



Artículo: COMEII-16037

II CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2016

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

DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO POR GRAVEDAD, EN EL D.R. 011 “ALTO RÍO LERMA”, GUANAJUATO

**Juan Manuel Angeles Hernández^{1*}; Vertario Trejo Segura²; Helene Unland Weiss¹;
María Dolores Olvera Salgado¹; Manuel Carrillo Castillo²**

¹Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuahnáhuac 8532. Col. Progreso, Jiutepec, Morelos. C.P. 62550. México. jangeles@tlaloc.imta.mx. (*Autor para correspondencia).

²Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Gto. Comisión Nacional del Agua. Hacienda de Santiago No. 314, Col. Primera Fracción de Crespo, Celaya, Guanajuato. C.P. 38110. México.

Resumen

Con base en la información que se maneja sobre la eficiencia en el uso del agua de riego por gravedad a nivel de parcela, en diversos estudios se reportan valores de eficiencia de aplicación de 40 a 50 % y en el mejor de los casos de 60 a 70%. Sin embargo, estas eficiencias dependen principalmente de las condiciones de tecnificación de cada sistema de riego. En este contexto dada la importancia de evaluar la eficiencia de aplicación del agua de riego en el Distrito de Riego 011, “Alto Río Lerma”, Gto. en el marco del Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT), en una superficie de riego de 7,075 ha, en beneficio de 2,023 productores de siete Módulos de Riego, se realizó la determinación y análisis de la eficiencia de aplicación del riego por gravedad para el ciclo otoño invierno (OI) de los años agrícolas 2014/2015 y 2015/2016, a partir de información obtenida en campo por los técnicos del proyecto Rigrat. Se realizaron 222 aforos parcelarios durante el ciclo OI 2014/2015 y 497 aforos en el ciclo OI 2015/2016. Para el ciclo OI 2014/2015 se aforó una lámina de 21.7 cm por riego aplicado, obteniéndose una lámina acumulada ponderada de 68.7 cm, considerando la aplicación promedio de 3.2 riegos. Para el ciclo OI 2015/2016 se aforó una lámina de 20.8 cm por riego aplicado, obteniéndose una lámina acumulada ponderada de 70.6 cm, considerando la aplicación promedio de 3.4 riegos. La eficiencia de aplicación ponderada para el ciclo OI 2014/2015 fue de 51% considerando un requerimiento de riego ponderado de 34 cm. La eficiencia de aplicación ponderada para el ciclo OI 2015/2016 fue de 56 % considerando un requerimiento de riego ponderado de 38.8 cm.



El ciclo OI 2015/2016 presentó una mayor eficiencia de aplicación del riego debido a que el requerimiento de riego fue mayor que en el ciclo OI 2014/2015 en donde hubo aportación por precipitación efectiva adicional de 96 mm, y sin embargo el usuario no disminuyó en la misma proporción la lámina de riego aplicada.

Palabras claves adicionales: Lámina de riego parcelaria, requerimiento de riego, riego por gravedad 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 de riego a nivel parcelario, y sobretodo, generar una cultura de ahorro del agua.

La información que se maneja sobre la eficiencia en el uso del agua de riego por gravedad a nivel de parcela, diversos documentos indican valores de eficiencia de aplicación del 40 al 50 % y en el mejor de los casos en sistemas tecnificados del 60 y hasta del 70%; sin embargo, estos datos reportados dependen principalmente de las condiciones de tecnificación de cada sistema de riego. En este sentido dada la importancia de conocer el nivel de eficiencia de aplicación del agua de riego y en el marco del RIGRAT, se determina y se analiza la eficiencia de aplicación del riego por gravedad parcelario, con la información de aforos volumétricos parcelarios realizados durante los ciclos otoño invierno de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16 en el Distrito de Riego 011, “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

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.



La superficie de riego considerada en este análisis fue de 7,075.6 ha que benefician a 2,023 usuarios de riego, de las siguientes Asociaciones Civiles de Usuarios de Riego de este distrito de riego: Salvatierra, Jaral, Valle, Cortázar, Salamanca, Irapuato y Abasolo.

Objetivo

Determinar la eficiencia de aplicación del riego por gravedad, a través de la determinación de la lámina de riego obtenida de aforos volumétricos en parcelas de siete Módulos de riego del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

Materiales y métodos

En el marco del proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado del Distrito de Riego 011, “Alto Río Lerma”, Guanajuato se realizaron aforos del caudal a nivel de la parcela, en siete Módulos de Riego: Salvatierra, Jaral, Valle, Cortázar, Salamanca, Irapuato y Abasolo, durante el ciclo otoño invierno de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16, además se determinaron los requerimientos de riego de los principales cultivos: trigo, cebada, avena, tomate de cáscara, garbanzo, lechuga, cebolla, chícharo, frijol y zanahoria.

Aforos del caudal en parcela

En cada uno de los Módulos de riego se realizaron mediciones del caudal de riego a nivel de parcela. Se utilizó el método del flotador, molinete, medidor tipo propela (medidor volumétrico adaptado en la descarga de los hidrantes) y el flow tracker, entre otros. En el cuadro 1 se presenta a manera de ejemplo la información básica recabada durante cada uno de los aforos volumétricos parcelarios realizados.

Las mediciones se realizaron en la entrada de la parcela durante la aplicación de los riegos al cultivo, la información registrada entre otros datos el nombre del productor, el número de cuenta y subcuenta, superficie regada, cultivo, textura del suelo, fecha y duración del riego, el gasto promedio aforado, y la lámina de riego aplicada.

En el cuadro 2 se indica el resumen de los aforos de caudal realizados por Módulo de riego durante los ciclos agrícolas otoño invierno 2014/15 y 2015/16, en donde se puede observar la superficie establecida, el número de aforos y la lámina de riego media aforada.



Cuadro 1. Información básica recabada en los aforos volumétricos parcelarios para determinar la lámina de riego promedio en el ciclo OI 2015/2016.

Usuario	Número de cuenta y Subcuenta	Superficie regada (ha)	Cultivo	Fecha	Método	Gasto medido (l/s)	Tiempo de riego (min.)	Volumen (m3)	Lámina aplicada (cm.)
Ignacio Elizarrarás Alcantar	1656-0	5.3	Trigo	02/02/2016	Molinete	108.9	2056.6	13,438	25.4
Juan Manuel González González	1741-0	10.52	Trigo	02/02/2016	Molinete	53.6	8463.7	27,219	25.9
Héctor Gómez Durán	1703-0	12.20	Cebada	05/02/2016	Medidor Volumétrico	40.0	7744.9	18,588	15.2
Ma. Concepción Aguilar Gallardo	1635-0	2.00	Trigo	05/02/2016	Medidor Volumétrico	34.0	2875.4	5,866	29.3
Héctor Gómez Durán	1703-0	12.20	Cebada	08/02/2016	Medidor Volumétrico	36.0	9079.1	19,611	16.1
Héctor Gómez Durán	1704-0	7.25	Cebada	10/02/2016	Medidor Volumétrico	46.0	5188.1	14,319	19.8
Luis Hernández Elizarrarás	1658-0	4.90	Cebada	10/02/2016	Molinete	64.4	1981.1	7,653	15.6
Ma. Dolores Ramos	1652-0	5.30	Trigo	11/02/2016	Molinete	71.0	1822.9	7,765	14.7
Margarito Hernández Elizarrarás	1646-0	5.25	Cebada	12/02/2015	Molinete	73.5	2355.5	10,388	19.8
Armando Elizarrarás González	1659-1	6.15	Trigo	13/02/2016	Medidor Volumétrico	63.0	2737.2	10,347	16.8
Promedio						59.0			19.8

Cuadro 2. Superficie establecida, número de aforos y lámina de riego media por riego, por Módulo de riego durante los ciclos otoño invierno de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16 en el Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

Módulo de Riego	Otoño invierno 2014/15			Otoño invierno 2015/16		
	Superficie establecida (ha)	Número de aforos	Lámina de riego media (cm)	Superficie establecida (ha)	Número de aforos	Lámina de riego media (cm)
Salvatierra	709.6	110	25.6	460.6	194	21.65
Jaral	740.0	35	22.5	752.8	45	21.53
Valle	945.0	6	17.9	949.0	5	20.2
Cortázar	850.8	10	19.4	716.3	109	21.8
Salamanca	985.0	18	24.5	914.4	47	23.98
Irapuato	976.7	16	22	734.0	66	16.7
Abasolo	955.0	27	20.8	939.3	31	19.85
Total	6,162.11	222	21.71	5,466.36	497	20.80



Requerimiento de riego de los cultivos

Los datos de clima promedio utilizados para el cálculo del requerimiento de riego de los cultivos para el ciclo OI 2014/15 y 2015/16, del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Gto., corresponden a datos promedios mensuales obtenidos de la red de estaciones agroclimáticas automatizadas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), se consideraron las siguientes estaciones: *El Fuerte, Las Estacas, Los Tecolotes, y San Antonio*; con datos de diciembre de 2014 a mayo de 2015, y de diciembre de 2015 a mayo de 2016.

La Evapotranspiración de referencia (ET_o) se determinó por el método de Penman–Monteith (FAO, 1990), se utilizaron los valores promedios mensuales de las siguientes variables climatológicas: temperatura mínima y máxima, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento.

Para calcular la Evapotranspiración real (ET_r), se multiplicó la ET_o por el coeficiente del cultivo (K_c), adimensional.

$$ET_r = ET_o \times K_c \tag{1}$$

Para el cálculo de la precipitación efectiva (P_e), para un intervalo de riego, se aplicó el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América (USSCS), utilizando el promedio de los datos de precipitación total de la red de estaciones agroclimáticas automatizadas del INIFAP.

En el cuadro 3 se presentan los datos de clima como temperatura (máxima, mínima y media), velocidad del viento, radiación solar, humedad relativa, precipitación, y la precipitación efectiva calculada, así como la evapotranspiración de referencia; para el ciclo otoño invierno de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16; considerada para el área de influencia de siete Módulos de riego del D.R. 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

En el cuadro 4 se presentan los datos de fecha de siembra, duración del ciclo, la evapotranspiración del cultivo, la precipitación efectiva y el requerimiento de riego para los diferentes cultivos del ciclo otoño invierno de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16; de siete Módulos de riego del D.R. 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

Cuadro 3. Datos de clima promedio considerados para el D.R.011 “Alto Río Lerma”, Gto., ciclos OI 2014/15 y OI 2015/16.

Mes	Temperatura (°C).			Velocidad del Viento (km/hr)	Radiación (W/m ²)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)		(ET _o) (mm)
	Máx.	Mín.	Media				Total	Efectiva	
2014									
Diciembre	24.1	6.71	18.45	3.12	335.01	59.77	6.2	2.5	79.2
2015									



Enero	23.79	6.32	14.55	4.35	397.98	55.42	6.8	4.4	96.4
Febrero	24.64	6.64	15.38	4.6	470.15	52.69	10.2	8.5	109.9
Marzo	24.89	8.74	16.5	4.06	491.32	62.15	129.2	101	129.6
Abril	28.97	10.75	19.67	2.85	554.75	53.63	13	16.6	153.6
Mayo	28.87	13.42	20.63	2.18	556.49	59.19	67.28	59.9	166.3
Dic.	23.68	7.38	15.06	2.19	412.45	62.93	6.30	6.20	87.43
2016									
enero	22.09	5.65	13.53	2.32	413.63	54.30	1.60	1.60	91.60
febrero	24.68	5.21	14.62	3.23	495.16	41.53	0.07	0.10	113.00
marzo	26.10	9.48	17.76	3.68	535.25	45.61	26.47	26.50	133.37
abril	29.83	14.83	22.38	3.57	560.36	30.93	2.00	2.00	146.70

ETo Evapotranspiración de referencia

Cuadro 4. Requerimiento de riego para los cultivos de los ciclos O-I 2014/15 y OI 2015/16 del D.R. 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

Cultivo	Fecha de siembra	Duración (días)	Evapotranspiración del cultivo (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Requerimiento de Riego (mm)
Ciclo OI 2014/15					
Trigo	15 diciembre	150	529.5	150.0	380.7
Cebada	01 diciembre	120	360.5	113.5	272.2
Maíz elote	01 febrero	120	488.2	186.0	316.1
Frijol	01 febrero	90	400.8	154.5	251.3
Garbanzo	01 diciembre	120	348.4	113.5	250.8
Tomate (cáscara)	01 enero	90	304.3	113.8	190.5
Cebolla	01 diciembre	120	382.4	113.5	273.7
Zanahoria	01 diciembre	120	394.2	113.5	279.3
Avena	01 diciembre	140	448	126.8	321.3
Brócoli	01 diciembre	110	337.3	86.5	253.0
Lechuga	01 diciembre	70	182.2	7.2	174.9
Chícharo	01 diciembre	140	490.0	126.8	363.2
Ciclo OI 2015/16					
Trigo	01 diciembre	150	520.3	35.4	484.8
Cebada	01 diciembre	120	380.8	32.7	347.4
Maíz elote	01 febrero	120	496.1	87.7	408.4



Frijol	01 febrero	90	345.9	29.2	318.2
Garbanzo	01 diciembre	120	370.2	32.7	336.8
Tomate (cáscara)	01 enero	90	323.1	27.3	295.8
Cebolla	01 noviembre	120	370.6	9.5	361.1
Zanahoria	01 noviembre	120	381.4	9.5	371.9
Avena	01 diciembre	140	471.8	34.0	437.8
Brócoli	01 diciembre	110	361.1	26.0	335.1
Lechuga	01 diciembre	70	191.7	7.8	183.9
Chícharo	01 diciembre	140	514.7	34.0	480.7

Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación aquí expresada, considera las necesidades hídricas totales del cultivo y la precipitación efectiva presentada durante el período, esto es el requerimiento de riego de los cultivos, referido a la lámina de riego aplicada durante todo el ciclo del cultivo. Para su determinación se utilizó la siguiente ecuación:

$$Ea = \frac{\text{Requerimiento Riego}}{\text{Lámina aplicada}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Ea Es la eficiencia de aplicación (%), el requerimiento de riego del cultivo en milímetros, y la lámina aplicada acumulada en milímetros.

Análisis y discusión de resultados

En los cuadros 5 y 6 se presentan por módulo de riego la información de superficie establecida en los ciclos agrícolas considerados, el requerimiento de riego por cultivo, la lámina de riego aforada por riego, el número de riegos promedio aplicado al cultivo, la lámina de riego acumulada calculada y la eficiencia de aplicación calculada con la ecuación 2, para los ciclos otoño invierno de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16 en siete módulos de riego del D.R. 011 Alto Río Lerma”, Guanajuato.

La determinación y análisis del ciclo OI 2014/15 se realiza para una superficie establecida de 6,162.11 ha, tanto el requerimiento de riego de los cultivos, como la lámina aforada, el número de riego, la lámina acumulada y la eficiencia de aplicación por Módulo de riego se ponderaron considerando la superficie establecida primero por módulo de riego, y después a nivel distrito de riego. De igual manera para el ciclo OI 2015/16, la determinación y análisis se realiza para una superficie establecida de 5,466.36 hectáreas. Cabe notar que la superficie de trigo y de cebada en ambos ciclos representó el 94.9 % del total de la superficie establecida. Es muy importante indicar que en el ciclo OI 2014/15 la superficie de



trigo representó el 64.2 % y la cebada el 30.71 %; en contraste la superficie de trigo representó tan solo el 31.36 % y la cebada el 63.51 % en el ciclo OI 2015/16.

Requerimiento de riego del cultivo

La superficie establecida fue de 6,162.11 ha y de 5,466.36 ha, y el requerimiento de riego ponderado a nivel distrito de riego para los cultivos establecidos fue de 341 mm y de 387.9 mm, en los ciclos OI de los años agrícolas 2014/15 y 2015/16, respectivamente. En el último ciclo se incrementó el requerimiento de riego en 46.9 mm; debido a que durante el ciclo OI 2014/15, específicamente en los meses de marzo y abril se presentaron diversas precipitaciones pluviales, aportando una precipitación efectiva adicional de 96 mm comparada con el ciclo OI 2015/16.

Cuadro 5. Superficie establecida, requerimiento de riego, lámina promedio aforada y acumulada, número de riegos aplicados y la eficiencia de aplicación por cultivo y Módulo de riego del ciclo OI 2014/15, del D.R. 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

Módulo de Riego/Cultivo	Superficie establecida (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina aforada (mm)	Número de Riegos	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia Aplicación (%)
Salvatierra	709.64	323.0	256.00	2.91	744.6	43.4
Trigo	357.08	380.7	256	3.06	783	48.6
Cebada	130.98	272.2	256	2.91	745	36.5
Maíz	63.21	316.1	256	2.24	573	55.1
Tomate de cáscara	48.96	190.5	256	3.43	878	21.7
Garbanzo	37.99	250.8	256	1.01	259	97.0
Frijol	39.48	251.3	256	3.75	960	26.2
Zanahoria	25.94	279.3	256	2.94	753	37.1
Cebolla	6.00	273.7	256	3.00	768	35.6
Jaral	740.01	309.3	225.0	2.97	668.8	46.3
Cebada	461.30	272.2	225	3.00	675	40.3
Trigo	255.90	380.7	225	3.00	675	56.4
Garbanzo	14.40	250.8	225	1.00	225	111.5
Cebolla	8.41	273.7	225	4.00	900	30.4
Valle	945.00	312.9	179.00	2.71	485.7	64.4
Cebada	581.15	272.2	179	2.70	483	56.3
Trigo	355.48	380.7	179	2.76	494	77.1
Garbanzo	7.93	250.8	179	1.60	286	87.6
Avena	0.44	321.3	179	3.00	537	59.8
Cortázar	850.81	336.1	194.00	3.89	754.6	44.5
Trigo	521.33	380.7	194	3.95	766	49.7
Cebada	286.01	272.2	194	3.77	731	37.2
Lechuga	27.09	174.9	194	4.00	776	22.5



Módulo de Riego/Cultivo	Superficie establecida (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina aforada (mm)	Número de Riegos	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia Aplicación (%)
Cebolla	6.79	273.7	194	4.00	776	35.3
Chícharo	4.35	363.2	194	4.00	776	46.8
Avena	2.10	321.3	194	3.00	582	55.2
Frijol	1.60	251.3	194	4.00	776	32.4
Garbanzo	1.54	250.8	194	4.00	776	32.3
Salamanca	985.00	363.8	245.40	2.86	702.1	51.8
Trigo	831.89	380.7	245.4	2.97	729	52.2
Cebada	153.11	272.2	245.4	2.27	557	48.9
Irapuato	975.85	366.5	220.30	3.09	681.6	53.8
Trigo	852.61	380.7	220.3	3.13	690	55.2
Cebada	116.78	272.2	220.3	2.89	637	42.8
Tomate de cáscara	6.46	190.5	220.3	2.00	441	43.2
Abasolo	955.00	361.5	207.60	3.80	789.2	45.8
Trigo	781.28	380.7	207.6	3.98	826	46.1
Cebada	162.89	272.2	207.6	3.00	623	43.7
Avena	10.83	321.3	207.6	3.00	623	51.6
Total	6,161.31	341.0	217.1	3.18	687.3	50.5

Bajo la misma proporción de la superficie establecida de trigo y cebada en el ciclo OI 2014/15, en donde fue mayor la de trigo, se esperaría que el requerimiento de riego ponderado a nivel del distrito de riego para el ciclo OI 2015/16 fuera mayor al real.

Lámina de riego acumulada

La lámina de riego aplicada acumulada fue de 687.3 mm en el ciclo OI 2014/15 y de 703.8 mm para el ciclo OI 2015/16, la diferencia tan solo fue del 16.5 mm; debido a entre otros factores a que la superficie de trigo (31.36 %) establecida en el que se le aplican cuatro riegos en promedio, en este último ciclo fue menor en relación al cultivo de cebada (63.51 %), al cual se le aplican tres riegos únicamente.

Eficiencia de aplicación

Los resultados de la eficiencia de aplicación obtenida para el ciclo OI 2014/15 por Módulo de riego varían desde valores de 43.4% (Módulo Salvatierra) hasta valores



de 64.4 % (Módulo Valle); obteniéndose un promedio ponderado a nivel del distrito de riego de 50.5 %. Para el ciclo OI 2015/16 los valores varían desde 51.1 % (Módulo Salvatierra) hasta 68.8 % del Módulo de Riego de Irapuato.

Se observa que en el ciclo OI 2014/15 la baja eficiencia de aplicación del riego va acompañada de un requerimiento de riego menor, ya que durante los meses de marzo y abril del 2015 se presentaron diversas precipitaciones pluviales que disminuyeron el requerimiento de riego de los cultivos, pero sin embargo, el productor continuó con la misma dinámica de aplicación de los riegos. Se sabe que si el riego ya está solicitado, el usuario “asegura” el nivel de humedad para su cultivo, aplicando el riego, aun cuando se presenten precipitaciones pluviales suficientes para cubrir el requerimiento de riego.

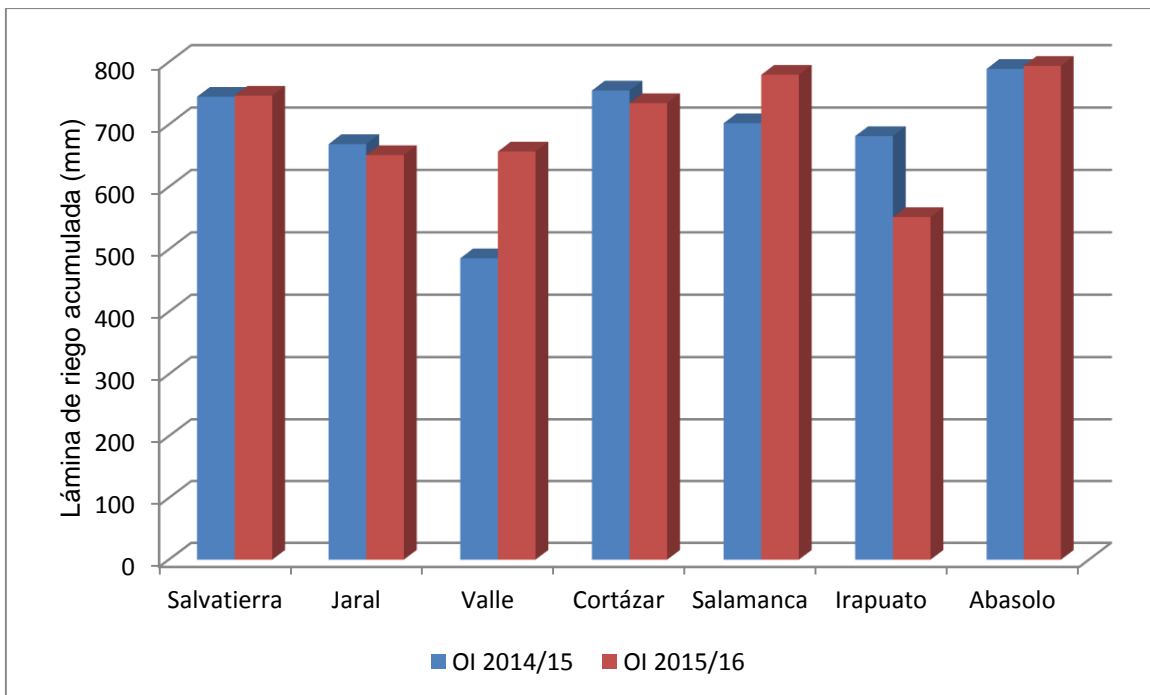
Cuadro 6. Superficie establecida, requerimiento de riego, lámina promedio aforada y acumulada, número de riegos aplicados y la eficiencia de aplicación por cultivo y Módulo de riego del ciclo OI 2015/16, del D.R. 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina aforada (mm)	Número de Riegos	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia Aplicación (%)
Salvatierra	460.60	409.1	216.5	3.5	746.3	54.8
Trigo	218.00	484.4	200.0	4.1	810	59.8
Cebada	121.00	347.4	220.0	3.0	651	53.3
Avena	3.00	321.3	190.0	3.0	570	56.4
Zanahoria	35.70	371.9	260.0	3.2	832	44.7
Tomate de cáscara	23.60	295.8	210.0	3.8	800	37.0
Frijol	20.50	318.2	300.0	4.8	1437	22.1
Garbanzo	38.80	336.8	220.0	1.0	222	151.6
Jaral	752.82	354.2	215.3	3.0	651.1	54.4
Trigo	42.40	484.4	204	4.0	816	59.4
Cebada	677.80	347.4	216	3.0	648	53.6
Garbanzo	1.71	336.8	235	1.0	235	143.3
Frijol	19.31	318.2	208	2.0	416	76.5
Brócoli	11.60	335.1	227.6	3.0	683	49.1
Valle	948.99	361.4	202.0	3.2	656.9	55.0
Trigo	97.66	484.4	216	3.9	847	57.2
Cebada	846.13	347.4	200	3.2	637	54.5
Frijol	3.3	318.2	212	2.0	424	75.0
Garbanzo	1.9	336.8	212	1.0	212	158.9
Cortázar	716.29	402.5	218.0	3.4	734.4	54.8
Trigo	308.93	484.4	213	3.9	830	58.4
Cebada	375.23	347.4	230	3.0	690	50.3



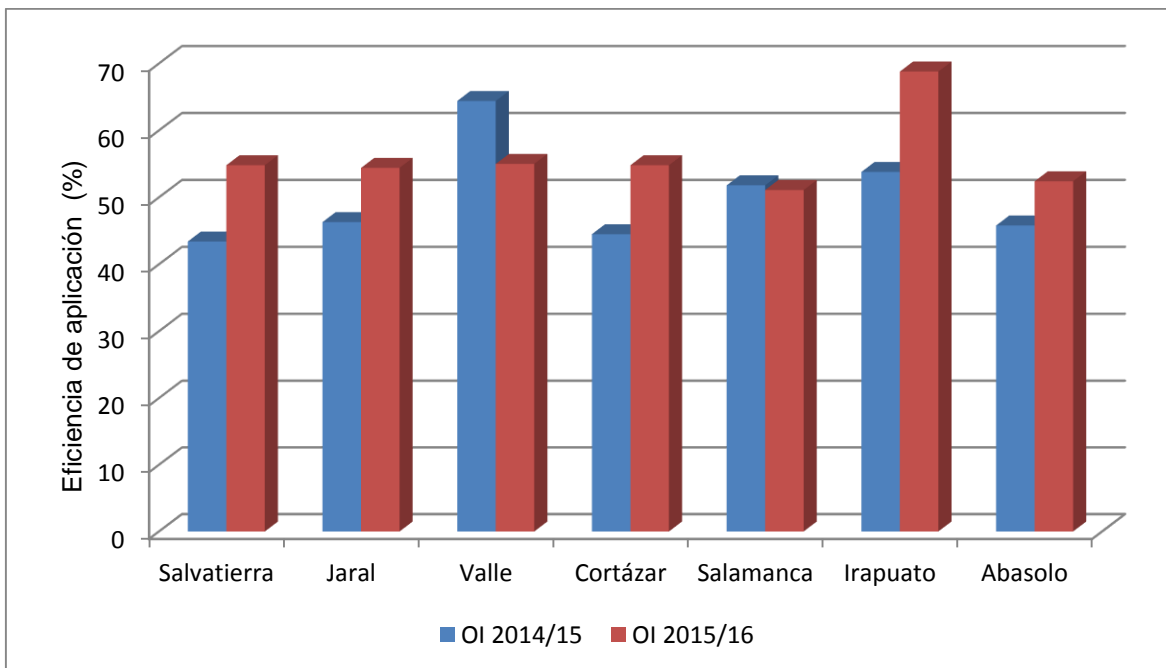
Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina aforada (mm)	Número de Riegos	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia Aplicación (%)
Cebolla	10.12	375.6	144	3.0	433	86.8
Garbanzo	3.00	336.8	274	1.0	274	122.9
Lechuga	19.01	183.9	97	3.0	291	63.2
Salamanca	914.37	398.2	239.8	3.3	779.8	51.1
Trigo	356.11	484.4	240.7	3.7	891	54.4
Cebada	551.64	347.4	239.2	3.0	718	48.4
Garbanzo	6.62	336.8	240	3	720	46.8
Irapuato	733.95	379.7	167.0	3.3	551.8	68.8
Trigo	222.71	484.4	168.0	4.0	672	72.1
Cebada	435.69	347.4	166.5	3.0	500	69.5
Frijol	10.07	318.2	166.5	3.0	500	63.7
Tomate de cáscara	26.95	295.8	166.5	3.0	500	59.2
Cebolla	6.25	375.6	166.5	3.0	500	75.2
Lechuga	32.28	183.9	166.5	3.0	500	36.8
Abasolo	939.34	416.3	198.5	4.0	794.0	52.4
Trigo	468.20	484.4	198.5	4.0	794	61.0
Cebada	464.38	347.4	198.5	4.0	794	43.8
Avena	6.76	437.8	198.5	4.0	794	55.1
Total	5,466.36	387.9	208.2	3.39	703.8	55.6

En la gráfica 1 se presenta la lámina de riego acumulada aplicada a los cultivos establecidos en el ciclo OI 2014/15 y 2015/16, por Módulo de riego. Se observa que los Módulos de riego que presentan menor lámina de riego acumulada durante los dos ciclos analizados son el Módulo Valle e Irapuato, y los de mayor lámina acumulada los Módulos de Abasolo, Salvatierra, Salamanca y Cortázar.



Gráfica 1. Lámina de riego acumulada aplicada a los cultivos establecidos en el ciclo OI 2014/15 y 2015/16, por Módulo de riego.

La gráfica 2 muestra la eficiencia de aplicación a nivel de Módulo de riego, se observa que la mayor eficiencia de aplicación en el ciclo OI 2014/15 se tuvo en el Módulo Valle, los de más baja eficiencia los Módulos de Salvatierra, Cortázar y Abasolo. Para el ciclo OI 2015/16 el Módulo Irapuato es el que presentó una eficiencia de aplicación mayor, y el de menor eficiencia los Módulos Salamanca y Abasolo.



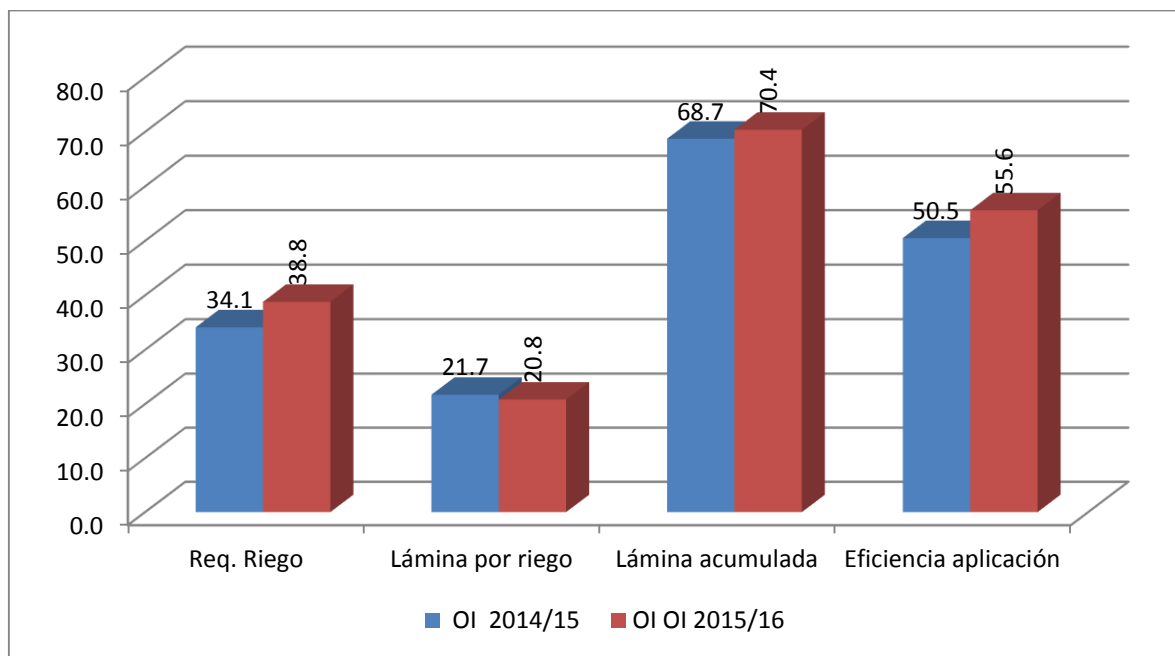


Gráfica 2. Eficiencia de aplicación del riego a la superficie establecida en el ciclo OI 2014/15 y 2015/16, por Módulo de riego.

En la gráfica 3 se presenta un comparativo del requerimiento de riego, lámina de riego por evento, lámina de riego acumulada y la eficiencia de aplicación promedio a nivel del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.

La lámina de riego aforada ponderada fue de 21.71 cm y de 20.82 cm para los ciclos OI 2014/15 y 2015/2016, respectivamente, esto es del orden de 8.9 mm de lámina de agua por riego menor en el último ciclo OI. Con respecto al número de riegos aplicados fue de 3.18 y de 3.39, y la lámina de riego acumulada de 68.73 cm y de 70.38 cm para los ciclos OI 2014/15 y 2015/16, respectivamente; una reducción de lámina acumulada en 1.65 cm. Los datos sobresalientes son la lámina de riego acumulada, ésta es muy alta comparativamente con el requerimiento de riego de los cultivos para cada uno de los dos ciclos OI 2014/15 y 2015/16; mientras que el requerimiento de riego son de 341 mm a 388 mm, la lámina acumulada aplicada fueron de 68.73 cm y de 70.38 cm; prácticamente lo doble de lo requerido.

Lo anterior, se ve reflejado en las eficiencias de aplicación del riego ponderadas por cultivo y por módulo de riego obtenidas a nivel del distrito de riego, que fueron del 50.5 % y de 55.6 % para los ciclos OI 2014/15 y 2015/16, respectivamente.



Gráfica 3. Requerimiento de riego (cm), lámina aplicada por riego (cm), Lámina acumulada (cm) y eficiencia de aplicación (%) ponderada para los cultivos establecidos en el ciclo OI 2014/15 y 2015/16, del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.



Conclusiones

1. Se determinaron las eficiencias de aplicación del riego de los ciclos OI 2014/2015 y 2015/2016 con información de los requerimientos de riego de los cultivos y de aforos volumétricos realizados a nivel de parcela en siete Módulos de riego del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.
2. La eficiencia de aplicación obtenida a nivel del distrito de riego, con base en los requerimientos de riego calculados y en los aforos volumétricos parcelarios realizados en los ciclos OI 2014/2015 y 2015/2016 fue del 50.5 % y del 55.6 %, respectivamente.
3. La eficiencia de aplicación del riego del 50.5% del ciclo OI 2014/15 va acompañada de un requerimiento de riego de los cultivos de 34.1 cm, el cual es menor a la del el ciclo OI 2015/2016, debido a que durante los meses de marzo y abril del 2015 se presentaron precipitaciones pluviales que disminuyeron el requerimiento de riego de los cultivos, pero sin embargo, el productor continuó con la misma dinámica de aplicación de los riegos.

Referencias bibliográficas

- Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2016. Informe final del Proyecto RD1525. Realizar el seguimiento y evaluación del Proyecto Riego por Gravedad Tecnificado en una superficie de 8 mil hectáreas en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato”. Jiutepec, Morelos, México.
- Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2015. Informe final del Proyecto RD1436. 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”. Jiutepec, Morelos, México.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1997. Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. Capítulo 1. Tecnificación del riego. Subcapítulo 1.2 Necesidades hídricas de los cultivos, y subcapítulo 1.3 Eficiencias de riego. Jiutepec, Morelos. México.
- FAO 1990. Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. FAO. Roma, Italia.