





# II CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2016

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

# IMPACTO DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO RIEGO POR GRAVEDAD TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE RIEGO 063, GUASAVE, SINALOA

Juan Carlos Herrera Ponce<sup>1</sup>; Blas Espinoza Quintero<sup>2</sup>; Pedro Pacheco Hernández<sup>1</sup>; Jorge Castillo Gonzalez<sup>1</sup>; Juan Manuel Angeles Hernández<sup>1</sup>; Alberto Alatorre Márquez<sup>3</sup>; Erika Cecilia Gastelum Solano<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550 México. <u>jherrera@tlaloc.imta.mx</u>. (\*Autor para correspondencia)

<sup>2</sup>Jefatura de operación del DR 063 Guasave, Sin., Guasave, Sinaloa, C.P. 81000 México.

<sup>3</sup>Supervisor Técnico RIGRAT del DR 063 Guasave, Sin. C.P. 81000 México

<sup>4</sup>Responsable Técnico RIGRAT, Módulo II-2 Tetameche, DR 063 Guasave, Sin. C.P. 81000 México

#### Resumen

Actualmente, el IMTA coordina el proyecto RIGRAT en el Estado de Sinaloa, en una superficie de 40,000 ha, distribuida en los ocho distritos de riego del Estado. En el caso particular del DR 063 Guasave, Sin., hasta el momento, se ha incorporado una superficie de 9,372 ha, distribuida en los cinco módulos de este Distrito de riego. El IMTA coordina las actividades de asistencia técnica de los nueve Responsables y un Supervisor Técnico en este Distrito de Riego.

En el presente trabajo se describen las acciones más relevantes del proyecto RIGRAT, entre las que destacan, la asesoría proporcionada por el IMTA a los Responsables Técnicos para la elaboración de proyectos de nivelación de tierras; para la evaluación, diseño y trazo de riego parcelario; para el seguimiento del riego en tiempo real; y para la medición y el cobro volumétrico del agua de riego a nivel parcelario. Además, se realiza un análisis del impacto estas acciones en los indicadores básicos de rendimiento, de volumen ahorrado y de productividad del agua y de la tierra, para las superficies RIGRAT del DR 063 Guasave, Sinaloa.

Palabras clave adicionales: RIGRAT, riego por gravedad, asistencia técnica.



#### Introducción

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) colabora con la CONAGUA en la implementación, seguimiento y evaluación del proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT), cuyo principal objetivo es hacer un uso más racional del agua de riego parcelario, incrementando así la eficiencia a nivel parcelario y el rendimiento de los cultivos.

Para conseguir lo anterior, el proyecto considera una serie de acciones, como son: la asesoría para la elaboración de proyectos de nivelación de tierras; la asesoría para evaluación, diseño y trazo de riego parcelario; la asesoría para el seguimiento del riego en tiempo real; la asesoría para la medición y el cobro volumétrico del agua de riego a nivel parcelario; la asesoría en la adquisición, validación y calibración de equipos y dispositivos de medición; el apoyo en la integración de expedientes de las acciones inherentes de la componente; el apoyo en el seguimiento, evaluación y generación de recomendaciones de las acciones; y el apoyo en la generación de informes de asistencia técnica. Para medir el impacto de estas acciones, se definieron indicadores referentes al volumen ahorrado, al incremento de la eficiencia de aplicación y al incremento del rendimiento de los cultivos.

Para el estado de Sinaloa, el IMTA coordina el proyecto RIGRAT en una superficie de 40,000 ha, distribuida en los ocho distritos de riego del Estado. En el caso particular del DR 063 Guasave, Sin., hasta el momento, se ha incorporado una superficie de 9,372 ha, distribuida en los cinco módulos de riego de este Distrito.

# Materiales y métodos

La Coordinación del proyecto RIGRAT, en el DR 063 Guasave, Sin., consideró tres etapas: la implantación del proyecto, el seguimiento de las acciones y la evaluación del proyecto.

#### Implantación del proyecto

La implantación del proyecto RIGRAT en el DR 063 Guasave se llevó a cabo de manera gradual, a partir del año agrícola 2014-2015. Al inicio del ciclo Otoño-invierno (O-I) de ese mismo año agrícola se implantó una superficie de al menos 6,000 ha; al final del ciclo O-I (2014-2015), la superficie implementada resultó de 8,251 ha; y al final del ciclo O-I (2015-2016) esta superficie ascendió a 9,372 ha. Hasta el momento, el IMTA ha coordinado la implantación en nueve superficies compactas (con al menos 1,000 ha cada una), distribuidas en los cinco módulos del Distrito de Riego. Cada superficie compacta es atendida por un Responsable Técnico (RT) y toda la superficie implantada por un Supervisor Técnico (ST). Durante la implantación del proyecto se realizó la difusión del proyecto, la determinación de la superficie beneficiada y la caracterización de las superficies RIGRAT (Figuras 1 y 2).





**Figura 1.** Difusión del proyecto RIGRAT en comité hidroagrícola del DR 063 Guasave.



**Figura 2.** Reunión para presentar la superficie beneficiada en módulo de riego.

#### Seguimiento de las acciones

La coordinación del proyecto RIGRAT consideró una serie de acciones campo y gabinete, entre las que destacan, la asesoría proporcionada a los Responsables Técnicos para la elaboración de proyectos de nivelación de tierras; la evaluación, diseño y trazo de riego parcelario; el seguimiento del riego en tiempo real; y para la medición y el cobro volumétrico del agua de riego a nivel parcelario.

Elaboración de proyectos de nivelación de tierras: se asesoró a los RT's para que generaran el programa de nivelación para los próximos tres años, considerando para ello, las parcelas que presentan relieves ondulados y encharcamientos sistemáticos durante la aplicación del riego. De igual forma, se proporcionó asesoría para el levantamiento topográfico, el plano con la configuración del terreno y el proyecto ejecutivo de nivelación de tierras, utilizando el programa de cómputo SINIVET para el cálculo de cortes y rellenos (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Levantamiento topográfico.

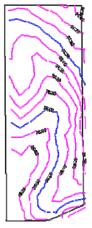


Figura 4. Configuración topográfica.



Evaluación, diseño y trazo de riego parcelario: para la evaluación del riego, se proporcionó asesoría a los RT´s en la determinaran la eficiencia de aplicación de cada riego, considerando la lámina aprovechable (para el riego de presiembra) o la lámina requerida (que se debe reponer en cada riego de auxilio), respecto a la lámina aplicada en cada riego (que se determinó durante el seguimiento del riego). De esta forma, se determinó la eficiencia de aplicación para cada uno de los riegos servidos de las parcelas de las superficies RIGRAT, así como la eficiencia ponderada por riego y cultivo.

En cuanto al diseño del riego parcelario, se asesoró a los RT´s para que definieran una muestra de parcelas, en la que se realizaron mediciones topográficas, muestreos de suelos (Figura 5) y medición detallada de riegos (tiempo, gasto en surcos, tendidas y turnos). A partir de esta información de campo, se utilizó el programa de cómputo RIGRAV, para la calibración y el diseño del riego parcelario en esa muestra de parcelas.

Respecto al trazo del riego parcelario, se asesoró a los RT's en la elaboración de la propuesta de trazo del riego en una muestra de parcelas, en la que se podría obtener un impacto en la reducción de la lámina aplicada, debido a la modificación del trazo. Para lo cual, se actualizaron las direcciones de riego, se midieron las pendientes parcelarias (Figura 6) y se realizó el diseño del riego parcelario.



Figura 5. Muestreo de suelos.

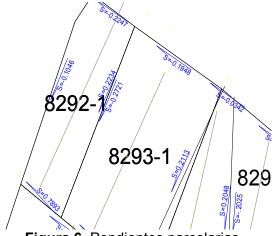


Figura 6. Pendientes parcelarias.

Seguimiento del riego en tiempo real: se asesoró a las RT's en el seguimiento del riego parcelario, mediante las siguientes actividades: verificación de las condiciones iniciales para el riego en las parcelas, identificación de las prácticas del regador para la aplicación del riego, recomendación a los regadores para mejorar la aplicación del riego, y registro de información básica de los riegos: gasto aplicado, fecha de inicio, fecha de término, número de turnos y tiempo por turno. Para el registro de la información de los riegos se utilizaron formatos de campo diseñados para este fin (Figura 7).



En cuanto al momento oportuno de los riegos de auxilio, se asesoró a los RT´s para que pronosticaran los riegos de auxilio (sobre todo del maíz) a partir de la medición del contenido de humedad en el suelo, con medidor de humedad tipo TDR (Figura 8). A partir de la información de campo, los RT´s llenaron los formatos para determinar el momento oportuno del riego y proporcionaron a los usuarios beneficiados las recomendaciones.



**Figura 7.** Registro de información de riegos.



Figura 8. Medición de humedad con TDR.

Asesoría para la medición y el cobro volumétrico del agua a nivel parcelario: se asesoró a los RT's en la medición de los gastos de agua entregados a las parcelas, con los equipos de los módulos de riego (molinete de copas o medidor de hélice) o con los sifones utilizados por los regadores para aplicar el riego (Figura 9); mediciones que se registraron en los formatos diseñados para los diferentes tipos de aforo. La información contenida en los registros de aforo y en los formatos con la información básica de los riegos se capturó y analizó en la Libreta digital, diseñada para cada superficie RIGRAT (Figura 10), para determinar los volúmenes aplicados por: cultivo, riego, parcela, toma granja, canal (lateral, sublateral, ramal o subramal) y punto de control de la sección de riego.



**Figura 9.** Aforo con molinete de copas.

1	С	Н	J	GA	GE	GI	GM	GQ	GU		
1											
2	NÚMERO	CULTIVO		CUI TIVO	SUPERFICIE SEMBRADA	RIEGO PRESIEMBRA	RIEGO DE AUXILIO 01	RIEGO DE AUXILIO 02	RIEGO DE AUXILIO 03	RIEGO DE AUXILIO 04	TOTAL
3	CUENTA		(HA)	Va (m3)	Va (m3)	Va (m3)	Va (m3)	Va (m3)	Va (m3)		
29	14120-00	frijol	3.50	0	5,288	4,320	4,860	3,240	17,708		
41	14131-00	frijol	9.90	0	11,502	9,504	9,979	11,880	42,865		
50	14143-00	frijol	10.00	28,564	11,664	10,368	16,632	0	67,228		
51	14144-00	frijol	10.00	28,512	12,960	9,504	8,640	0	59,616		
53	2085-00	frijol	9.29	25,777	12,819	7,920	5,940	0	52,456		
54	2087-00	frijol	9.30	25,777	12,819	7,920	5,940	0	52,456		
58	14087-00	frijol	9.30	25,920	14,688	13,392	12,096	0	66,096		
68	14160-00	frijol	9.30	24,480	9,504	13,500	9,504	0	56,988		
71	14163-00	frijol	9.55	0	10,831	12,960	12,420	16,589	52,800		
81	14179-00	frijol	9.30	0	10,368	8,640	10,368	10,368	39,744		
86	14202-00	frijol	9.30	22,032	10,321	9,720	7,776	0	49,849		
89	14167-00	frijol	9.30	21,965	10,816	8,640	8,100	0	49,521		
94	14213-00	frijol	10.00	22,464	11,484	7,920	10,080	0	51,948		
95	14214-00	frijol	10.00	22,464	12,672	7,920	9,720	0	52,776		
98	14209-00	frijol	10.04	22,982	12,782	12,420	9,936	0	58,120		
104	14181-00	frijol	9.30	0	10,800	9,878	21,624	8,640	50,942		
169											
170			187	297,434	232,518	229,450	210,265	80,885	1,050,552		
171											
H ← → M Librata Eficiencia / Sección / Cultivo / 38 / textura / volumenes2016 / eficiencias 2016 / BASE DATOS PLATAFORMA [] ←											

Figura 10. Determinación de volúmenes con Libreta digital.



#### Evaluación del proyecto

Para la evaluación del proyecto RIGRAT se consideraron los indicadores relacionados con los siguientes temas: cobertura del proyecto, volúmenes de agua entregada a las parcelas, láminas de riego aplicadas y rendimiento de cultivos, valoración de impacto en indicadores de eficiencia (Incremento de eficiencia de aplicación y ahorro de agua), valoración de impacto en indicadores de cumplimiento (Superficie beneficiada, asociaciones beneficiadas y superficie atendida por RT y ST)

# Análisis y discusión de resultados

El personal técnico del IMTA coordinó una serie de acciones de campo y de gabinete realizadas por los Responsables Técnicos durante los años agrícolas 2014-2015 y 2015-2016; de igual forma coordinó la determinación de los diferentes indicadores para estos años agrícolas. A continuación, se presenta el impacto de estas acciones, en los indicadores básicos de rendimiento, de volumen ahorrado y de productividad del agua y de la tierra, para las superficies RIGRAT del DR 063 Guasave, Sinaloa.

#### Rendimiento de cultivos

El rendimiento de los cultivos en las superficies RIGRAT se determinó por muestreo de campo y mediante encuesta directa a los productores cooperantes. Los muestreos se concentraron en los cultivos dominantes como el maíz, el frijol y el garbanzo, mientras que las encuestas a los productores se aplicaron al resto de los cultivos sembrados en las superficies RIGRAT.

El Cuadro 1 presenta el rendimiento ponderado por módulo de riego para los años 2014-2015 y 2015-2016. En términos generales, este rendimiento presentó un ligero incremento. Excepto para el cultivo del frijol (y para otros cultivos no dominantes), debido a los efectos de la helada que se presentó en diciembre de 2015. Para el frijol, en el año agrícola 2014-2015 se obtuvo un rendimiento promedio de 1.78 ton/ha; sin embargo para el 2015-2016, su rendimiento varió de 0.70 a 1.25 ton/ha, dependiendo de su grado de afectación por la helada.

Cuadro 1. Rendimiento ponderado por módulo de riego, DR 063 Guasave, Sin.

Módulo de Riego	Superficie Sembrada O-I (ha)	Rendimiento O-I 2014-2015 (ton/ha)	Rendimiento O-I 2015-2016 (ton/ha)	
I-1 Bamoa	2,212.93	8.62	8.66	
I-2 Las Milpas	2,217.01	7.64	9.26	
II-1 Petatlan	1,043.13	8.11	8.72	
II-2 Tetameche	2,425.12	6.17	6.75	
III-1 El Sabinal	2,204.39	7.85	7.61	
Total DR 063	10,102.58	7.61	8.11	



El rendimiento promedio para el Distrito de Riego, presentó los siguientes valores: 7.61 ton/ha (2014-2015) y 8.11 ton/ha (2015-2016). La variación del rendimiento por módulo de riego para el año 2015-2016 fue de 6.75 a 9.26 ton/ha. El valor mínimo corresponde al módulo de riego II-2 Tetameche y el valor máximo al módulo I-2 Las Milpas.

# Ahorro de agua

Para el año agrícola 2014-2015, el volumen ahorrado por el Distrito de Riego (nivel fuente) fue de 0.250 millones de m³ y corresponde únicamente al módulo de riego II-2 Tetameche; ya que en este módulo, el IMTA realizó un estudio de asesoría sobre dotación volumétrica en el año 2013-2014, en la misma superficie en la que se implementó el proyecto RIGRAT. Para el año agrícola 2015-2016, el volumen ahorrado (nivel fuente) ascendió a 5.051 millones de m³; el cual rebasó en mucho al volumen ahorrado del año anterior; y resultó mayor que la meta establecida para este Distrito de riego, que fue de 4.200 millones de m³ (Cuadro 2). Es evidente que para este año agrícola, el volumen ahorrado se debe al impacto de las acciones del proyecto RIGRAT.

Respecto al volumen ahorrado en la parcela (nivel toma granja), en el año agrícola 2015-2016 resultó un volumen ahorrado para todo el Distrito de riego de 2.975 millones de m³. Los módulos II-1 Petatlan y III-1 El Sabinal reportaron volúmenes ahorrados para una superficie RIGRAT (1,000 ha) en cada uno de los módulos; mientras que, los módulos I-1 Bamoa, I-2 Las Milpas y II-2 Tetameche reportaron volúmenes ahorrados para dos superficies RIGRAT (2,000 ha) en cada uno de ellos. Considerando el volumen ahorrado por superficie RIGRAT (por cada 1,000 ha), el módulo III-1 El Sabinal reportó el menor volumen ahorrado de 0.353 millones de m³, y el módulo de riego II-2 Tetameche reportó el mayor volumen ahorrado de 0.431 millones de m³.

Cuadro 2. Volumen ahorrado (2014-2015 y 2015-2016), DR 063 Guasave, Sin.

Módulo de Riego	Superficie Sembrada O-I (ha)	Volumen Ahorrado (O-I) 2014-2015, nivel fuente (miles de m³)	Volumen Ahorrado O-I 2015-2016 (miles de m³)			
Modulo de Riego			Programado fuente	Realizado fuente	Realizado parcela	
I-1 Bamoa	2,212.93		1,050.00	1,187.21	705.71	
I-2 Las Milpas	2,217.01		1,050.00	1,160.84	690.03	
II-1 Petatlan	1,043.13		525.00	613.03	364.40	
II-2 Tetameche	2,425.12	250.00	1,050.00	1,450.14	861.99	
III-1 El Sabinal	2,204.39		525.00	639.85	353.32	
Total DR 063	10,102.58	250.00	4,200.00	5,051.07	2,975.45	



### Productividad del agua y tierra

Respecto a la productividad del agua (nivel toma granja), el promedio para el Distrito de Riego varió desde 0.93 kg/m³ (año 2014-2015) hasta 0.94 kg/m³ (año 2015-2016). El incremento tan pequeño en esta productividad del agua se debe a la caída de la productividad en los módulos I-2 Las Milpas y III-1 El Sabinal (Cuadro 3). Para el año 2015-2016, los módulos de riego que obtuvieron productividades del agua por arriba del promedio del Distrito fueron el módulo de riego II-2 Tetameche con un valor de 1.02 kg/m³ (debido a que aplicó los volúmenes más bajos) y el módulo I-2 Las Milpas, con 1.11 kg/m³ (por presentar los rendimientos más altos).

Respecto a la productividad de la tierra, el promedio para el Distrito de Riego varió desde 29,242 \$/ha (año 2014-2015) hasta 37,440 \$/ha (año 2015-2016), y solamente el módulo de riego I-2 Las Milpas presentó un valor de 50,770 \$/ha, por arriba del promedio del Distrito, debido a los cultivos de alta utilidad sembrados en ese módulo de riego.

Cuadro 3. Productividad agua y tierra (2014-2015 y 2015-2016), DR 063 Guasave, Sin.

	Aŕ	ño agrícola 2014	-2015	Año agrícola 2015-2016			
Módulo de	Superficie	Productividad	Productividad	Superficie	Productividad	Productividad	
Riego	sembrada	del agua	de la tierra	sembrada	del agua	de la tierra	
	(ha)	(kg/m³)	(\$/ha)	(ha)	(kg/m³)	(\$/ha)	
I-1 Bamoa	2,037.45	0.92	31,198	2,212.93	0.91	36,754	
I-2 Las Milpas	2,083.11	1.16	31,448	2,217.01	1.11	50,770	
II-1 Petatlan	1,000.37	0.68	27,736	1,043.13	0.86	37,023	
II-2 Tetameche	2,033.33	0.89	27,018	2,425.12	1.02	33,439	
III-1 El Sabinal	1,096.82	0.82	26,914	2,204.39	0.78	29,320	
Total DR 063	8,251.08	0.93	29,242	10,102.58	0.94	37,440	

## **Conclusiones**

El efecto combinado de las acciones más relevantes del proyecto RIGRAT (la evaluación, diseño y trazo, el seguimiento del riego parcelario y la medición de los volúmenes aplicados a las parcelas) han permitido reducir los volúmenes aplicados a los cultivos nivel de toma granja e influir en el rendimiento de los cultivos.

Con las acciones del RIGRAT es posible obtener una reducción de los volúmenes aplicados a nivel de toma granja, un incremento en las eficiencias de aplicación, un incremento de los volúmenes ahorrados y un incremento del rendimiento de los cultivos, lo cual ha repercutido en incrementos en la productividad del agua y de la tierra (considerando los ciclos 2014-2015 y 2015-2016).

Se recomienda incorporar a la brevedad los apoyos para la nivelación de terrenos agrícolas, que se ajusten al programa anual de nivelación de las superficies implementadas en el DR 063 Guasave, Sinaloa, ya que esto permitirá mejorar los



indicadores básicos de aquellas parcelas en las que las acciones más relevantes del proyecto no han tenido el efecto esperado.

# Referencias bibliográficas

- CONAGUA. Manual de Operación del Programa de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Distritos de Riego y Temporal Tecnificado, 2015; Componente Riego por Gravedad Tecnificado; Modalidad Comité Hidroagrícola.
- Herrera J.C., Pacheco P, Castillo J.A. De los Santos A., Unland H. Informe Final del proyecto RD1433. 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 063 Guasave, Sinaloa. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 148 p.
- Herrera J.C., Pacheco P., De los Santos A., Unland H., Gastelum E.C., Herrera J. y Aguilar O. Libreta digital para seguimiento de riegos (lámina aplicada, volumen y eficiencia de aplicación). Memorias I Congreso Nacional COMEII 2015. Jiutepec, Morelos, 23 a 24 noviembre de 2015.