

LA EFICIENCIA DE APLICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN LOS CULTIVOS DE TRIGO Y CEBADA EN EL D.R. 011 “ALTO RÍO LERMA”, GUANAJUATO



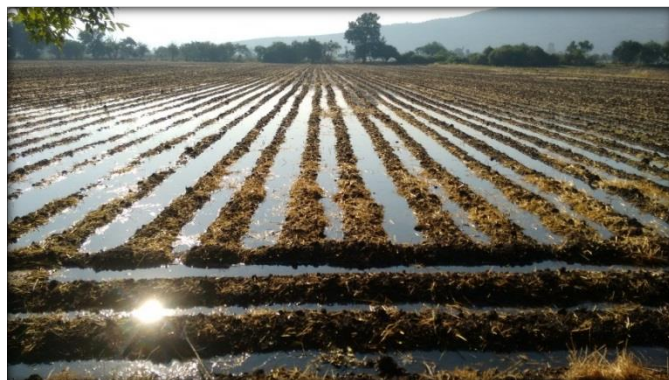
Juan Manuel Angeles Hernández
Vertario Trejo Segura
Helene Unland Weiss
María Dolores Olvera Salgado
Manuel Carrillo Castillo

Noviembre de 2017

Las pérdidas de agua durante su aplicación en la parcela son principalmente por percolación o por escurrimiento. “En la aplicación del agua en la parcela con riego superficial, o por gravedad, se han obtenido las eficiencias de aplicación: surcos del 55 al 77%; bordos del 63 al 84%; melgas del 56 al 80%; y melgas a nivel del 77 al 84 por ciento” (Peña, 2008).

Los valores reportados de productividad del agua de riego son muy variados, dependiendo de varios factores. Por ejemplo, Ríos et al (2016), reporta valores de productividad del agua de riego en el cultivo de trigo en Ensenada y en el Valle de Mexicali, en Baja California de 0.32 kg/m^3 y 0.67 kg/m^3 , respectivamente. En el cultivo de cebada, se han reportado valores de 1.2 a 1.4 kg/m^3 , FAO (2011).

Sin embargo, para que los productores agrícolas vean y sientan un beneficio real en sus ingresos económicos, es necesario que los rendimientos de los cultivos se incrementen, y sí esto se logra con **el mismo o con menor volumen de agua**; se estará incrementando también la productividad del agua de riego.



Superficie y rendimiento promedio de cultivos de Trigo y Cebada durante los años agrícolas 1997-2014 para el **ciclo Otoño Invierno**, del Distrito de riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato.

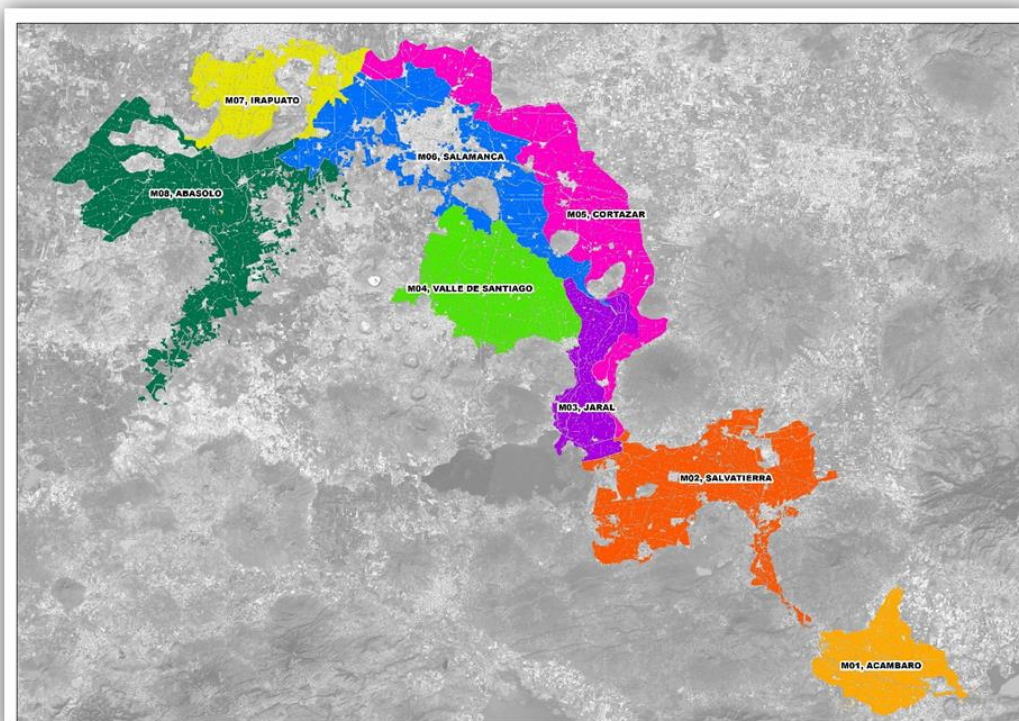
Año agrícola	Trigo		Cebada		Superficie (ha)	
	Superficie (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Superficie (ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Trigo y cebada (%)	Total ciclo OI (ha)
1997-1998	18,800	6.5	6,176	5.5	77.5	32,209
1998-1999	42,510	5.0	16,534	5.5	86.6	68,188
1999-2000	22,737	6.5	15,079	6.0	79.7	47,446
2000-2001	9,969	6.5	9,537	5.7	73.1	26,702
2001-2002	14,515	6.8	41,745	6.2	85.3	65,951
2002-2003	12,158	4.7	54,890	5.4	89.7	74,770
2003-2004	24,051	6.3	45,201	6.6	89.8	77,104
2004-2005	39,540	6.7	30,072	6.4	91.1	76,417
2005-2006	27,650	7.0	21,229	6.6	89.2	54,772
2006-2007	37,071	6.9	22,186	7.1	89.6	66,150
2007-2008	48,066	6.9	23,605	6.1	89.5	80,039
2008-2009	43,096	7.2	29,499	6.0	89.8	80,806
2009-2010	8,426	6.9	15,902	6.3	82.8	29,365
2010-2011	38,953	7.1	33,886	6.4	91.3	79,793
2011-2012	23,752	6.8	38,851	6.1	92.1	67,959
2012-2013	10,844	4.6	15,895	4.2	85.2	31,377
2013-2014	22,278	6.2	36,523	5.5	91.6	64,180
		6.4		6.0	86.7	

Determinar a grande escala la eficiencia de aplicación y la productividad del agua de riego por gravedad, en los cultivos de trigo y cebada del Distrito de Riego 011 “Alto Río Lerma”, Guanajuato.



MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco del Programa de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) de la CONAGUA, en una superficie de riego de 8,106 ha que benefician a 2,412 usuarios de riego de ocho Asociaciones Civiles de Usuarios de Riego del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato



Módulo de Riego	Número Usuarios	Superficie considerada (ha)
Acámbaro	389	926
Salvatierra	300	1,016.58
Jaral	225	995.17
Valle	263	986.99
Cortázar	333	1,059.80
Salamanca	349	1,007.40
Irapuato	282	1,010.77
Abasolo	271	1,103.82
Total	2,412	8,106.53

MATERIALES Y MÉTODOS

Requerimientos de riego de los cultivos

Datos de clima promedio considerados para el D.R.011, Gto., Ciclos OI 2014/15, 2015/16 y 2016-2017.

Mes	Temperatura (°C).			Velocidad del Viento (km/hr)	Radiación (W/m²)	Humedad relativa (%)	Precipitación efectiva (mm)	(ET _o) (mm)
	Máxima	Mínima	Media					
2014								
Diciembre	24.1	6.71	18.45	3.12	335.01	59.77	2.5	79.2
2015								
Enero	23.79	6.32	14.55	4.35	397.98	55.42	4.4	96.4
Febrero	24.64	6.64	15.38	4.6	470.15	52.69	8.5	109.9
Marzo	24.89	8.74	16.5	4.06	491.32	62.15	101	129.6
Abril	28.97	10.75	19.67	2.85	554.75	53.63	16.6	153.6
Diciembre	23.68	7.38	15.06	2.19	412.45	62.93	6.20	87.43
2016								
Enero	22.09	5.65	13.53	2.32	413.63	54.30	1.60	91.60
Febrero	24.68	5.21	14.62	3.23	495.16	41.53	0.10	113.00
Marzo	26.10	9.48	17.76	3.68	535.25	45.61	26.50	133.37
Abril	29.83	14.83	22.38	3.57	560.36	30.93	2.00	146.70
Diciembre	23.72	7.40	15.10	2.20	412.47	62.90	6.20	87.70
2017								
Enero	22.10	5.75	13.59	2.46	413.70	54.10	0.02	91.87
Febrero	24.73	5.36	14.69	3.27	495.35	42.1	2.2	112.83
Marzo	26.13	9.58	17.83	3.74	535.45	45.69	3.3	133.60
Abril	29.89	14.93	22.50	3.68	560.56	30.89	0	146.90

MATERIALES Y MÉTODOS

Requerimiento de riego para los cultivos de los ciclos O-I 2014/15, OI 2015/16 OI 2016/17 del D.R. 011.

Cultivo	Fecha de siembra	Duración	E To	E Tc	Precipitación efectiva	Requerimiento de Riego
		(días)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Ciclo OI 2014-2015						
Trigo	01-dic	150	568.7	529.5	150.0	380.7
Cebada	01-dic	120	415.1	360.5	113.5	272.2
Ciclo OI 2015-2016						
Trigo	01-dic	150	572.1	520.3	35.4	484.8
Cebada	01-dic	120	425.4	380.8	32.7	347.4
Ciclo OI 2016-2017						
Trigo	01-dic	150	572.9	492.8	6.4	486.4
Cebada	01-dic	120	426.6	356.4	6.4	350.0

MATERIALES Y MÉTODOS

Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación aquí expresada, considera el requerimiento de riego del cultivo, referido a la lámina de riego aplicada durante todo el ciclo del cultivo. Para su determinación se utilizó la siguiente ecuación:

$$Ea = \frac{\text{Requerimiento Riego}}{\text{Lámina aplicada}} \times 100$$

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Aforos, superficie dominada, lámina de riego y caudal aforado por Módulo de riego durante el ciclo OI de los años agrícolas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017

	Acámbaro	Salvatierra	Jaral	Valle	Cortázar	Salamanca	Irapuato	Abasolo	Total ó Promedio
Ciclo OI 2014/15									
No. Aforos	33	110	35	6	10	18	16	27	255
Hectáreas-riego	105	363	120	23	33	60	52	90	846
Lámina (cm)	22.2	25.6	22.5	17.9	19.4	24.5	22	20.8	21.71
Gasto aforado (l/s)	50.5	43.4	47	86	47.5	80	50	49	56.7
Ciclo OI 2015/16									
No. Aforos	14	194	45	5	109	47	66	31	511
Hectáreas-riego	56	681	203	18	353	124	248	279	1,962
Lámina (cm)	20	21.65	21.5	20.2	21.8	23.98	16.7	19.85	20.8
Gasto aforado (l/s)	39.1	64.5	55.6	64	50.6	65.9	52.2	47.5	52.2
Ciclo OI 2016/17									
No. Aforos	8	183	41	63	69	52	101	87	604
Hectáreas-riego	11	611	139	281	265	180	421	203	2,111
Lámina (cm)	19.5	20.2	21.3	20.9	23.9	22.3	17.4	18.7	20.3
Gasto aforado (l/s)	51	42.9	68.1	62.6	46.4	73.2	52.5	43.3	52.1
Total-Promedio									
No. Aforos	55	487	121	74	188	117	183	145	1,370
Hectáreas-riego	172	1,655	462	322	651	364	721	572	4,919
Lámina (cm)	20.6	22.5	21.8	19.7	21.7	23.6	18.7	19.8	20.9
Gasto aforado (l/s)	46.9	50.3	56.9	70.9	48.2	73.0	51.6	46.6	53.7



MATERIALES Y MÉTODOS

Productividad del agua

Para determinar la productividad del agua de riego se utilizó la expresión, FAO, (2003).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de producto}}{\text{Unidad de agua}} \times 100$$

La productividad es la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. En este caso el término productividad del agua es usado exclusivamente para denotar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida. El valor del producto podría ser expresado en diferentes términos: biomasa, grano, dinero.

La cantidad de producto o el rendimiento de los cultivos de trigo y cebada se obtuvieron de manera directa por los Técnicos de campo para los ciclos OI de los años agrícolas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 en las oficinas de las Asociaciones Civiles de Usuarios de Riego del Distrito de Riego 011.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ciclo OI 2014-2015, del D.R. 011 , Guanajuato.

Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia de aplicación (%)	Volumen utilizado (millares de m³)	Rendimiento cultivo (ton/ha)	Productividad del agua (kg/m³)
Acámbaro	68.56	377.0	599.6	62.9	440.9	6.4	1.0
Trigo	66.24	380.70	651.8	58.4	431.7	6.4	0.98
Cebada	2.32	272.20	397.3	68.5	9.2	6.70	1.69
Salvatierra	488.06	351.6	581.7	60.4	2,876.6	4.9	0.8
Trigo	357.08	380.70	600.7	63.4	2,145.1	5.0	0.83
Cebada	130.98	272.20	558.4	48.7	731.4	4.5	0.81
Jaral	717.20	310.9	617.6	50.3	4,468.2	5.4	0.9
Trigo	255.90	380.70	623.0	61.1	1,594.3	6.0	0.96
Cebada	461.30	272.20	623.0	43.7	2,873.9	5.0	0.80
Valle	936.63	313.4	493.2	63.5	4,642.3	4.4	0.9
Trigo	355.48	380.70	503.1	75.7	1,788.3	4.2	0.84
Cebada	581.15	272.20	491.1	55.4	2,854.0	4.5	0.92
Cortázar	807.34	342.3	740.2	46.2	5,975.1	4.8	0.7
Trigo	521.33	380.70	750.8	50.7	3,914.3	4.7	0.63
Cebada	286.01	272.20	720.5	37.8	2,060.8	5.0	0.69
Salamanca	985.00	363.8	614.7	59.2	6,054.3	6.3	1.0
Trigo	831.89	380.70	627.4	60.7	5,218.9	6.5	1.04
Cebada	153.11	272.20	545.6	49.9	835.4	5.5	1.01
Irapuato	969.39	367.6	635.5	57.9	6,176.8	6.0	0.9
Trigo	852.61	380.70	645.3	59.0	5,501.8	6.0	0.93
Cebada	116.78	272.20	578.0	47.1	675.0	6.0	1.04
Abasolo	944.17	362.0	752.5	48.1	7,123.4	5.8	0.8
Trigo	781.28	380.70	790.8	48.1	6,178.7	5.6	0.71
Cebada	162.89	272.20	580.0	46.9	944.8	7.0	1.21
Total	5,916	346.0	638.2	54.2	37,757.5	5.4	0.87
Trigo	4,022	380.70	665.7	57.2	26,773.1	5.6	0.86
Cebada	1,895	272.20	579.8	46.9	10,984.5	5.1	0.89

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ciclo OI 2015-2016, del D.R. 011 , Guanajuato.

Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia de aplicación (%)	Volumen entregado (millares de m3)	Rendimiento cultivo (ton/ha)	Productividad del agua (kg/m3)
Acámbaro	69.31	406.7	507.3	80.2	351.6	6.3	1.32
Trigo	29.98	484.40	648	74.8	194.3	6.4	0.99
Cebada	39.33	347.40	400	86.9	157.3	6.3	1.58
Salvatierra	339.00	435.5	753.3	57.8	2,553.8	6.9	0.93
Trigo	218.00	484.40	810	59.8	1,765.8	6.8	0.84
Cebada	121.00	347.40	651	53.3	788.0	7.2	1.11
Jaral	720.20	355.5	657.9	54.0	4,738.1	6.1	0.92
Trigo	42.40	484.40	816	59.4	346.0	7.0	0.86
Cebada	677.80	347.40	648	53.6	4,392.1	6	0.93
Valle	943.79	361.6	658.7	54.9	6,216.4	4.9	0.76
Trigo	97.66	484.40	847	57.2	826.9	4.5	0.53
Cebada	846.13	347.40	637	54.5	5,389.5	5	0.78
Cortázar	684.16	409.3	753.2	54.3	5,153.0	7.0	0.93
Trigo	308.93	484.40	830	58.4	2,563.9	6.8	0.82
Cebada	375.23	347.40	690	50.3	2,589.1	7.1	1.03
Salamanca	907.75	401.1	785.5	51.1	7,130.0	5.2	0.67
Trigo	356.11	484.40	891	54.4	3,171.5	5.5	0.62
Cebada	551.64	347.40	718	48.4	3,958.6	5	0.70
Irapuato	658.40	393.7	557.8	70.6	3,672.9	6.5	1.19
Trigo	222.71	484.40	672	72.1	1,496.6	6.5	0.97
Cebada	435.69	347.40	500	69.5	2,176.3	6.5	1.30
Abasolo	932.58	416.2	794.0	52.4	7,404.7	7.4	0.93
Trigo	468.20	484.40	794	61.0	3,717.5	7.5	0.94
Cebada	464.38	347.40	794	43.8	3,687.2	7.3	0.92
Total	5,255	392.9	708.3	55.5	37,220.4	6.2	0.89
Trigo	1,744	484.4	807.5	60.0	14,082.4	6.6	0.82
Cebada	3,511	347.4	659.0	52.7	23,138.0	6.0	0.93

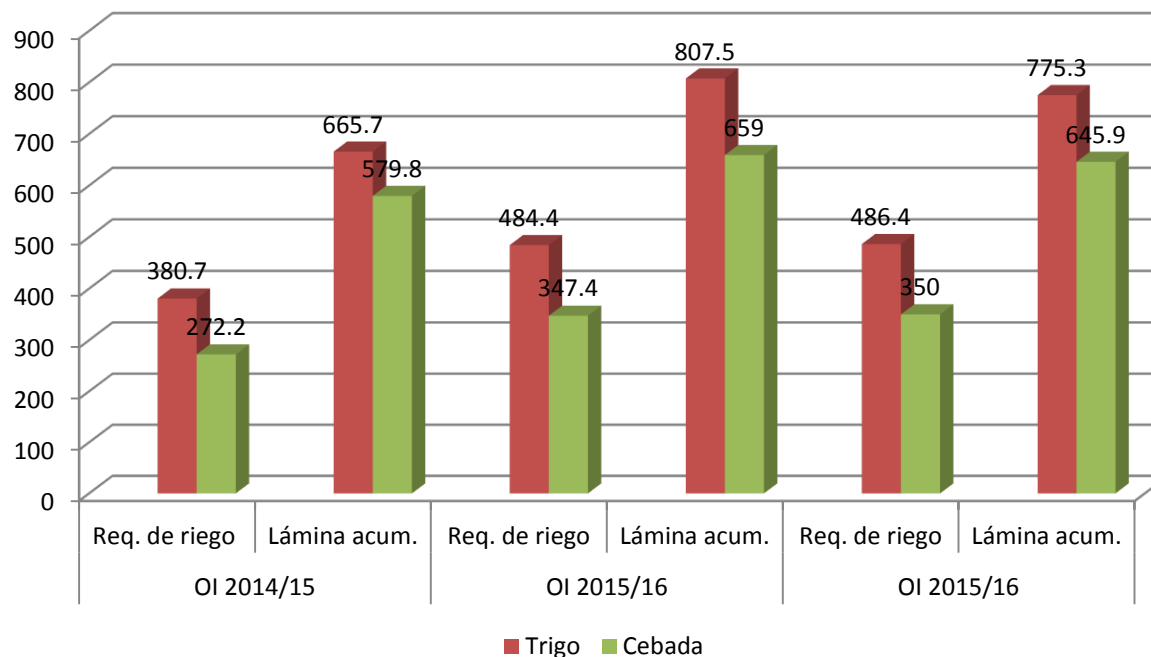
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ciclo OI 2016-2017, del D.R. 011 , Guanajuato.

Módulo de Riego/Cultivo	Superficie Establecida (ha)	Requerimiento de riego (mm)	Lámina acumulada (mm)	Eficiencia Aplicación (%)	Volumen utilizado (millares m ³)	Rendimiento del cultivo (ton/ha)	Productividad del agua (kg/m ³)
Acámbaro	29.8	377.5	586.3	64.1	174.7	6.1	1.0
Trigo	6	486.4	651	74.7	39.1	6.7	1.03
Cebada	23.8	350	570	61.4	135.7	6	1.05
Salvatierra	279	401.3	672.2	59.6	1,875.4	7.0	1.1
Trigo	105	486.4	810	60	850.5	6.8	0.84
Cebada	174	350	589	59.4	1,024.9	7.2	1.22
Jaral	972	351.5	659.5	53.3	6,410.1	6.0	0.9
Trigo	11	486.4	876	55.5	96.4	7	0.8
Cebada	961	350	657	53.3	6,313.8	6	0.91
Valle	912.3	362.2	703.4	51.4	6,414.5	6.9	1.0
Trigo	81.3	486.4	902	53.9	733.0	6	0.67
Cebada	831	350	684	51.2	5,681.5	7	1.02
Cortázar	835	415.5	752.0	54.9	6,278.8	7.0	0.9
Trigo	401	486.4	819	59.4	3,284.2	6.8	0.83
Cebada	434	350	690	50.7	2,994.6	7.1	1.03
Salamanca	1174	399.7	712.9	55.9	8,371.0	6.3	0.9
Trigo	428	486.4	847	57.4	3,626.4	6	0.71
Cebada	746	350	636	55	4,744.6	6.5	1.02
Irapuato	559	397.8	578.3	68.9	3,232.9	6.0	1.1
Trigo	196	486.4	716	67.9	1,403.4	6	0.84
Cebada	363	350	504	69.4	1,829.5	6	1.19
Abasolo	919	462.7	707.3	65.4	6,500.1	7.5	1.1
Trigo	759	486.4	708	68.7	5,373.7	7.5	1.06
Cebada	160	350	704	49.7	1,126.4	7.3	1.04
Total	5,680.1	397.7	691.2	57.6	39,257.6	6.7	1.0
Trigo	1,987.3	486.4	775.3	63.2	15,406.7	6.8	0.89
Cebada	3,692.8	350	645.9	54.6	23,851.0	6.6	1.02

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

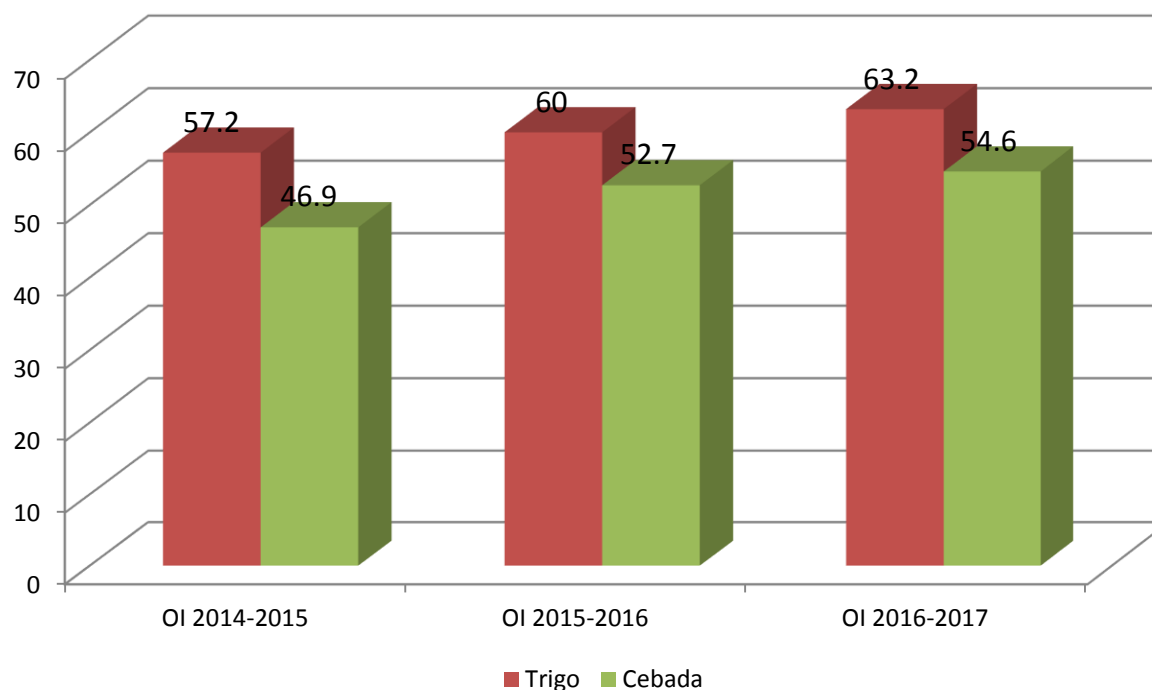
Lámina de riego acumulada (mm) y requerimiento de riego (mm) en los cultivos de trigo y cebada en los ciclos OI 2014/15, 2015/16 y 2016/17 del D.R. 011.



En el ciclo OI 2014/15 se tiene un requerimiento de riego significativamente menor, debido a que durante los meses de marzo y abril del 2015 se presentaron precipitaciones pluviales.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

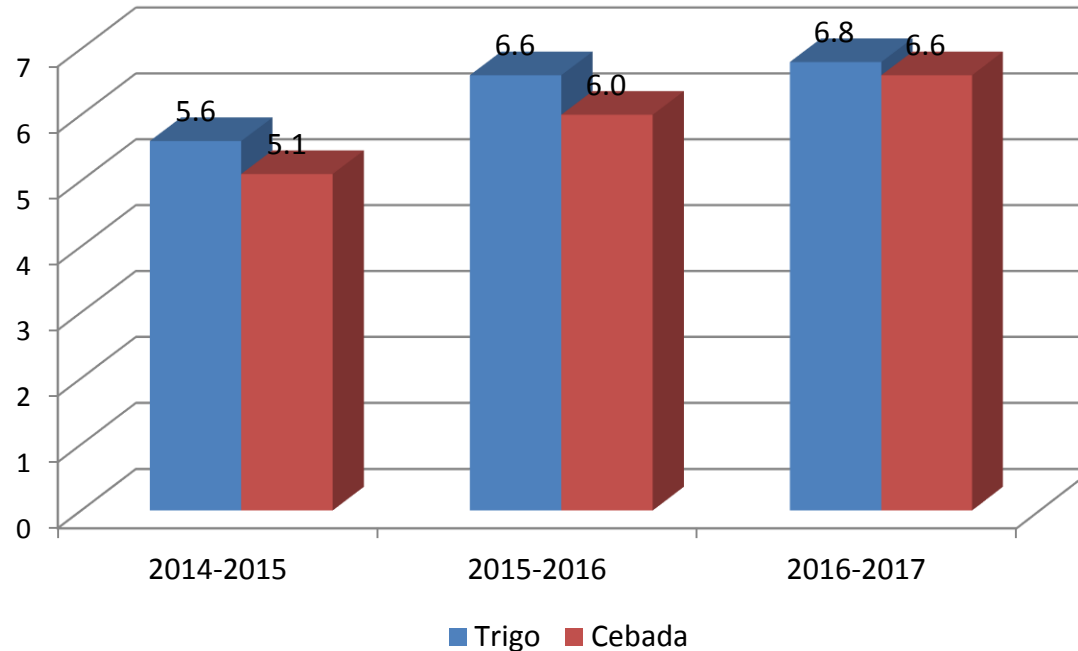
Eficiencia de aplicación (%) de los cultivos de trigo y cebada en los ciclos OI 2014/15, 2015/16 y 2016/17 del D.R. 011



La eficiencia de aplicación menor para el ciclo OI 2014/15 va acompañada del requerimiento de riego también menor, por las lluvias que se presentaron; sin embargo, el productor continuó con la misma dinámica de aplicación de los riegos.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

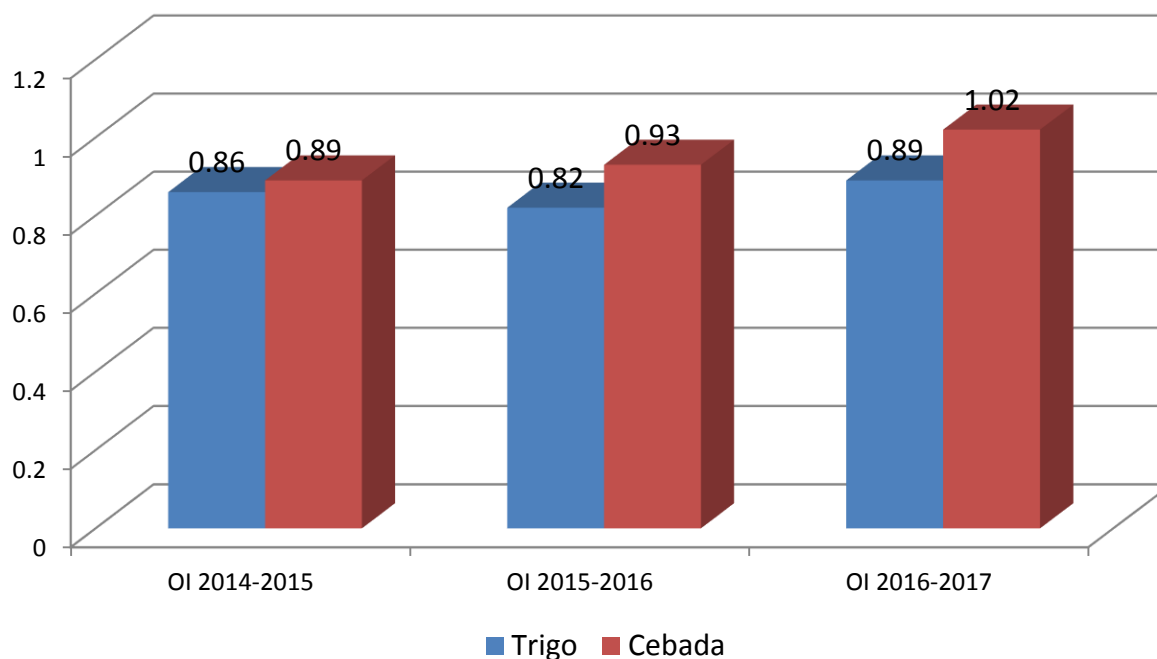
Rendimiento de los cultivos (t/ha) de trigo y cebada en los ciclos OI 2014/15, 2015/16 y 2016/17 del D.R. 011, Guanajuato.



Rendimiento menor de los cultivos en el ciclo OI 2014-2015

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Productividad del Agua (Kg/cm^3) de cultivos de trigo y cebada en los ciclos OI 2014/15, 2015/16 y 2016/17 del D.R. 011, Guanajuato.



La productividad del agua menor en el ciclo OI 2014-2015 debido principalmente a un bajo rendimiento, aún con una lámina de riego acumulada menor.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron, a gran escala, las eficiencias de aplicación del riego y la productividad del agua de los ciclos OI 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 para los cultivos de trigo y cebada en el Distrito de Riego 011, Guanajuato.
2. La eficiencia de aplicación para el cultivo de trigo fueron de 57.2 %, 60 % y 63.2 %, para la cebada de 46.9 %, 52.7 % y 54.6 % para los ciclos OI de los años agrícolas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017, respectivamente.
3. La productividad del agua de riego para el trigo fue de 0.86 kg/m³, 0.82 kg/m³ y 0.89 kg/m³, para la cebada de 0.89 kg/m³, 0.93 kg/m³ y 1.02 kg/m³ para el ciclo OI de los años agrícolas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017, respectivamente. Su valor puede incrementarse de manera significativa cuando se presentan precipitaciones pluviales durante el ciclo del cultivo, sin embargo, el valor de la productividad es más sensible a la variación del rendimiento del cultivo.
4. La importancia de este diagnóstico de eficiencia de aplicación y productividad del agua de riego en tres años agrícolas del ciclo otoño invierno, nos permite ver por un lado el enorme potencial en cuanto al ahorro del agua al reducir la lámina de riego aplicada, y por el otro con el índice de productividad del agua facilita la toma de decisiones sobre el patrón de cultivos y la superficie a establecer cuando hay déficit de agua.