las pruebas de riego. Se presenta información para el caso del Módulo de Riego de Valle de Santiago.

Cuadro 3. Resumen de pruebas de riego efectuadas en el área participante del Módulo de Riego de Valle de Santiago. D.R. 011 Alto Río Lerma, Guanajuato.

<i>No. de prueba</i>	1	2	3
<i>CTA/SCTA</i>	10399-0	10426-0	10945-0
<i>Fecha</i>	4-02-2015	10-03-2015	31-01-2015
<i>Usuario</i>	Javier Lesso Muñoz	Marco Antonio Ramírez	José García Aguilar
Contenido de humedad inicial (cm ³ /cm ³)	0.36	0.39	0.38
Lámina de riego (cm)	17.31	16.62	25.02
Gasto aplicado en parcela (l/s)	75.60	80.25	86.50
Gasto de riego (l/s/surco)	0.54	1.07	1.73
Gasto unitario de riego (l/s/m)	0.337	0.629	1.08
Número de surcos por tendido	140	75	50
Tiempo de avance (minutos)	1323	439	1620
Ancho del surco (m)	1.6	1.7	1.6
Tiempo de riego (minutos)	1325	440	1616
Eficiencia de Aplicación (%)	57.89	55.69	38.17
Coefficiente de Uniformidad (%)	72.74	75.15	74.53
Volumen de agua utilizado (m ³)	6010.2	2118.6	8407.8
Valor de Ks (cm/h)	0.364	0.977	0.479
Valor de hf (cm)	80	100	99.5

Eficiencia de riego y productividad del agua

En el cuadro 4 se presentan los valores de superficie sembrada, requerimiento de riego, rendimientos promedios de cultivos, láminas de riego acumuladas aplicados, eficiencias de riego y la productividad del agua por cultivo, con información proporcionada por los ocho Módulos de Riego participantes en el Rigrat, para el ciclo agrícola Otoño-Invierno (2014-2015).



Cuadro 4. Indicadores de riego y del cultivo, con información proporcionada por los Módulos de Riego participantes, para el ciclo otoño invierno 2014/15, del D.R. 011 Alto Río Lerma, Guanajuato.

Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	Requerimiento de riego (mm)	Rendimiento cultivo (ton/ha)	Lámina neta acumulada. (mm)	Eficiencia aplicación (%)	Productividad del agua (kg/m ³)
Acámbaro	108.76	355.6	7.0	599.61	59.3	1.171
Trigo	66.24	380.7	6.40	651.77	58.4	0.982
Avena	38.98	321.3	8.20	532.40	60.3	1.540
Cebada	2.32	272.2	6.70	397.28	68.5	1.686
Garbanzo	1.22	250.8	3.60	300.00	83.6	1.200
Salvatierra	709.64	323.0	7.0	581.70	55.5	1.211
Trigo	357.08	380.7	5.00	600.74	63.4	0.832
Cebada	130.98	272.2	4.50	558.44	48.7	0.806
Maíz	63.21	316.1	11.00	450.41	70.2	2.442
Tomatillo	48.96	190.5	15.00	830.33	22.9	1.807
Garbanzo	37.99	250.8	1.75	231.89	100.0	0.755
Frijol	39.48	251.3	2.00	773.70	32.5	0.280
Zanahoria	25.94	279.3	35.00	519.29	53.8	6.740
Cebolla	6.00	273.7	20.00	628.33	43.6	3.183
Jaral	740.01	309.3	5.5	617.6	50.1	0.891
Cebada	461.30	272.2	5.00	623.00	43.69	0.803
Trigo	255.90	380.7	6.00	623.00	61.11	0.963
Garbanzo	14.40	250.8	2.00	235.00	106.72	0.851
Cebolla	8.41	273.7	24.00	808.00	33.87	2.970
Valle	945.00	312.9	4.4	493.21	63.4	0.891
Cebada	581.15	272.2	4.51	491.09	55.4	0.918
Trigo	355.48	380.7	4.23	503.07	75.7	0.841
Garbanzo	7.93	250.8	3.60	204.68	122.5	1.759
Avena	0.44	321.3	7.71	528.4	60.8	1.462
Cortázar	850.81	336.1	5.4	740.18	45.4	0.726
Trigo	521.33	380.7	4.70	750.83	50.7	0.626
Cebada	286.01	272.2	5.00	720.53	37.8	0.694
Lechuga	27.09	174.9	18.00	744.02	23.5	2.419
Cebolla	6.79	273.7	24.00	760.00	36.0	3.158
Chícharo	4.35	363.2	5.00	760.00	47.8	0.658



Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	Requerimiento de riego (mm)	Rendimiento cultivo (ton/ha)	Lámina neta acumulada. (mm)	Eficiencia aplicación (%)	Productividad del agua (kg/m ³)
Avena	2.10	321.3	6.00	590.00	54.5	1.017
Frijol	1.60	251.3	2.00	760.00	33.1	0.263
Garbanzo	1.54	250.8	3.60	760.00	33.0	0.474
Salamanca	985.00	363.8	6.3	614.6	59.2	1.032
Trigo	831.89	380.7	6.50	627.35	60.7	1.036
Cebada	153.11	272.2	5.50	545.64	49.9	1.008
Irapuato	976.65	366.2	6.1	635.48	57.6	0.954
Trigo	852.61	380.7	6.00	645.29	59.0	0.930
Cebada	116.78	272.2	6.00	577.97	47.1	1.038
Tomatillo	6.46	190.5	15.00	380.00	50.1	3.947
Abasolo	955.00	361.5	5.9	752.49	48.0	0.780
Trigo	781.28	380.7	5.60	790.84	48.1	0.708
Cebada	162.89	272.2	7.00	580.00	46.9	1.207
Avena	10.83	321.3	8.50	580.00	55.4	1.466
D.R. 011	6,270.87	341.2	5.8	634.0	54.5	0.925

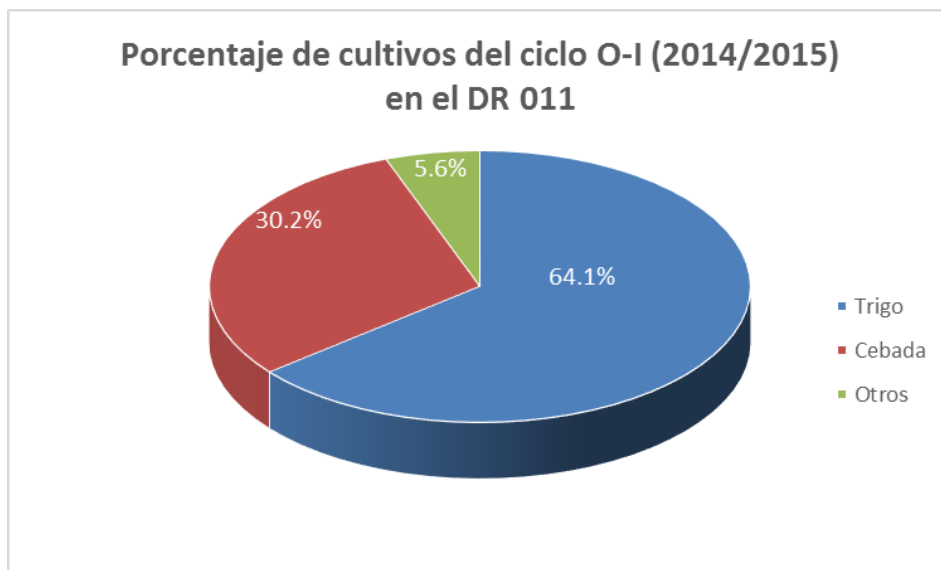
La superficie atendida en el ciclo otoño invierno 2014/15 en los ocho Módulos de riego participantes fue de 6,270.9 ha, con un rendimiento promedio de 5.8 ton/ha, con una lámina neta de 632.2 mm, 3.2 riegos en promedio, con una eficiencia de aplicación promedio de 54.7 % y una productividad del agua de 0.925 kg por metro cúbico de agua.

La eficiencia de aplicación reportada fue mayor en el Módulo de riego de Valle (63.3 %), seguido de Acámbaro y Salamanca. Los Módulos de Riego con menores eficiencias de aplicación fueron Cortázar (45.4 %) y Abasolo con el 48 %. A nivel de distrito de riego con esta información proporcionada la eficiencia de aplicación fue de 54.5 por ciento

En la gráfica 3 se observa que el cultivo de trigo se sembró en un 64.1 %, seguido por la cebada con un 30.2 %; cubriendo entre ambos una superficie en el ciclo otoño invierno de 94.3 %. Cabe mencionar que el Módulo de Riego de Acámbaro la superficie sembrada en el ciclo otoño invierno fue del 10 % del área participante, el resto se sembró en el ciclo primavera verano. La lámina de riego neta y el número de riegos aplicados durante el ciclo otoño invierno 2014/2015, gráfica 4, en los ocho Módulos de riego participantes, por Módulo de riego, se reportó una mayor cantidad en los Módulos de Abasolo (752.5 mm) y Cortázar (740.2 mm), siendo la menor en el Módulo de Valle con 493.2 milímetros de lámina neta. La lámina neta obtenida a nivel de distrito con la información de la superficie participante fue de 634 milímetros. El número de riegos aplicados fueron mayores en los

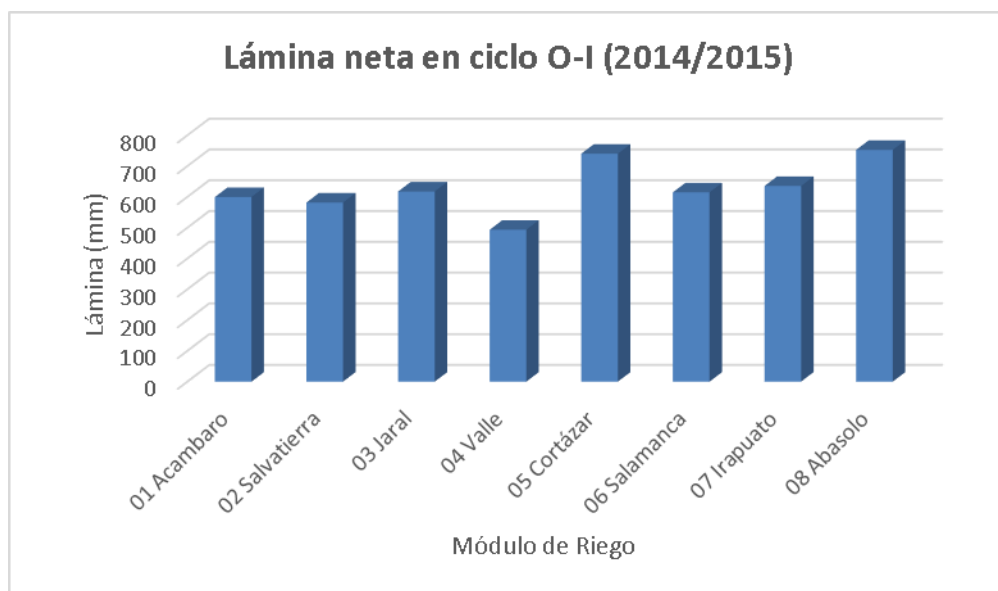


Módulos de Cortázar (3.9), seguido de Abasolo con 3.8 riegos; a nivel distrito fue de 3.2 riegos en promedio en el ciclo otoño invierno 2014/15.

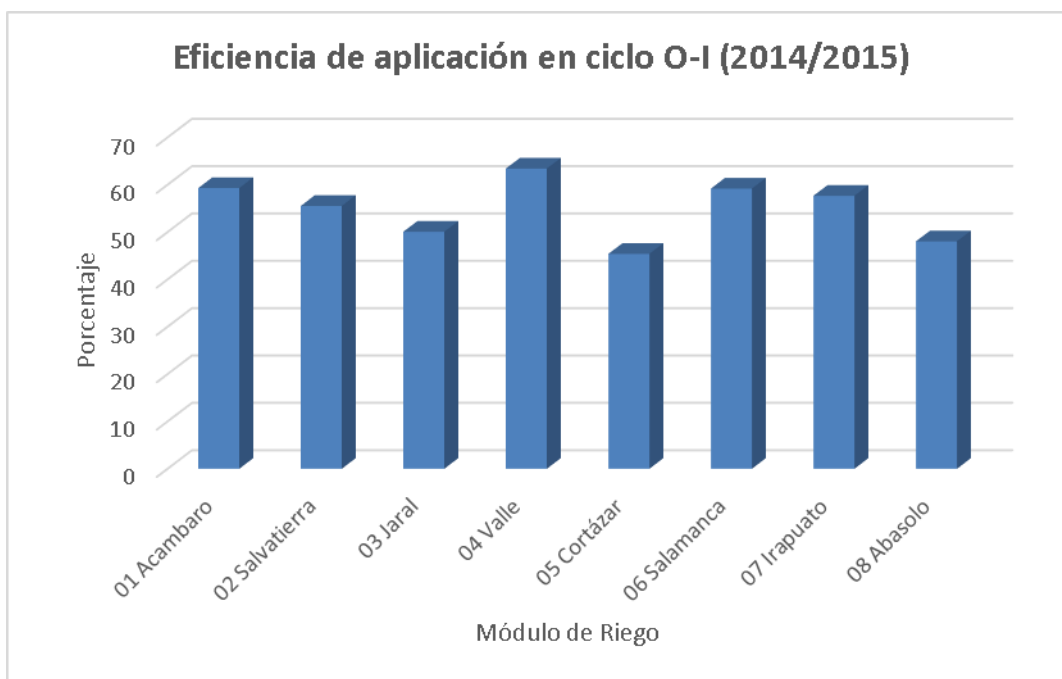


Gráfica 3. Porcentaje de la superficie total de los cultivos para el ciclo agrícola O-I (2014/2015) del D.R. 011 Alto Río Lerma, Guanajuato.

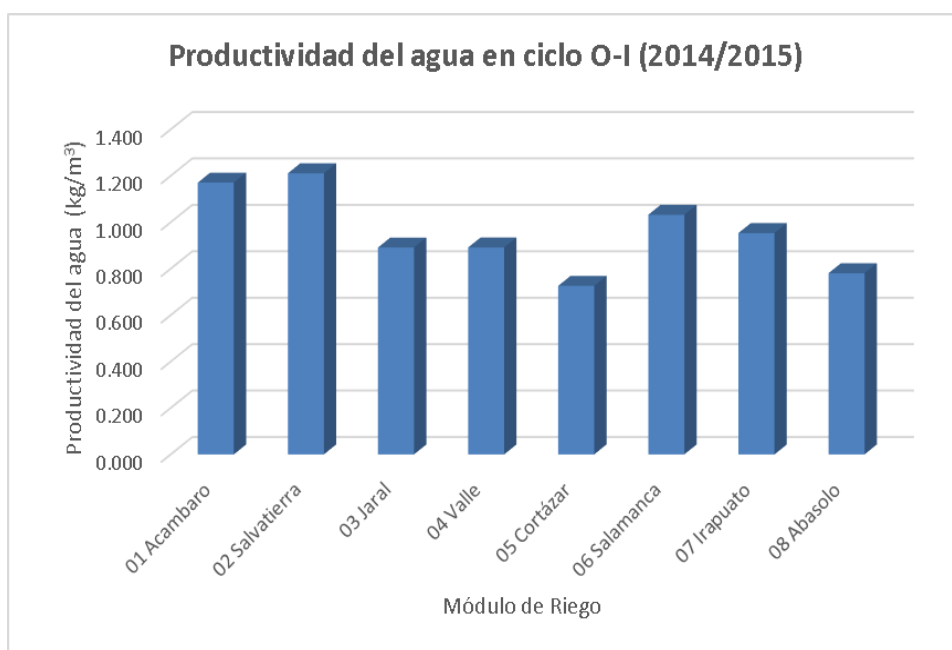
En las gráficas 4, 5 y 6 se presenta la lámina neta, la eficiencia de aplicación y la productividad del agua, para el ciclo agrícola otoño invierno para cada uno de los ocho Módulos de riego participantes.



Gráfica 4. Lámina neta, para el ciclo agrícola O-I (2014/2015) por Módulo de Riego



Gráfica 5. Eficiencia de aplicación, para el ciclo O-I (2014/2015) por Módulo de Riego

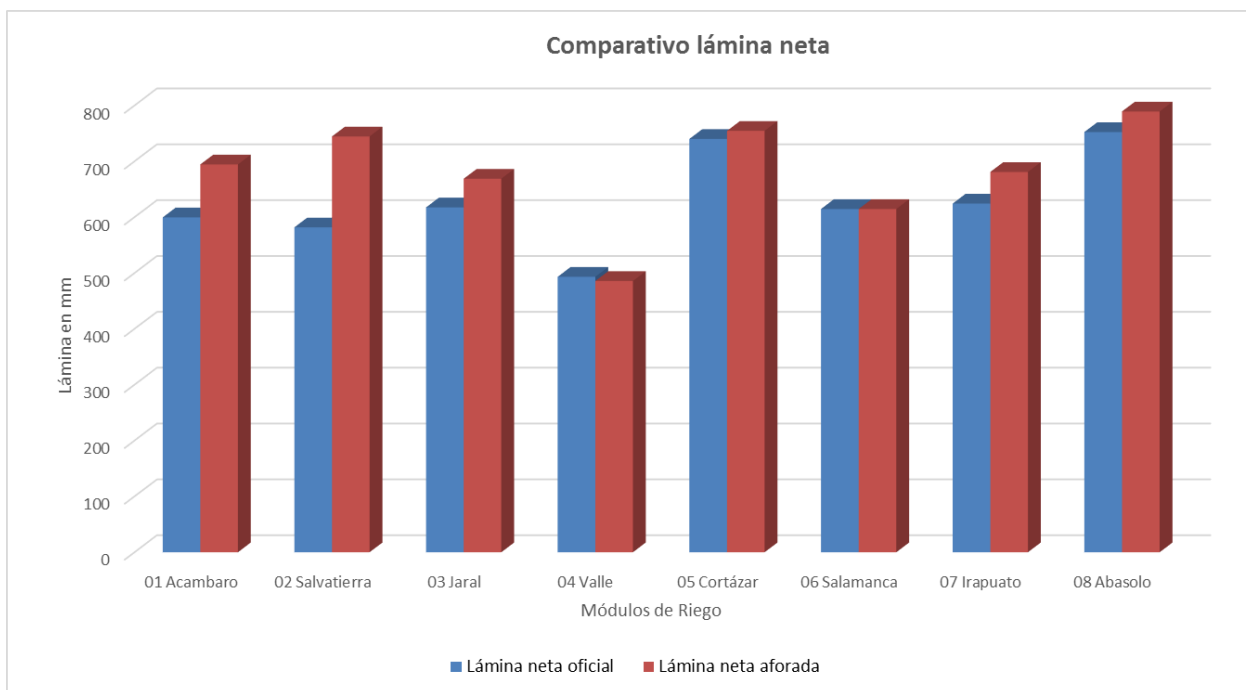


Gráfica 6. Productividad del agua, para el ciclo O-I (2014/2015) por Módulo de Riego

La productividad del agua fue mayor en el Módulo de riego Salvatierra, con 1.21 Kg/m³, seguido de Acámbaro con 1.17 Kg/m³. El valor promedio para el distrito de riego fue de 0.925 Kg por metro cúbico de agua.



En la gráfica 7 se hace una comparación de las láminas de riego neta reportada por los Módulos de riego y la aforada por los Responsables Técnicos del Rigrat, se observa que en los Módulos de Salamanca y Valle, ambas láminas de riego son muy similares; no así en los Módulos de Salvatierra, Acámbaro e Irapuato donde láminas netas de riego reportadas y aforadas son diferentes en aproximadamente en un 10 por ciento.



Gráfica 7. Comparación de lámina neta oficial y aforada, para el ciclo agrícola O-I (2014/2015) por Módulo de Riego participante del D.R. 011 Alto Río Lerma, Guanajuato.

Conclusiones

1. Como producto de la difusión del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) en los Módulos de Riego del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Gto., se definió la participación de ocho Módulos de riego, para una superficie física de 8,106 ha, en beneficio de 2,412 productores agrícolas.
2. La superficie sembrada en el ciclo otoño-invierno 2014/15 fue de 6,270 ha, para los cultivos de trigo con 4,022 ha, cebada con 1,895 ha, y otros con 354 ha. Representando los cultivos de trigo y cebada un 94.4% de la superficie sembrada total en los ocho módulos de riego participantes.
3. Las láminas de riego aplicadas acumuladas y registradas por los Módulos de Riego participantes, a nivel de toma granja fue de un total de 63.4 cm, con un promedio de 3.2



riegos aplicados; resultando una lámina de riego de 19.8 cm. Por parte de los Responsables Técnicos se realizaron un total de 255 aforos parcelarios, resultando una lámina de riego promedio de 21.8 centímetros.

4. Las eficiencias de aplicación para los principales cultivos del ciclo otoño invierno 2014/15 (trigo y cebada) con los requerimiento de riego de 380.7 mm en trigo y de 272.2 mm para cebada, con un promedio ponderado de 341.2 mm, y con una lámina en toma granja de 632.2 mm; se tuvo una eficiencia de aplicación a nivel de distrito del 54.5 %.
5. El rendimiento promedio de los cultivos fue de 5.8 ton/ha para el ciclo otoño-invierno 2014/15, con una lámina de riego de 63.4 cm; lo que representa una productividad media del agua de 0.925 kg por metro cúbico de agua derivado a nivel de toma granja.
6. Se realizaron 32 pruebas de riego, y la calibración de los parámetros del suelo, apoyado con la determinación de la textura del suelo; se generaron recetas de riego preliminares.
7. Se realizaron eventos de difusión del RIGRAT, así como eventos de capacitación para los usuarios de riego; s realizaron 26 eventos, con una participación de 345 productores agrícolas.

Referencias

CONAGUA-IMTA. 2015. Realizar la implantación, seguimiento y evaluación en 8,000 hectáreas que se incorporan al Proyecto Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014, en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato". Informe final.

CONAGUA-IMTA. 1997. Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. Capítulo 1. Tecnificación del riego.