



COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA

DIRECCIÓN LOCAL NAYARIT



INFORME ANUAL  
CICLO AGRÍCOLA 2016-2017

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN EN 2,000 HECTÁREAS INCORPORADAS AL PROYECTO  
DE RIEGO POR GRAVEDAD TECNIFICADO EN EL DISTRITO DE RIEGO 043 ESTADO  
DE NAYARIT

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA  
SUBCOORDINACIÓN DE CONTAMINACIÓN Y DRENAJE AGRÍCOLA

JIUTEPEC, MORELOS, MARZO DE 2017



## **DIRECTORIO**

### **COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

ING. JESÚS ENRIQUE VÁZQUEZ LIZÁRRAGA  
ING. EN JEFE DEL DR 043 ESTADO DE NAYARIT

### **ASOCIACIÓN DE USUARIOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE LA UNIDAD DE RIEGO RÍO SANTIAGO MARGEN DERECHA DEL DISTRITO DE RIEGO NO. 043 ESTADO DE NAYARIT A.C.**

C. GUILLERMO HERNÁNDEZ CABRERA  
PRESIDENTE

ING. UBALDO GAMEZ DE DIOS  
SECRETARIO

C.P. LUZ ANTONIA OROZCO ORTEGA  
GERENTE TÉCNICO

### **INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA**

DR. NAHÚN H. GARCÍA VILLANUEVA  
COORDINADOR DE RIEGO Y DRENAJE

DR. HEBER E. SAUCEDO ROJAS  
SUBCOORDINADOR DE CONTAMINACIÓN Y DRENAJE AGRÍCOLA



## **AUTORES**

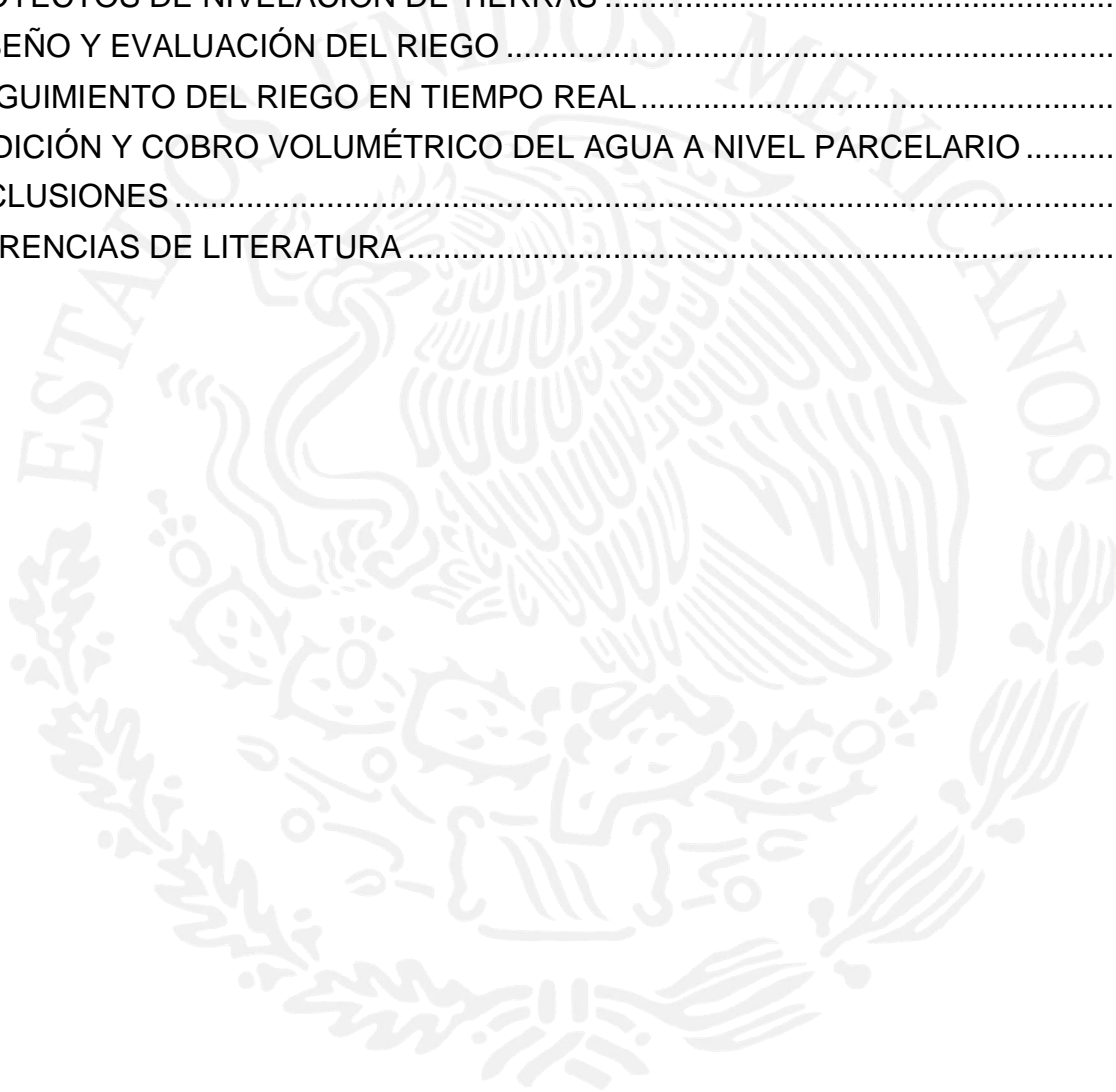
FELIPE ZATARÁIN MENDOZA  
CARLOS FUENTES RUIZ  
HECTOR RAMÍREZ SÁNCHEZ  
ERIC JIMÉNEZ REYES



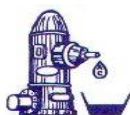


## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
I DIFUSIÓN Y PROMOCIÓN DEL PROYECTO.....	3
II PROYECTOS DE NIVELACIÓN DE TIERRAS.....	6
III DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL RIEGO.....	8
IV SEGUIMIENTO DEL RIEGO EN TIEMPO REAL.....	17
V MEDICIÓN Y COBRO VOLUMÉTRICO DEL AGUA A NIVEL PARCELARIO.....	19
CONCLUSIONES.....	21
REFERENCIAS DE LITERATURA.....	21







## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido El Puente.....	3
Figura 2 Reunión de difusión en oficinas del módulo de riego.....	3
Figura 3 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido Amapa. ....	4
Figura 4 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido Gavilán Grande. ....	4
Figura 5 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido Gavilán Chico. ....	5
Figura 6 Pruebas en sistemas de riego a baja presión.....	5
Figura 7 Estación total utilizada en los levantamientos topográficos. ....	6
Figura 8 Localización de parcelas con proyectos ejecutivos de nivelación realizados en el marco del proyecto RIGRAT en los ciclos agrícolas 2015-2016 y 2016-2017.....	7
Figura 9 Riego del cultivo de plátano.....	11
Figura 10 Trazo del riego en parcela cultivada con plátano.....	12
Figura 11 Prueba de riego en lote 20186-0 cultivado con maíz.....	13
Figura 12 Datos de prueba de avance en lote 20186-0 cultivado con maíz. ....	13
Figura 13 Diseño del riego en lote 20186-0 cultivado con maíz. ....	13
Figura 14 Prueba de riego en lote 20186-0 cultivado con maíz.....	14
Figura 15 Datos de prueba de avance en lote 20518-0 cultivado con caña de azúcar.....	14
Figura 16 Diseño del riego en lote 20518-0 cultivado con caña de azúcar.....	15
Figura 17 Diseño del riego en parcela 21698 cultivada con maíz.....	15
Figura 18 Diseño del riego en parcela 20363 cultivada con maíz.....	16
Figura 19 Mosaico de cultivos en el módulo de riego margen derecha del río Santiago durante el ciclo agrícola 2016-2017.....	17
Figura 20 Medidor de humedad del suelo YDR HydroSense II. ....	18
Figura 21 Comparación de la precipitación pluvial en los ciclos agrícolas con evaluación del proyecto RIGRAT.....	20

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Datos de prueba de riego en parcela cultivada con maíz. ....	12
Cuadro 2 Datos de prueba de riego en parcela cultivada con caña de azúcar.....	13
Cuadro 3 Requerimiento de riego de los principales cultivos. ....	17
Cuadro 4 Uso del agua en parcelas con seguimiento en el proyecto RIGRAT.....	19



## INTRODUCCIÓN

En el año 2016 los Programas de Infraestructura Hidroagrícola de la Comisión Nacional del Agua fueron fusionados en un nuevo programa denominado “Programa de Apoyo a la Infraestructura Hidroagrícola”. En este programa se incluyen los Programas de Infraestructura Hidroagrícola: S079 Programa de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Distritos de Riego y Temporal Tecnificado; U019 Mejora de Eficiencia Hídrica en Áreas Agrícolas; U028 Programa de Adecuación de Derechos de Uso de Agua y U030 Apoyos Especiales en Distrito de Riego y Unidades de Riego, en el S217 Programa de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Unidades de Riego.

En el Subprograma de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Distritos de Riego se contempla la componente de Riego por Gravedad Tecnificado. Esta componente tiene como propósito tecnificar el riego por gravedad en los distritos y unidades de riego mediante la aplicación diseñada y controlada de trazos de riego, nivelación de tierras, medición, entrega y cobro por volumen del agua al usuario, para incrementar la eficiencia del uso del agua a nivel parcelario.

En el distrito de riego 043 Estado de Nayarit, particularmente en el módulo de riego 3, margen derecha del río Santiago, se tiene la meta de tecnificar el riego por gravedad en 2,000 hectáreas. Esta superficie fue seleccionada en el año 2014 y en el presente informe se presentan los resultados del ciclo agrícola (2016-2017).

Los objetivos generales de la componente RIGRAT son los siguientes:

- a) Tecnificar el riego por gravedad en los Distritos y Unidades de Riego del país mediante la aplicación diseñada y controlada de las láminas por aplicar, la nivelación de tierras, y la entrega y cobro por volumen del agua al usuario, para el ahorro del agua de riego.
- b) Transferir este esquema tecnológico al usuario-regador mediante la capacitación y asistencia técnica a los usuarios en estas condiciones.
- c) Incrementar la productividad del agua de riego y el rendimiento de los cultivos que se siembran en los Distritos y Unidades de Riego y se riegan por métodos de gravedad.

Para el cumplimiento de los objetivos y metas la componente RIGRAT contempla los siguientes componentes principales:

- a) Asistencia técnica y capacitación.
- b) Diseño y trazo del riego por gravedad.
- c) Entrega y cobro volumétrico del agua a los usuarios.
- d) Pronóstico de riego en tiempo real.



e) Evaluación del riego.



## I DIFUSIÓN Y PROMOCIÓN DEL PROYECTO

Al interior del módulo de riego los responsables técnicos realizaron, durante el ciclo agrícola 2016-2017, reuniones de difusión y promoción del proyecto en el ejido El Puente (Figura 1) , en oficinas del módulo de riego (Figura 2), en el ejido Amapa (Figura 3), en el ejido Gavilán Grande (Figura 4) y en el ejido Gavilán Chico (Figura 5)



Figura 1 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido El Puente.



Figura 2 Reunión de difusión en oficinas del módulo de riego.





Figura 3 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido Amapa.



Figura 4 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido Gavilán Grande.



Figura 5 Reunión de difusión y promoción del proyecto RIGRAT en el ejido Gavilán Chico.

Los resultados del proyecto se han presentado de manera periódica en reuniones con autoridades de la Comisión Nacional del Agua y autoridades y técnicos de la Asociación de Usuarios del Módulo de Riego.

El riego por gravedad tecnificado se ha promocionado también a través de proyecto de riego con tuberías de baja presión (Figura 6).



Figura 6 Pruebas en sistemas de riego a baja presión.

## II PROYECTOS DE NIVELACIÓN DE TIERRAS

Para elaborar los proyectos de nivelación se siguió el mismo procedimiento que en el ciclo agrícola 2015-2016. Este procedimiento consiste en lo siguiente:

i Levantamiento topográfico del terreno: Se realiza utilizando estaciones totales CST/Berger de la serie 300 (Figura 7). Se utiliza una cuadrícula de 20 a 30 metros.



Figura 7 Estación total utilizada en los levantamientos topográficos.

ii Incorporación de la información topográfica en el sistema de información geográfica. Las curvas de nivel son construidas utilizando el programa de cómputo SURFER®.

iii Los cortes y rellenos se calculan utilizando el programa de cómputo SINIVET®. Este programa calcula las pendientes del plano proyecto a partir de cotas topográficas capturadas mediante una cuadrícula rectangular, utilizando el método general de mínimos cuadrados (regresión lineal múltiple con dos variables independientes). Los proyectos fueron elaborados considerando los siguientes parámetros: Coeficiente de compactación: 0.20; corte permisible: 30 cm; y las pendientes naturales del terreno;

Con el procedimiento descrito, en el ciclo agrícola 2015-2016 se realizaron proyectos ejecutivos de nivelación de tierras en 109 lotes con una superficie de 490 hectáreas. En el ciclo agrícola 2016-2017 se hicieron proyectos en 10 lotes con una superficie de 90 ha, con lo que la superficie total con proyectos de nivelación en el proyecto RIGRAT es de 580 ha (Figura 8).



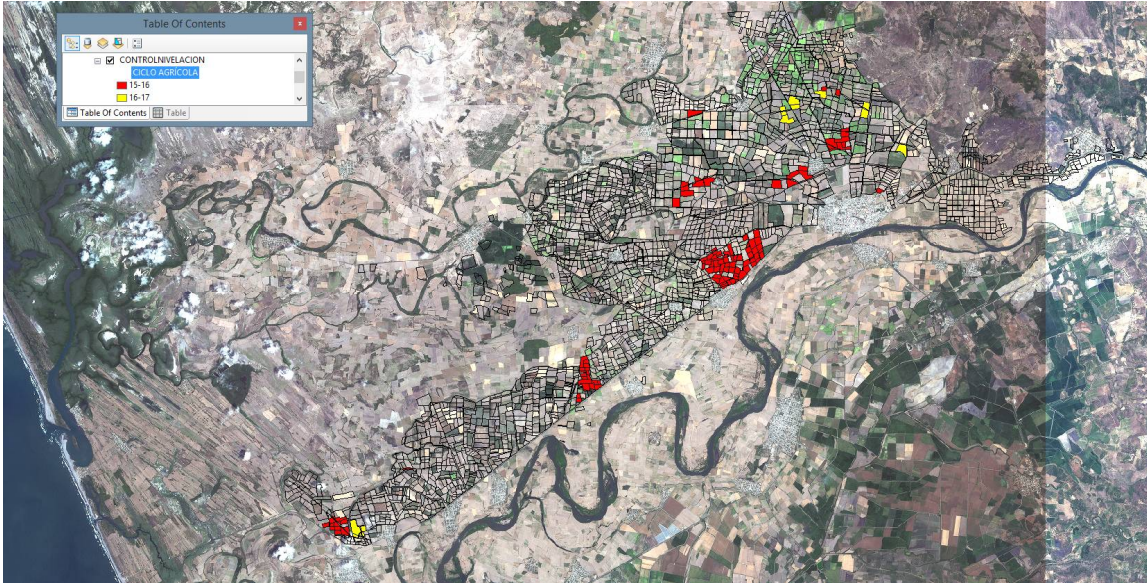


Figura 8 Localización de parcelas con proyectos ejecutivos de nivelación realizados en el marco del proyecto RIGRAT en los ciclos agrícolas 2015-2016 y 2016-2017.

El movimiento de tierra promedio en las 590 ha con proyecto ejecutivo es de 380 m<sup>3</sup>/hectárea.



### III DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL RIEGO

En el diseño del riego por gravedad se busca maximizar la eficiencia de riego mediante la determinación de los valores óptimos de la longitud y el tiempo y caudal de riego, dadas las características hidráulicas, topográficas y de resistencia al flujo del suelo y del cultivo de tal manera que se satisfaga la lámina requerida por los cultivos con un mínimo de pérdidas por coleos y percolación (Rendón *et al.*, 2012).

El riego por gravedad puede dividirse en cuatro fases: avance, almacenamiento, consumo y recesión. La fase de avance inicia con la introducción del agua en la melga y termina cuando se alcanza el extremo final. La modelación del riego puede hacerse con las ecuaciones de Barré de Saint-Venant, formadas por las ecuaciones obtenidas de los principios de conservación de la masa y cantidad de movimiento:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} + V_i = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial (qU)}{\partial x} + gh \frac{\partial h}{\partial x} + gh(J - J_o) + \beta V_i U = 0 \quad (2)$$

en donde  $x$  es la dirección principal del movimiento  $[L]$ ;  $t$  es el tiempo  $[T]$ ;  $q(x,t) = U(x,t)h(x,t)$  es el gasto por unidad de ancho de melga o gasto unitario  $[L^2 T^{-1}]$ ;  $U = U(x,t)$  es la velocidad media en una sección transversal  $[LT^{-1}]$ ;  $h = h(x,t)$  es el tirante del agua sobre la superficie del suelo  $[L^2 T^{-1}]$ ;  $J_o = -\partial Z/\partial x$ , con  $Z$  la coordenada vertical orientada positivamente hacia arriba  $[L^2 T^{-1}]$ , es asimilada generalmente a la pendiente topográfica de la superficie del suelo cuando el ángulo de inclinación es pequeño  $[L L^{-1}]$ ;  $J = J(x,t)$  es la pendiente de fricción  $[L L^{-1}]$ ;  $g$  es la aceleración gravitacional  $[L T^{-2}]$ ;  $V_i = V_i(x,t) = \partial l(x,t)/\partial t$  es la velocidad de infiltración  $[L T^{-1}]$ ,  $l = l(x,t)$  es el volumen infiltrado por unidad de ancho y por unidad de longitud de la melga o lámina infiltrada  $[L]$ ; el parámetro adimensional  $\beta$  está definido como  $\beta = V_{ix}/U$ , donde  $V_{ix}$  es la proyección en la dirección del movimiento de la velocidad de salida de la masa de agua debido a la infiltración, generalmente es despreciada.

En la fase de avance del riego las condiciones iniciales y de frontera son las siguientes:

$$q(x,0) = 0 \quad h(x,0) = 0 \quad (3)$$



$$q(0,t) = q_0, \quad q(x_f,t) = 0 \quad h(x_f,t) = 0 \quad (4)$$

donde  $q_0$  es el gasto unitario constante impuesto a la entrada de la melga;  $x_f(t)$  es la posición del frente de onda.

Para cerrar el sistema (1)-(4) es necesario proporcionar ecuaciones para la velocidad de infiltración y la pendiente de fricción a través de una ley de resistencia hidráulica. Para describir la infiltración puede utilizarse la ecuación de Richards (1931) o bien una simplificación de la misma como el modelo de Green y Ampt (1911), que se deriva de la ecuación de Richards cuando la difusividad hidráulica se asimila a una densidad de Dirac y la conductividad hidráulica no saturada es continua (Parlange *et al.*, 1982, 1985).

El modelo de Green y Ampt (1911) es representado por la siguiente ecuación diferencial ordinaria:

$$\frac{\partial l}{\partial t} = K_s \left[ 1 + \frac{(h + h_f)(\theta_s - \theta_0)}{l} \right] \quad (5)$$

donde  $l$  es la lámina infiltrada acumulada [L];  $K_s$  es la conductividad hidráulica a saturación [ $LT^{-1}$ ];  $\theta_s$  y  $\theta_0$  son el contenido de humedad a saturación e inicial, respectivamente [ $L^3L^{-3}$ ];  $h_f$  es la succión en el frente de humedecimiento (flujo en pistón) [L];  $h$  es la lámina de agua sobre la superficie del suelo (presión positiva) [L].

La ley de resistencia hidráulica relaciona la pendiente de fricción con la velocidad media y el tirante de agua y se puede utilizar la ley propuesta por Fuentes *et al.* (2004), que resulta del análisis del acoplamiento de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant y Richards en la singularidad presente a la entrada de la melga:

$$U = k \frac{g^d}{v^{2d-1}} h^{3d-1} J^d \quad ; \quad q = Uh = kv \left( \frac{gh^3 J}{v^2} \right)^d \quad (6)$$





donde  $\nu$  es el coeficiente de viscosidad cinemática [ $L^2T^{-1}$ ];  $k$  es una constante adimensional que depende principalmente de la rugosidad del suelo; la potencia  $d$  es tal que  $1/2 < d < 1$ , el límite inferior corresponde al régimen de Chézy y el superior al régimen de Poiseuille.

Como formas simplificadas de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant se identifican el modelo de onda difusiva o inercia cero, el cual se obtiene eliminando los términos inerciales de la ecuación (1); el modelo de onda cinemática, que resulta de eliminar la variación del tirante en el espacio en el modelo de la onda difusiva; y el modelo hidrológico de Lewis y Milne (1938), que retiene la ecuación de continuidad y asume un tirante medio constante en el tiempo y en el espacio ( $\bar{h}$ ). Este modelo asume también que la infiltración depende solamente del tiempo de contacto ( $\tau$ ) del agua con el suelo en un punto  $x$ , definido por  $\tau(x,t) = t - t_x$ , donde  $t$  es el tiempo total de avance y  $t_x$  es el tiempo de llegada de la onda de avance al punto en cuestión.

En un estudio detallado del riego por gravedad realizado por Saucedo *et al.* (2001) utilizando las ecuaciones de Barré de Saint-Venant y de Richards demuestran que considerar la lámina infiltrada como una función solamente del tiempo de contacto es suficiente para describirlo adecuadamente.

Se ha mostrado que el modelo hidrológico de Lewis y Milne es una buena aproximación en la fase de avance del riego por gravedad ya que conserva sus principales características (Rendón *et al.*, 1997).

La integración de la ecuación (5) con la condición  $I=0$  en  $t=0$ , considerando el tirante de agua constante, conduce a:

$$I = K_s t + \lambda \ln \left( 1 + \frac{I}{\lambda} \right) \quad (7)$$

donde  $\lambda = (\bar{h} + h_f)(\theta_s - \theta_o)$ .

La ecuación (7) presenta dos parámetros desconocidos:  $h_f$  y  $K_s$ . Los parámetros:  $\theta_s$  y  $\theta_o$  pueden ser medidos y el parámetro  $\bar{h}$  estimado con la ecuación con las consideraciones mostradas en Zataráin *et al.* (2017) si se conoce el coeficiente adimensional de rugosidad.

La elaboración de los diseños de riego se apoyó con la modelación inversa de pruebas de riego realizadas para tal efecto.

Se realizaron pruebas de riego en parcelas que suman aproximadamente 300 hectáreas. Una primera estimación de los parámetros de infiltración fue hecha con la textura del suelo.

Los resultados se ejemplifican con una parcela de 34 ha cultivada con plátano (Figura 9). El usuario originalmente manejaba el riego con una sola tirada de riego, lo que implicaba longitudes de más de 500 m. Con la aplicación del procedimiento descrito, el diseño se modificó tal como se muestra en la Figura 10.



Figura 9 Riego del cultivo de plátano.

Con un gasto en la toma parcelaria de  $37 \text{ ls}^{-1}$ , en la entrada de las melgas se aforó un gasto de 34 litros por segundo. Se riegan 4 melgas de 4 m de ancho por turno, lo que implica un gasto unitario de 2.125 litros por segundo por metro.

La modificación en el diseño implicó una disminución del tiempo de riego de 21 a 15 días.

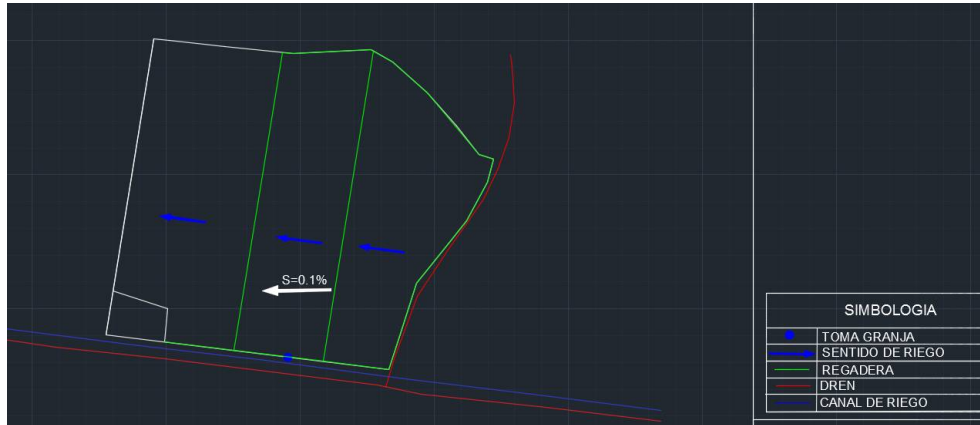


Figura 10 Trazo del riego en parcela cultivada con plátano.

Para el caso de una parcela cultiva con maíz se muestra el caso del lote cuyos datos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Datos de prueba de riego en parcela cultivada con maíz.

<b>Lote</b>	20186-0
<b>Cultivo</b>	Maíz Monsanto
<b>Usuario</b>	RAMÍREZ RIVERA PASCUAL
<b>Tendida de riego</b>	27 surcos
<b>Distancia entre surcos</b>	0.8 m
<b>Gasto en toma granja</b>	
<b>Gasto al entrar a los surcos</b>	54 lps
<b>Gasto por surco</b>	2 lps
<b>Gasto unitario</b>	2.5 l
<b>Pendiente principal</b>	0.10%
<b>Pendiente transversal</b>	0
<b>Fecha de la prueba</b>	04-ene-17
<b>Humedad inicial ( VWC TDR) en loma</b>	20.60%
<b>Humedad inicial ( VWC TDR)parte baja del surco</b>	32.35%

Los datos medidos en la prueba de riego ( ) se muestran en la Figura 12.



Figura 11 Prueba de riego en lote 20186-0 cultivado con maíz.

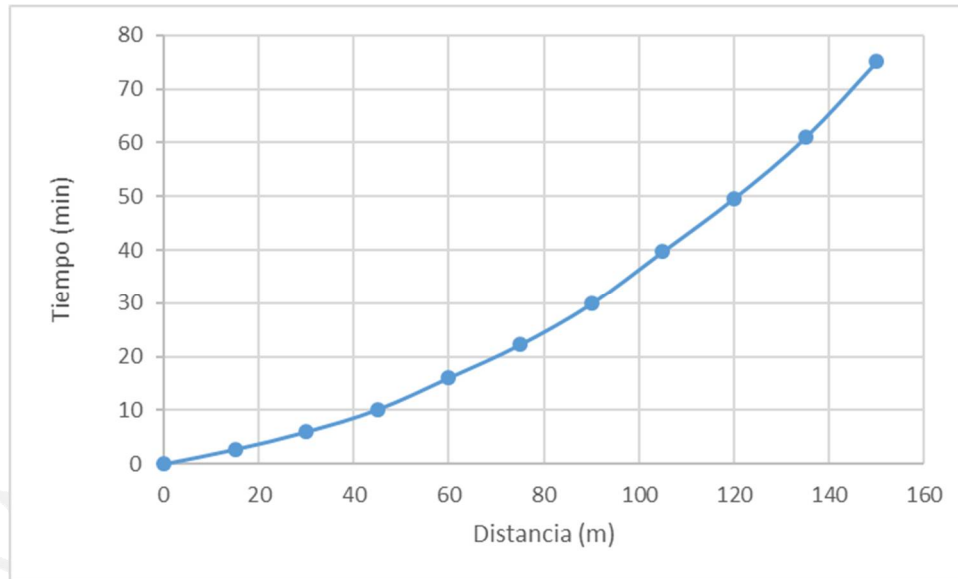


Figura 12 Datos de prueba de avance en lote 20186-0 cultivado con maíz.

El diseño del riego, elaborado con base en la información mostrada, se muestra en la Figura 13.

Figura 13 Diseño del riego en lote 20186-0 cultivado con maíz.

Para el caso de una parcela cultiva con caña de azúcar se muestra el caso del lote cuyos datos se muestran en el

Cuadro 2 Datos de prueba de riego en parcela cultivada con caña de azúcar.





<b>Lote</b>	20518-0
<b>Cultivo</b>	CAÑA
<b>Usuario</b>	ESPINOZA BENAVIDES ARMANDO
<b>Tendida de riego</b>	9 surcos
<b>Distancia entre surcos</b>	2 m
<b>Gasto en toma granja</b>	
<b>Gasto al entrar a los surcos</b>	24 lps
<b>Gasto por surco</b>	2.66 lps
<b>Gasto unitario</b>	1.33 lps
<b>Pendiente principal</b>	0.13%
<b>Pendiente transversal</b>	0
<b>Fecha de la prueba</b>	27-ene-16
<b>Humedad inicial ( VWC TDR) en loma</b>	23.70%
<b>Humedad inicial ( VWC TDR) parte baja del surco</b>	38.70%

Los datos medidos en la prueba de riego ( )se muestran en la Figura 15.

Figura 14 Prueba de riego en lote 20186-0 cultivado con maíz.

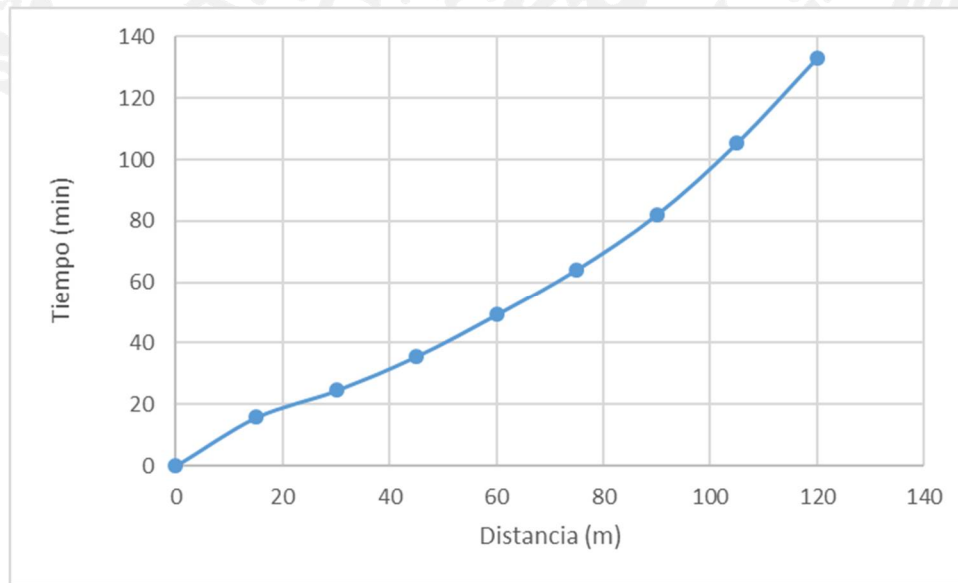


Figura 15 Datos de prueba de avance en lote 20518-0 cultivado con caña de azúcar.



El diseño del riego, elaborado con base en la información mostrada, se muestra en la Figura 16.

Figura 16 Diseño del riego en lote 20518-0 cultivado con caña de azúcar.

Otras modificaciones a los diseños de riego se ha realizado en el lote 21698 que en el ciclo agrícola 205-2016 se cultivó con pastos y en el ciclo 2016-2017 se cultivó con maíz (Figura 17). En el lote 20363 cultivado con maíz ( ).

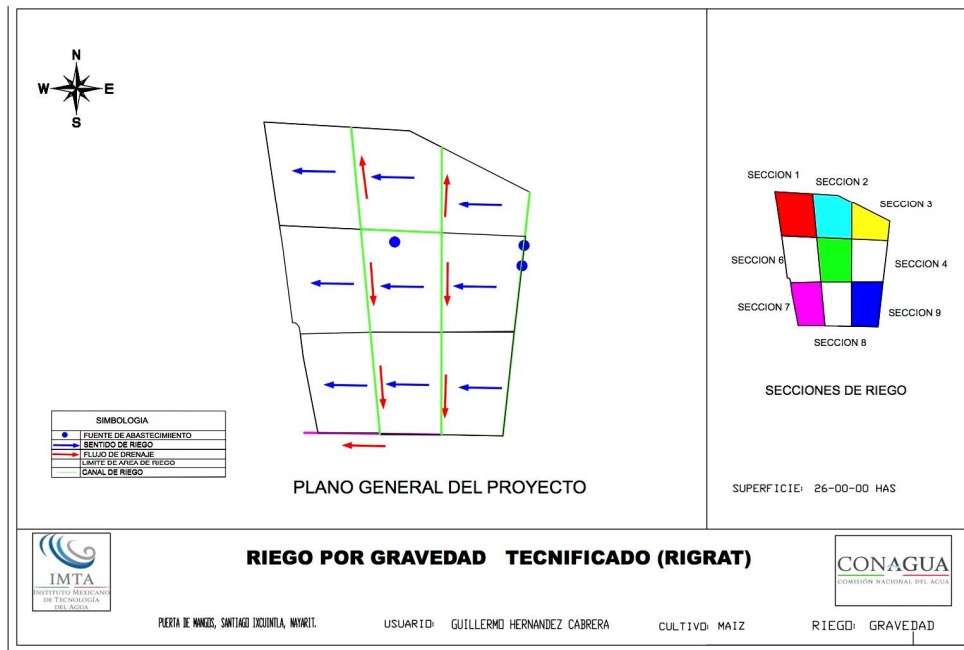


Figura 17 Diseño del riego en parcela 21698 cultivada con maíz.

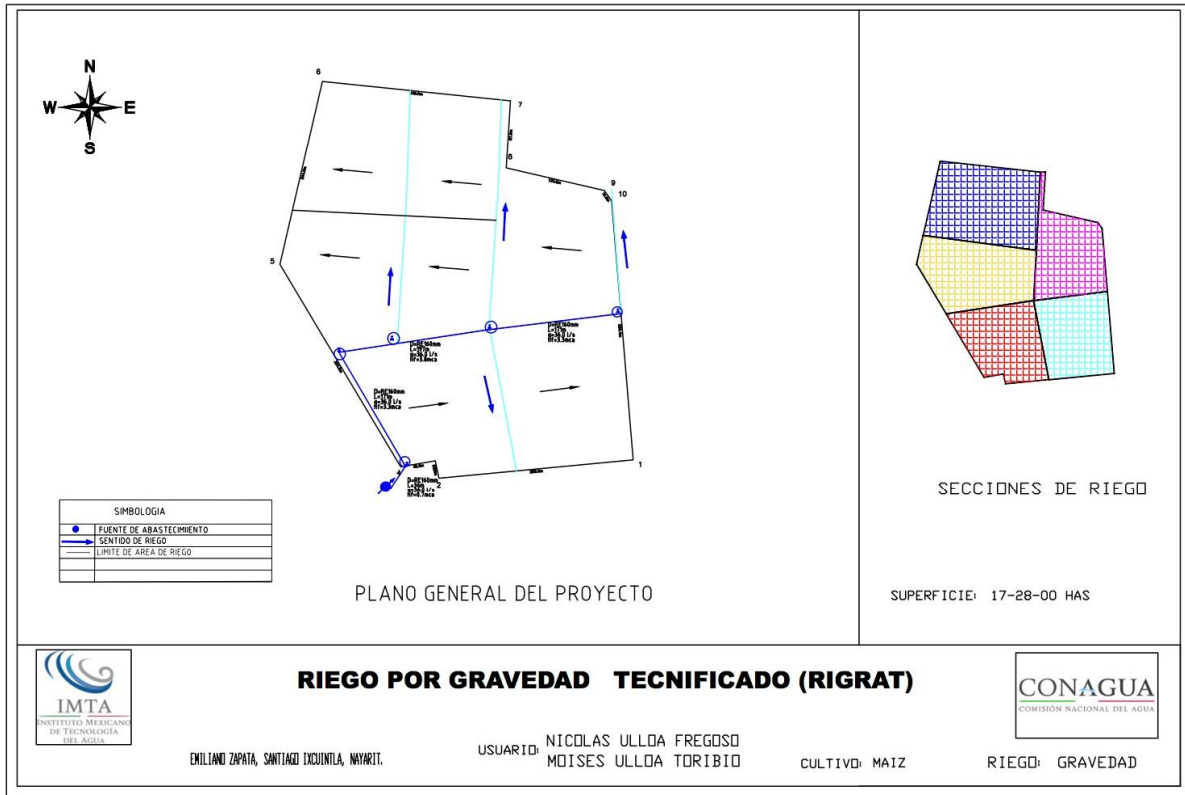


Figura 18 Diseño del riego en parcela 20363 cultivada con maíz.

#### IV SEGUIMIENTO DEL RIEGO EN TIEMPO REAL

En el distrito de riego 043 Estado de Nayarit es particularmente importante el seguimiento del riego en tiempo real ya que la lluvia constituye una aportación importante a los requerimientos de riego de los cultivos y con su alta variabilidad espacio-temporal pueden modificarse sustancialmente las condiciones de riego programadas. Sin embargo, para realizar la programación del riego de los principales cultivos en la zona de estudio se parte en primer lugar de la estimación de los requerimientos de riego promedio.

Para dar seguimiento en tiempo real a la demanda hídrica de los cultivos se construyó en primer término el plano con el mosaico de cultivos en el módulo de riego (Figura 19).

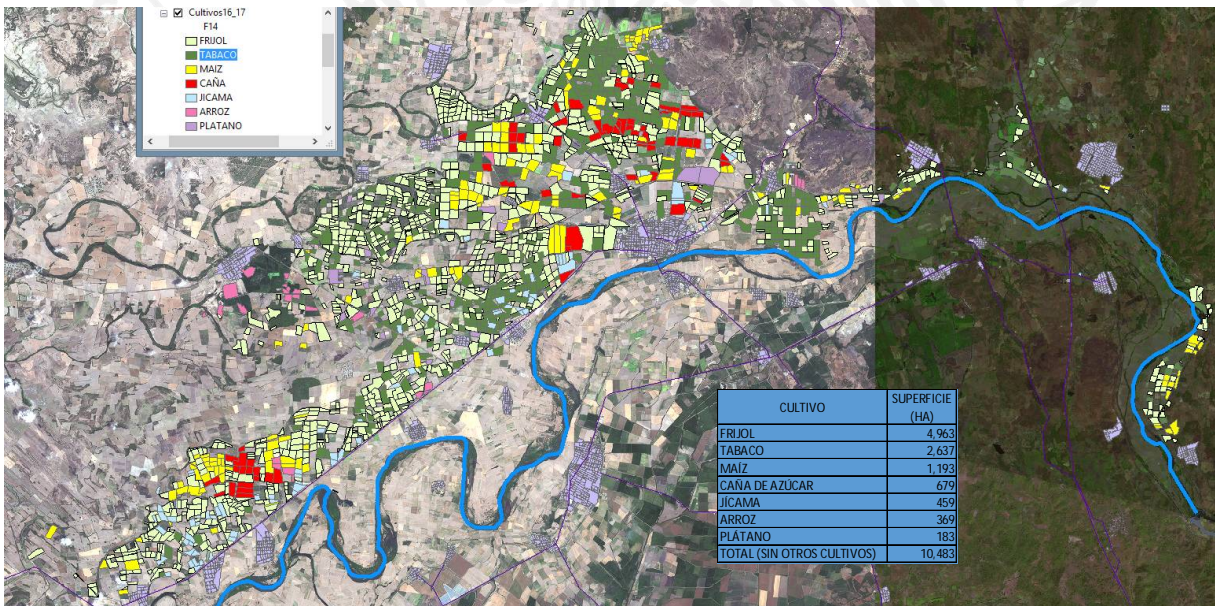


Figura 19 Mosaico de cultivos en el módulo de riego margen derecha del río Santiago durante el ciclo agrícola 2016-2017.

En el Cuadro 3 se resumen los resultados para los principales cultivos en la zona.

Cuadro 3 Requerimiento de riego de los principales cultivos.



CULTIVO	Requerimiento de Riego (mm)
Plátano	621
Caña de azúcar	1,034
Tabaco	297
Maíz	239
Frijol	172
Arroz	436
Mango	982
Pasto	705

El conocimiento de la variación de la humedad del suelo es esencial para determinar la evapotranspiración real de los cultivos. Esta última, a su vez, permite conocer las cantidades necesarias de agua de riego. Los lisímetros, los tensiómetros y el aspersor de neutrones han sido ampliamente usados para la medición precisa de la humedad del suelo con propósitos de calibración de modelos de programación del riego o para su utilización directa en el cálculo de volúmenes de riego. A pesar de la importancia de tales mediciones, su uso es muy limitado debido a que estos métodos afrontan serios problemas (elevados costos de los lisímetros y del aspersor de neutrones, así como su severa reglamentación y el rango de validez limitado de los tensiómetros, etcétera) que dificultan su generalización; además, las mediciones de tales métodos generalmente son puntuales y discontinuas.

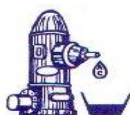
La reflectometría en el dominio temporal (TDR, por sus siglas en inglés) se presenta como una alternativa viable a tales métodos por su precisión y por la continuidad de las mediciones.

La tecnología TDR determina con mucha precisión el contenido de humedad del suelo.

En la Asociación de Usuarios Agrícolas Río Santiago Margen Derecha se cuenta con dos medidores de humedad TDR de la marca Campbell Scientific modelo HydroSense II (Figura 20).



Figura 20 Medidor de humedad del suelo YDR HydroSense II.



## V MEDICIÓN Y COBRO VOLUMÉTRICO DEL AGUA A NIVEL PARCELARIO

Para la determinación de la velocidad del agua en los canales y regaderas en las parcelas se cuenta con instrumentos digitales. Los instrumentos cuentan con una propela o hélice protegida y un bastón con una pantalla LCD para mostrar la velocidad del agua. El caudal se obtiene determinado la sección transversal y utilizando el método de sección y velocidad.

Los responsables técnicos han dado seguimiento al riego en las parcelas en el ciclo agrícola 2016-2017 que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Uso del agua en parcelas con seguimiento en el proyecto RIGRAT.

Núm. de cuenta	Subcuenta	Usuario	Superficie (ha)	Cultivo	Núm. de riegos	Lámina acumulada (m)	Volúmen acumulado (m³)
20122	0	MONROY LIZOLA ALICIA	32.7	Plátano	4	0.69	224,990
20122	1	MONROY LIZOLA ALICIA	33.66	Plátano	5	0.81	271,320
20155	0	DIAZ LOPEZ HECTOR	15.00	Caña	6	1.26	189,420
20156	0	LEDEZMA MONTAÑO ANABEL	8.00	Caña	6	1.26	100,790
20158	0	VIRGEN LOPEZ CELIA FCA	10.00	Caña	6	1.20	119,940
20186	0	RAMIREZ RIVERA PASCUAL	9.22	Maíz	4	0.76	70,180
20198	0	MEJIA SILVA MARIA ELENA	9.28	Caña	5	1.09	101,380
20233	0	GARCÍA LOPEZ MODESTO	4.89	Caña	5	1.10	53,750
20233	1	RUIZ GARCÍA SALVADOR	6.90	Caña	5	1.09	75,250
20235	0	LOPEZ CARDENAS SALVADOR	5.77	Caña	5	1.09	62,720
20249	0	CAMARENA CARDENAS JUANA	12.63	Maíz	4	0.78	98,250
20263	0	SANTOS ROCHA JUAN	10.00	Caña	6	1.27	126,630
20265	0	SANCHEZ DÍAZ MA. SOCORRO	11.12	Caña	6	1.27	141,490
20270	0	ALDRETE BECERRA J.JESUS	8.72	Caña	6	1.27	110,370
20371	0	LEDEZMA BARAJAS JULIETA M.	10.00	Caña	6	1.26	126,370
20372	0	LEDEZMA BARAJAS GEMA ALICIA	10.21	Caña	6	1.26	128,420
20382	0	GONZALEZ MEDRANO CARMEN	6.00	Caña	5	1.08	64,940
20385	0	LOPEZ CASILLAS IVAN	9.04	Caña	5	1.08	97,520
20390	0	CESÉÑA MEDINA FEDERICO	8.85	Caña	5	1.09	96,430
20405	0	NAVARRO LOC MA. LUISA	5.00	Mango	1	0.18	8,980
20518	0	ESPINOZA BENAVIDES ARMANDO	9.00	Caña	5	1.07	96,460
20660	0	VALLARTA ROBLES FCO. JAVIER	38.00	Caña	4	0.86	327,960
20660	1	VALLARTA CHAN JOSE LUCAS	10.00	Caña	4	0.84	84,310
22092	0	ORTEGA ANDALON ARTURO	15.73	Plátano	5	0.82	129,480
22254	0	GUDINA URIBE MARIANO	8.09	Plátano	5	0.83	67,540
21711	0	GAMBOA RURI FEDERICO	8	Arroz	4	1.84	147,430

Los rendimientos promedio fueron de 70 ton/ha en caña de azúcar y de 10 ton/ha en maíz.



Con estos elementos se han realizado reuniones con directivos del módulo de riego donde se han analizado los elementos relativos al cobro del agua por volumen.

El Cuadro 4 se muestra el resumen de láminas brutas y volúmenes aplicados a los cultivos de plátano, mango, caña de azúcar y maíz en el ciclo agrícola 2016-2017. Los requerimientos de riego y en consecuencia la cantidad de agua utilizada fue similar al ciclo agrícola anterior.

En el caso de la caña de azúcar, durante el ciclo 2014-2015 sólo se aplicó 1 riego mientras que en los ciclos siguientes se aplicaron de cuatro a seis riegos.

En maíz el número promedio de riego fue de cuatro.

En la Figura 21 se muestra una comparación de la lluvia en los meses que corresponden al ciclo otoño invierno para los tres ciclos agrícolas con evaluación del proyecto RIGRAT.

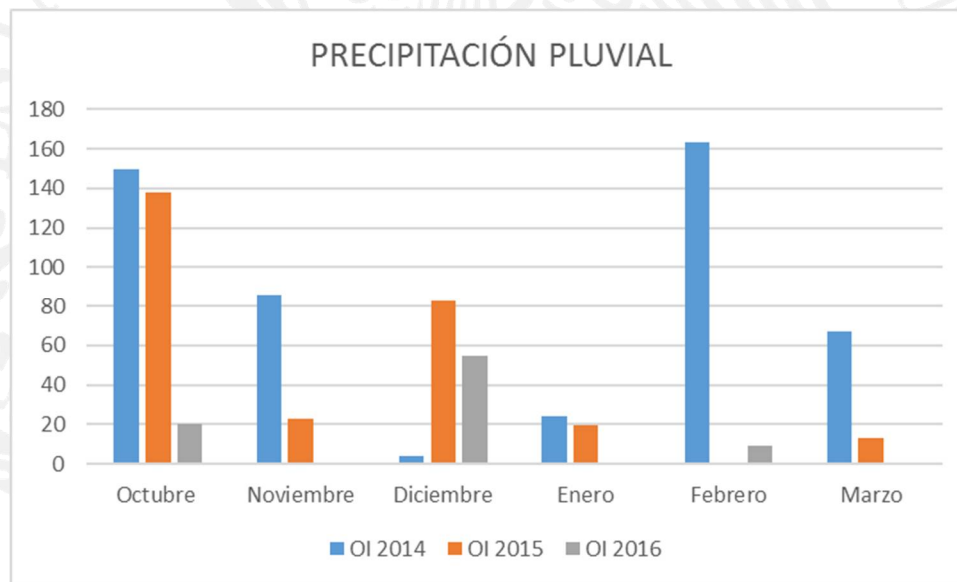


Figura 21 Comparación de la precipitación pluvial en los ciclos agrícolas con evaluación del proyecto RIGRAT.





## **CONCLUSIONES**

Se cumplió con la componente de difusión y promoción del proyecto RIGRAT dentro del distrito de riego 043 Estado de Nayarit.

Se realizaron levantamientos topográficos y proyectos ejecutivos para la nivelación de 90 hectáreas.

Se realizaron diseños de riego en aproximadamente 300 hectáreas.

Se evaluaron los resultados del proyecto RIGRAT mediante el seguimiento del riego en tiempo real y la medición parcelaria del agua en los ciclos agrícolas 15-16 y 16-17. La eficiencia de aplicación del agua en la parcela en los sistemas de riego por gravedad es en promedio del 80%, que es similar a la eficiencia del riego por aspersión portátil.

## **REFERENCIAS DE LITERATURA**

CONAGUA, 2017. Manual de operación de la componente riego por gravedad tecnificado. [www.gob.mx/conagua](http://www.gob.mx/conagua).

Green, W. H. y G. A. Ampt. 1911. Studies in soil physics, 1: the flow of air and water through soils, J. Agric. Sci. 4: 1-24.

Lewis, M. R. and W. E. Milne. 1938. Analysis of border irrigation, Trans. of ASAE 19: 267-272.

Parlange, J.-Y., R. D. Braddock, I. Lisle, y R.E. Smith. 1982. Three parameter infiltration equation. Soil Sci. 111: 170-174.

Parlange, J.-Y., R. Haverkamp, y J. Touma. 1985. Infiltration under ponded conditions: 1. Optimal analytical solution and comparison with experimental observations. Soil Sci. 139: 305-311.

Rendón, L., C. Fuentes y G. Magaña. 1997. Diseño del riego por gravedad. En Manual para el Diseño de Zonas de Riego Pequeñas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

Rendón L, H. Saucedo y C. Fuentes, 2012. Diseño del riego por gravedad, en Riego por Gravedad, editado por Carlos Fuentes y Luis Rendón. Universidad Autónoma de Querétaro 358 p.



Richards, L. A., 1931. Capillary conduction of liquids through porous medium. *Physics* 1: 318-333.

Saucedo, H., C. Fuentes y M. Zavala, 2006. El sistema de ecuaciones de Saint-Venant y Richards del riego por gravedad: 3. verificación numérica de la hipótesis del tiempo de contacto en el riego por melgas. *Ingeniería Hidráulica en México* 21: 135-145.

