



## **LA RECETA DE RIEGO EN EL PROYECTO RIGRAT DE LOS DISTRITOS DE RIEGO 076 VALLE DEL CARRIZO Y 063 GUASAVE, SINALOA**

**Pedro Pacheco Hernández<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Herrera Ponce<sup>1</sup>, Helene Unland Weiss<sup>1</sup>,  
Noel Villanueva Gaxiola<sup>2</sup>, José Antonio Reyes Mares<sup>2</sup>, Alberto Alatorre Márquez<sup>3</sup>.**

ppacheco@tlaloc.imta.mx - 7773293600 Ext. 813 (\*Autor de correspondencia)

<sup>1</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, 62550 México.

<sup>2</sup>Proyecto RIGRAT Distrito de Riego 076, Valle del Carrizo, Sin. C.P. 81320, Villa Gustavo Díaz Ordaz, Sin.

<sup>3</sup>Comisión Nacional del Agua Distrito de Riego 063, Guasave, Sin. C.P. 81320, Guasave, Sin.

### **Resumen**

A partir del ciclo Otoño-Invierno (OI) 2014-2015, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ha sido contratado por la Comisión Nacional del Agua, para implementar el proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado en los Distritos de Riego 076 Valle del Carrizo y 063 Guasave, Sinaloa, con el objetivo de hacer un uso más eficiente del agua de riego parcelario, mediante la capacitación y asistencia técnica a los usuarios; la topografía y nivelación de tierras; el diseño y trazo del riego parcelario y su aplicación controlada en la parcela; el pronóstico del riego en tiempo real, para ajustar los programas de riego inicialmente elaborados con datos estadísticos de clima; la evaluación y seguimiento del riego parcelario, para garantizar que se aplique lo más cercano a del cultivo en el intervalo de riego; y por último la entrega y cobro volumétrico del agua de riego servida en la parcela. Se muestra la receta de riego, como un indicador para documentar los diferentes niveles de acción de los responsables técnicos del proyecto.

**Palabras clave adicionales:** RIGRAT, riego superficial, asesoría en riego, receta de riego



## Introducción

El IMTA, desde el ciclo Otoño-Invierno (OI) 2014-2015, coordina para la CONAGUA la implementación, seguimiento y evaluación del proyecto Riego por Gravedad Tecnificado RIGRAT en una superficie de 50,000 ha, donde, para el estado de Sinaloa, considera una superficie de 40,000 ha distribuidas en los ocho distritos de riego del Estado. En el caso particular del DR 076 Valle del Carrizo y 063 Guasave, Sinaloa, la superficie ha tenido un comportamiento dinámico, distribuida áreas compactas (de 1,000 ha cada una, donde cada superficie es atendida por un Responsable Técnico (RT) y un Supervisor Técnico (ST) en el Distrito de Riego) donde los objetivos principales son un uso eficiente del agua de riego parcelario e incrementar el rendimiento de los cultivos.

El proyecto considera la capacitación y asistencia técnica a los usuarios; la topografía y la nivelación de tierras; el diseño y trazo del riego parcelario y su aplicación controlada en la parcela; el pronóstico del riego en tiempo real; la evaluación y seguimiento del riego parcelario; y la entrega y cobro volumétrico del agua de riego servida en la parcela, donde el impacto de estas acciones se midió con indicadores referentes al volumen ahorrado, el incremento de la eficiencia de aplicación y el incremento del rendimiento de los cultivos .

Este documento resume las acciones del seguimiento y evaluación del RIGRAT (Pacheco et al. 2015, Pacheco et al. 2016 y Pacheco et al. 2017), documentadas mediante las recetas de riego elaboradas por los RT y entregadas a sus agricultores o regadores asesorados

## Materiales y métodos

En el periodo del 2014 al 2018, el seguimiento del proyecto RIGRAT generó la necesidad de documentar cada una de las acciones técnicas de los RT, según la información disponible.

El seguimiento técnico del proyecto RIGRAT por parte del IMTA se realizó en coordinación con los RT y el ST, y la CONAGUA.

**Diseño y trazo del riego parcelario.** El diseño del riego por gravedad se realizó empleando el modelo RIGRAV en sus diferentes versiones o el Método Simplificado, y con base en las dimensiones del surco, su pendiente y las características hidrodinámicas del suelo, se obtiene el gasto y el tiempo de riego óptimo. El trazo del riego parcelario, determina el sentido, la longitud y el ancho de la tirada de riego, así como el número de puestas de riego, evitando gastos erosivos.

**Medición del agua en la parcela.** Se midió el tiempo y gasto en las tomas granja o las parcelas de la superficie beneficiada, utilizando el método de aforo, el equipo



o la estructura de medición disponibles y que se adaptaron mejor a las condiciones parcelarias de cada módulo.

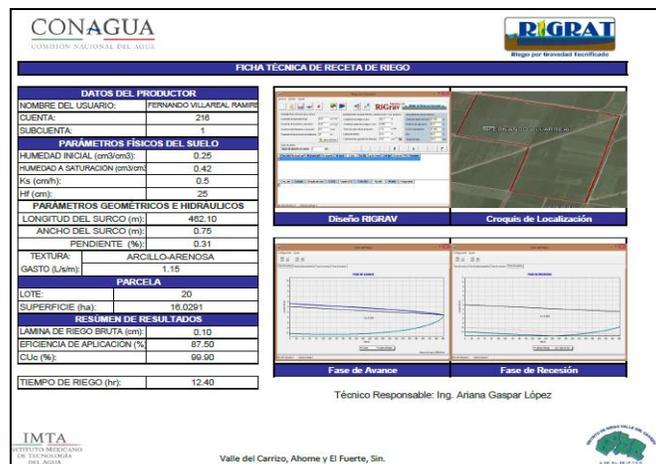
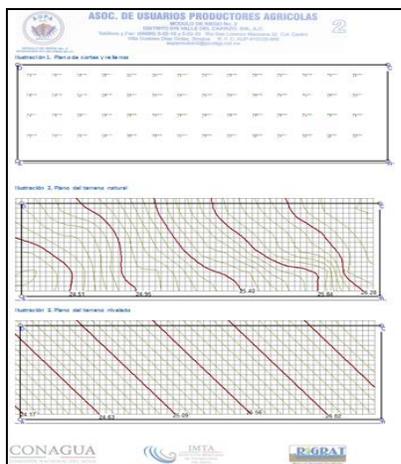
**Entrega y cobro del agua por volumen.** El volumen entregado en las tomas granja y las parcelas de la superficie beneficiada, obtenido a partir del tiempo y gasto promedios aplicado, se registró para disponer de información que permita verificar la correspondencia de la entrega con cobro del riego parcelario por volumen.

**Pronóstico del riego en tiempo real.** La medición de contenido de humedad con TDR en la parcela, los parámetros físicos del suelo, la información climática disponible y los parámetros fisiológicos de los cultivos, permitió la realización del pronóstico del riego en tiempo real, para determinar el cuándo y cuánto regar, con base en uso de software, hojas de cálculo o cálculos manuales.

**Evaluación del riego parcelario.** Se obtuvo la eficiencia de aplicación y la de uniformidad de distribución a partir de mediciones de campo del requerimiento de riego y de la lámina de riego aplicada e infiltrada.

**Nivelación de tierras.** Se definieron las parcelas factibles de nivelación dentro de la superficie beneficiada, a partir del cual se llevó a cabo el levantamiento topográfico, el proyecto de nivelación y la supervisión de los trabajos de nivelación.

**Las recetas de riego.** Se han empleado en diferentes versiones, como se muestra en la figura 0, por lo que fue necesario su ordenarlas y uniformizarlas para los RIGRAT DR076 y 063.



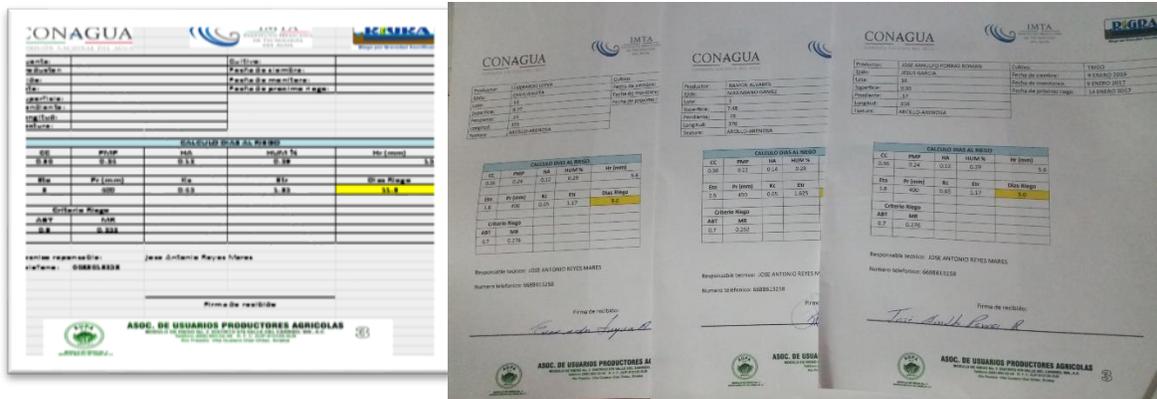


Figura 1. Versiones de receta de riego

Las recetas de riego se conceptualizaron con base en la analogía de una receta de un médico, donde todas tienen la identificación del quien receta (RT, ST, IMTA, CONAGUA, Módulo, RIGRAT.) y quien recibe la receta (regador, agricultor, la parcela: Cuenta, subcuenta, superficie, longitud, ancho de surco, pendiente longitudinal, textura, gasto en toma granja y cultivo.), definiéndose tres niveles: la elemental, la básica y la completa.

### Receta elemental

La receta elemental es para documentar acciones técnicas parciales o aisladas, relacionadas con el manejo del agua durante el seguimiento del RIGRAT, tales como el pronóstico del riego, el trazo de riego, trazo de canales o drenes, estudios topográficos o de nivelación, mediciones de humedad del suelo, aforos, etc.

### Receta básica

Para la receta básica, se consideran intervenciones más completas en relación con el riego en la parcela, es decir, el diseño elaborado para el riego de presembrado o cualquiera de los riegos de auxilio, donde, para una lámina neta obtenida del pronóstico del riego o programación del riego, se receta tiempo de riego, el gasto por surco, los surcos por tendida de riego y el tiempo de riego en la parcela, acompañado con el trazo de riego.

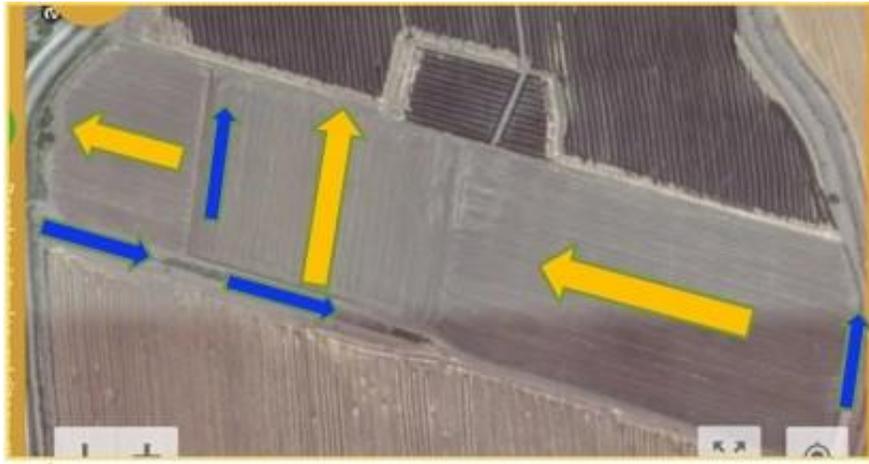
### Receta Completa

La receta completa contiene todos los elementos duros que permiten interpretar el origen de la información hasta su expresión en la recomendación al agricultor para la tirada de riego actual y futura. Así se adicionan las fracciones texturales, los contenidos de humedad, las características hidrodinámicas, fecha de siembra, profundidad radicular, lluvia, eficiencias de aplicación y de conducción interparcelaria, hasta el programa de riego estimado.

## Análisis y discusión de resultados

La muestra documental de las acciones técnicas parciales o aisladas, relacionadas con el manejo del agua durante el seguimiento del RIGRAT y que pueden ser parte de los diferentes tipos de recetas, se muestran a continuación

**Diseño y trazo del riego parcelario.** El trazo de riego en gabinete y en campo (Figuras 2, 3, 4 y 5), el diseño del riego por gravedad empleando el modelo RIGRAV, o el método simplificado (Figura 6).



**Figura 2.** Trazo de riego anterior de las parcelas



**Figura 3.** Curvas de nivel en terreno natural

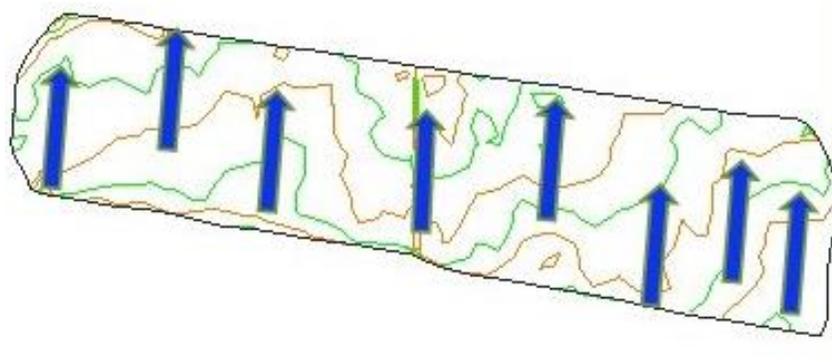


Figura 4. Trazo de riego propuesto



Figura 5. Trazo de riego en campo

Riego por Gravedad

Archivo Diseño Ayuda

PARÁMETROS FÍSICOS DEL SUELO:

Contenido de humedad inicial: 0.05 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>

Contenido de humedad a saturación: 0.49 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>

Conductividad hidráulica a saturación: 0.2 cm/h

Parámetro hf de la función de infiltración: 70 cm

Base de Datos

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS, HIDRÁULICOS Y DE MANEJO:

Longitud de la melga o surco: 189 m

Pendiente media de la melga o surco: .07 %

Gasto de riego unitario propuesto: .77 L/s/m

Lámina de diseño: .13 m

Coefficiente de rugosidad de Manning: 0.10 s/m<sup>1/3</sup>

RESUMEN DE RESULTADOS:

Lámina de riego bruta (Lrb): 0.1514 m

Eficiencia de aplicación: 89.8 %

Ea del requerimiento: 99.802 %

CUc: 99.9 %

Tiempo de riego: 590.9 min

Datos de diseño

Tiempo de impresión en avance: 1 min

Cve_dat	θo (cm/cm <sup>3</sup> )	θs (cm/cm <sup>3</sup> )	Ks (cm/h)	hf (cm)	L (m)	So (%)	qr (L/s/m)	Lrd (m)	n (s/m <sup>1/3</sup> )	Tia (min)

Figura 6. Diseño con Software RIGRAV

**Medición del agua en la parcela.** Imágenes con la utilización de equipo ultrasónico, propela digital, flotador o sifones (**Figura 7**), durante el desarrollo del proyecto, con los resultados de los aforos.



**Figura 7.** Medición de gastos con propela digital y sifones

**Entrega y cobro del agua por volumen.** El registro y puesta a disposición del productor de información estadística de aforos, tiempos y áreas de riego, permitirán la implementación (en el corto plazo) de la entrega y cobro del riego parcelario por volumen, como lo muestran la Tabla 1, por ejemplo, donde se aprecia que es posible durante el ciclo discernir el volumen que pagan ( $6,000 \text{ m}^3/\text{ha} = 60 \text{ cm}$  de lámina en trigo), y el disponible en el ciclo corriente, de acuerdo con sus normatividades internas.



**Tabla 1.** Seguimiento a volumen y lámina del riego de presiembra

USUARIO	SUPERFICIE	FECHA SIEMBRA	Cultivo	Riego	
				Inicio	Fin
ROSA OLGA FLORES ROBLES	6.91	28/11/2016	TRIGO	12/01/2017	14/01/2017
AMALIA LEON M.	6.51	14/12/2016	TRIGO	13/01/2017	14/01/2017
ANTONIO RUIZ ARMENTA	6.54	08/12/2016	TRIGO	22/01/2017	23/01/2017
ARTURO ALBERTO ROBLES VELAZQUEZ	6.56	23/11/2016	TRIGO	22/01/2017	23/01/2017

**Tabla 2.** Seguimiento a volumen y lámina del riego de presiembra Cont...

dia1		dia2		Gasto	Tiempo riego	Volumen	Lámina A.
AM	PM	AM	PM	lps	hrs	M3	cm
75	74	72		73.7	43	11403.6	16.50
80	78	80		79.3	36	10281.6	15.79
	85	80	80	81.7	36	10584	16.18
	85	79	79	81.0	40	11664	17.78

**Pronóstico del riego en tiempo real.** Para determinar el cuándo y cuánto regar en las parcelas de la superficie beneficiada, con software desarrollado por INIFAP (Irrimodel), las AC y su SRL (SIPRES), asociado a hojas de cálculo, en consenso con los productores beneficiados, la etapa del cultivo (**Figura 8** Izquierda) y las mediciones de humedad del suelo con TDR, reforzada con mediciones de la precipitación pluvial (**Figura 8** Derecha), generando así los cuadros de pronóstico como se muestra en el (Tabla 3).

**Tabla 3.** Ejemplo de parcelas de trigo monitoreadas

Usuario	Clase Textural	Fecha Muestreo	Altura Planta (cm)	Kc	Eto	Días a Riego	Fecha de Riego
Bernardo Flores Velázquez	Arcilla	16/12/2015	13	0.4	3.5	27	martes, 12 de enero de 2016
Candelaria Velázquez	Arcilla	16/12/2015	12	0.4	3.5	38	sábado, 23 de enero de 2016
Sergio Orduño Escalante	Arcilla	16/12/2015	13	0.4	3.5	27	martes, 12 de enero de 2016



**Figura 8.** Etapa fenológica desarrollo en maíz y pluviómetro en campo de trigo

**Evaluación del riego parcelario.** La eficiencia de aplicación, la uniformidad de distribución o ambas, a partir de las mediciones de campo (Figura 9), del requerimiento de riego de los cultivos, de la lámina de riego aplicada y de la lámina infiltrada.



**Figura 9.** Colocación de estacas con estación total para prueba de riego y calibración

**Nivelación de tierras.** A partir del levantamiento topográfico, el proyecto de nivelación es un elemento importante de la receta elemental y como trabajo previo al riego eficiente mismo (Figuras 9 y 10).



**Figura 9.** Topografía para nivelación con GPS diferencial.





<b>CONAGUA</b> COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA		DISTRITO DE RIEGO 063, GUASAVE, SIN.		logo módulo		 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA		 Riego por gravedad Tecnificado		
<b>RECETA DE RIEGO</b>										
Cuenta	5	Subcuenta	1	Superficie (ha)	15	Productor	Fulanito		Regador	Anganito
Longitud (m)	480	Ancho Surco (m)	0.8	Pend Long %	0.2					
Textura	Arcillosa	Gasto TG (l/s)	100	Cultivo	Trigo					
Responsable Técnico	Perenganito									
Supervisor Técnico	Sutanito		Fulanito							
Fecha	30/09/2016		FIRMA DE RECIBIDO							

Figura 11. Receta elemental

### Receta básica

Las intervenciones más completas en relación con el riego en la parcela, se documentan con la receta básica (Figura 12).

<b>CONAGUA</b> COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA		DISTRITO DE RIEGO 063, GUASAVE, SIN.		logo módulo		 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA		 Riego por gravedad Tecnificado																																																																							
<b>RECETA DE RIEGO</b>																																																																															
Cuenta	5	Subcuenta	1	Superficie (ha)	15	Productor	Fulanito		Regador	Anganito																																																																					
Longitud (m)	480	Ancho Surco (m)	0.8	Pend Long %	0.2																																																																										
Textura	Arcillosa	Gasto TG (l/s)	100	Cultivo	Trigo	Trazo de riego (diagrama)																																																																									
<table border="1"> <tr> <td colspan="10"><b>Diseño de riego</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Presiembra</td> <td>R1</td> <td>R2</td> <td>R3</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Ln (cm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>TR/tendida (hr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Gasto/surco (l/s)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Surcos/Tendida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>TR/parcela (hr)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>										<b>Diseño de riego</b>											Presiembra	R1	R2	R3						Ln (cm)										TR/tendida (hr)										Gasto/surco (l/s)										Surcos/Tendida										TR/parcela (hr)									
<b>Diseño de riego</b>																																																																															
	Presiembra	R1	R2	R3																																																																											
Ln (cm)																																																																															
TR/tendida (hr)																																																																															
Gasto/surco (l/s)																																																																															
Surcos/Tendida																																																																															
TR/parcela (hr)																																																																															
<table border="1"> <tr> <td>Responsable Técnico</td> <td colspan="2">Perenganito</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>Supervisor Técnico</td> <td colspan="2">Sutanito</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td colspan="2">30/09/2016</td> <td colspan="7"></td> </tr> </table>										Responsable Técnico	Perenganito									Supervisor Técnico	Sutanito									Fecha	30/09/2016																																																
Responsable Técnico	Perenganito																																																																														
Supervisor Técnico	Sutanito																																																																														
Fecha	30/09/2016																																																																														
<table border="1"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">Fulanito</td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">FIRMA DE RECIBIDO</td> </tr> </table>																				Fulanito										FIRMA DE RECIBIDO																																																	
Fulanito																																																																															
FIRMA DE RECIBIDO																																																																															

Figura 12. Receta básica



## Receta Completa

Todos los elementos duros y la recomendación al agricultor del riego actual y futuro se documentan en la receta completa (Figura 13).

CONAGUA		DISTRITO DE RIEGO		logo módulo		IMTA		RIGRAT	
"COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA"		063, GUASAVE, SIN.				INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA		Riego por Gravedad Tecnificado	
<b>RECETA DE RIEGO</b>									
Cuenta	5	Subcuenta	1	Superficie (ha)	15	Productor	Fulanito	Regador	Anganito
Longitud (m)	480	Ancho Surco (m)	0.8	Pend Long (%)	0.2	Pend Transv (%)	0.3		
Textura	Arcillosa	Arena (%)	23.88	Arcilla (%)	57.4	Limo (%)	18.72	hf (cm)	60
Saturación	0.61	CapCampo	0.41	PMP (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	0.21	HA (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	0.20	Ho (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	0.1
Cultivo	Trigo	Fecha Siembra	01-dic	Pr (cm)	80	Gasto TG (l/s)	100	Ks (cm/h)	0.04
								Fac abate (s)	0.6
								HR (cm <sup>3</sup> /cm)	0.31
								HFA (cm <sup>3</sup> /cm)	0.12
<b>Diseño de riego</b>									
	Presiembra	R1	R2	R3	<b>Trazo de riego (diagrama)</b> 				
Lluvia (cm)	0								
Req. Riego (cm)	10								
Ef. Apl. (%)	80								
Ef. CondInt (%)	35								
Gasto/parcela (l/s)	35								
Ln (cm)	13.16								
TRtendencia (hr)									
Gasto/surco (l/s)									
Surcos/Tendencia									
TRparcela (hr)									
TRtendencia (hr)									
Gasto/surco (l/s)									
Surcos/Tendencia									
<b>Programa de Riego</b>									
No. Riego	RR (cm)	LRB (cm)	IR (día)						
Presiembra									
1er Auxilio									
2do Auxilio									
3er Auxilio									
4to Auxilio									
Total/Prom									
Req. Riego	= 0.6 HA F	en presiembra húmeda							
	= 0.6 HR F	en presiembra sequía							
	= HFA Pr	en riegos de auxilio							
Responsable Técnico		Perenganito		Fulanito					
Supervisor Técnico		Sutanito		FIRMA DE RECIBIDO					
Fecha									

Figura 13. Receta completa

## Conclusiones

El seguimiento al proyecto RIGRAT genera suficientes elementos de la Receta de riego.

Los diferentes elementos de la receta de riego, permiten documentar las acciones de los Responsables Técnicos del Proyecto RIGRAT en los formatos definidos.

El consenso de los formatos de los diferentes niveles de Receta de riego permite una supervisión cuantitativa y uniforme de las actividades dentro del RIGRAT.

## Referencias Bibliográficas

Pedro Pacheco Hernández; Noel Villanueva Gaxiola, José Antonio Reyes Mares, Justo Antelo Villareal; Juan Carlos Herrera Ponce; Helene Unland Weiss; Juan Manuel Ángeles Hernández; Jorge Andrés Castillo González; María Dolores Olvera Salgado. (2017). El Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado 2016-2017, en el Módulo 3 del Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa. Memorias III Congreso Nacional COMEII 2017. Puebla, Pue., 28 a 30 noviembre de 2017.



Juan Carlos Herrera Ponce, Pedro Pacheco Hernández, Jorge Castillo González, Helene Unland Weiss, Blas Espinoza Quintero, Alberto Alatorre Márquez y Erika Cecilia Gastelum Solano. (2017). Actividades de asistencia técnica y volumen de agua ahorrado en el RIGRAT del D.R. 063 Guasave, Sinaloa. III Congreso Nacional de Riego y Drenaje. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación. 29-30 de noviembre 2017. Memoria electrónica. Puebla, Pue.

Pedro Pacheco Hernández, Justo Antelo Villareal; Juan Carlos Herrera Ponce; Helene Unland Weiss; Juan Manuel Ángeles Hernández; Jorge Andrés Castillo González; María Dolores Olvera Salgado. (2016). El Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado 2015-2016, en el Módulo 3 del Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa. Memorias II Congreso Nacional COMEII 2016. Chapingo, Edo. de México., 08 al 10 septiembre de 2016.

Pacheco Hernández P., Herrera Ponce J.C., Unland Weiss H. y Flores Velázquez J. (2015). El Proyecto de Riego por Gravedad Tecnificado 2014-2015, en el Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo, Sinaloa. Memorias I Congreso Nacional COMEII 2015. Jiutepec, Morelos, 23 a 24 noviembre de 2015.