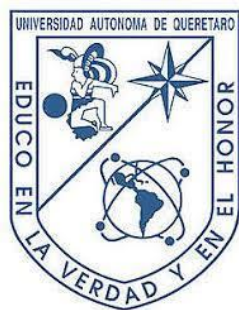




VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



La sustentabilidad del riego por gravedad ante el cambio climático: Avances y Retos



Dr. Carlos Chávez



Fecha de presentación: 06 de octubre de 2023





• PRINCIPIOS DE DALY SOBRE LA SUSTENTABILIDAD

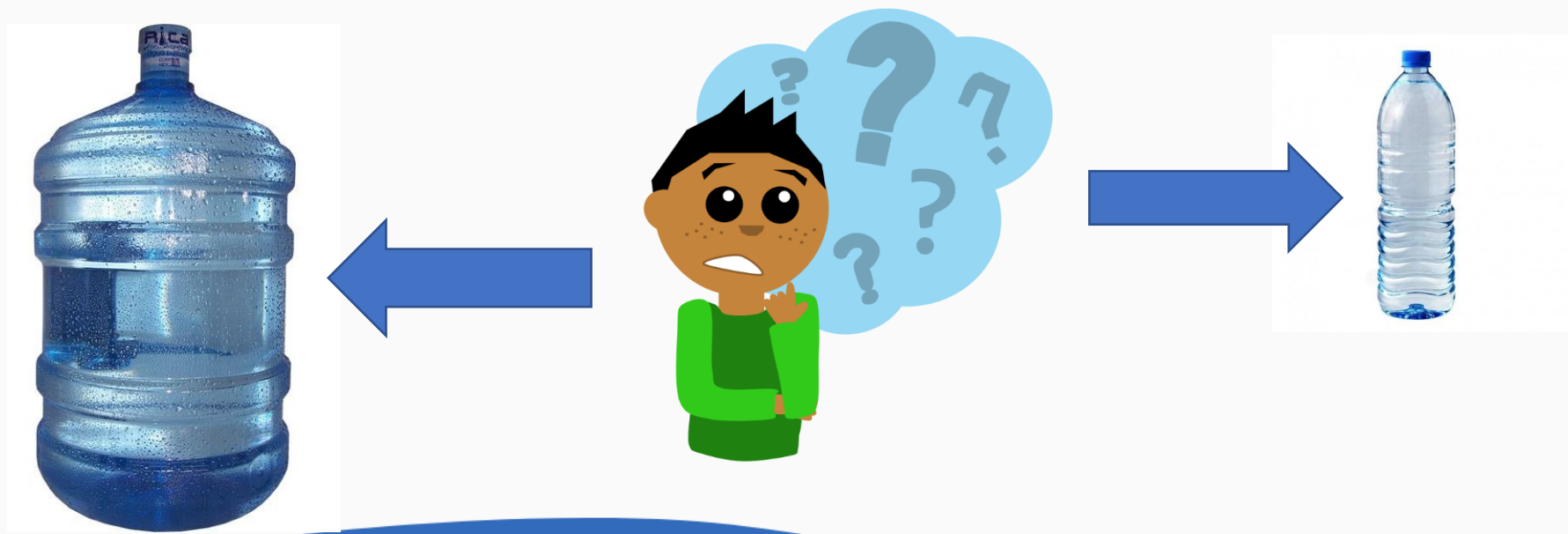
- Los **recursos renovables** no deberán utilizarse a un ritmo superior al de su generación.
- Las sustancias **contaminantes** no podrán producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medioambiente.
- Ningún **recurso no renovable** deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.



- La sequía puede ser:
 - -Meteorológica
 - -Hidrológica
 - -Agrícola
- Falta de precipitaciones
 - -Causas naturales
 - -Cambio climático



• ¿Qué ocasiona que se den “malos riegos” y se gaste más agua de lo que necesitan los cultivos?



¿Y los cultivos?



¿Se puede hacer algo?

- Agua suficiente
- En tiempo y forma
- ¿Cantidad?

- ¿y... el Rendimiento?





Algunos avances

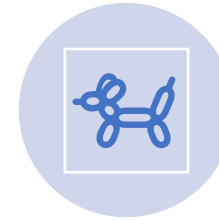
ORIGEN



2012. FIRMA DE CONVENIO GDR- UAQ PARA PUBLICACIÓN DEL LIBRO RIEGO POR GRAVEDAD



2014. INICIATIVA DEL DR. LUIS RENDÓN EN LA GDR PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE APLICACIÓN.

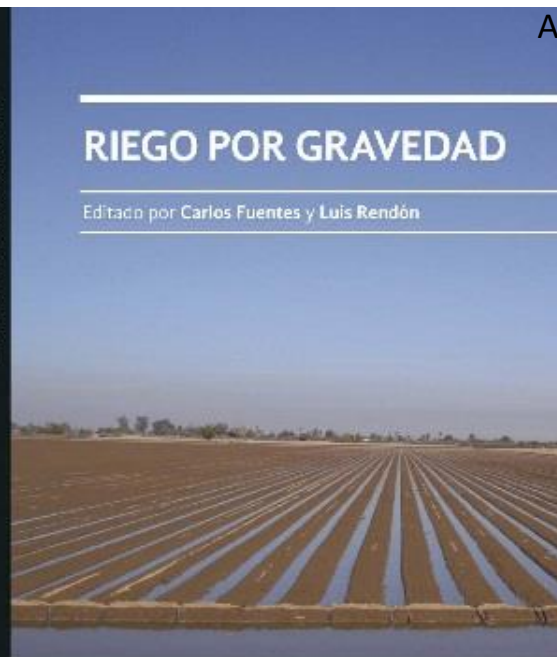


PARTICIPARON: UACH, IMTA, UAQ



RIEGO POR GRAVEDAD
Editado por Carlos Fuentes y Luis Rendón

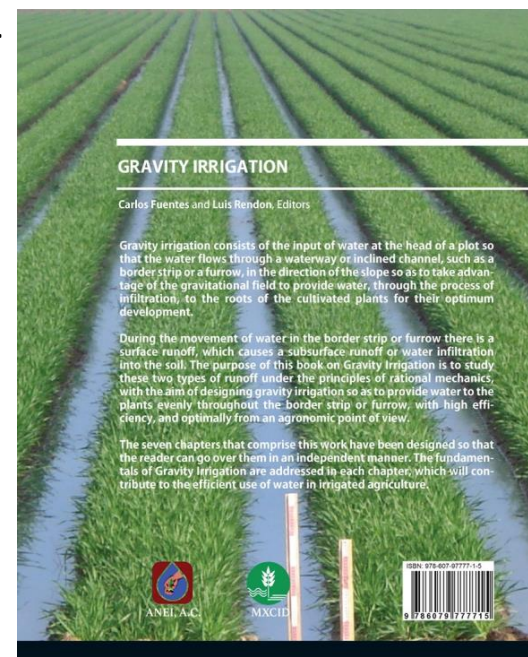
UAQ



RIEGO POR GRAVEDAD

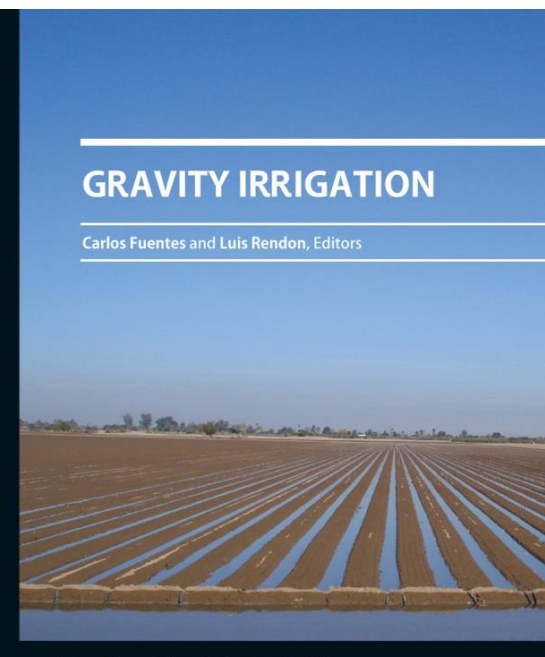
Editado por Carlos Fuentes y Luis Rendón

Universidad Autónoma de Querétaro



GRAVITY IRRIGATION
Carlos Fuentes and Luis Rendón, Editors

ANEI, A.C.



GRAVITY IRRIGATION

Carlos Fuentes and Luis Rendón, Editors

National Association of Irrigation Specialists

METAS

- **Tecnificar un millón* de hectáreas** de riego por gravedad en los distritos y unidades de riego durante el periodo 2014-2018.
- **Disminuir la lámina de riego** aplicada en los distritos y unidades de riego participantes a fin de tener un **volumen recuperado aproximado de 3,470 Millones de m³**, lo que implica un incremento de la **Eficiencia de Aplicación en 13%** (pasar en distritos de riego de 57% a 70%).
- **Incrementar los rendimientos en un 10%** en los cultivos establecidos.

PRINCIPALES ACCIONES

I. ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN



II. TRAZO Y DISEÑO DEL RIEGO POR GRAVEDAD



III. ENTREGA Y COBRO DEL AGUA POR VOLUMEN A LOS USUARIOS



IV. PRONÓSTICO DEL RIEGO EN TIEMPO REAL



V. EVALUACIÓN DEL RIEGO





VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



CURSOS DE CAPACITACIÓN

1. Nivelación de Tierras para el riego por Gravedad
2. Diseño, Implementación y Seguimiento del proyecto
3. Evaluación de pruebas de riego
4. Uso de medidores TDR para calcular contenidos de humedad
5. Pronóstico de riego en tiempo real





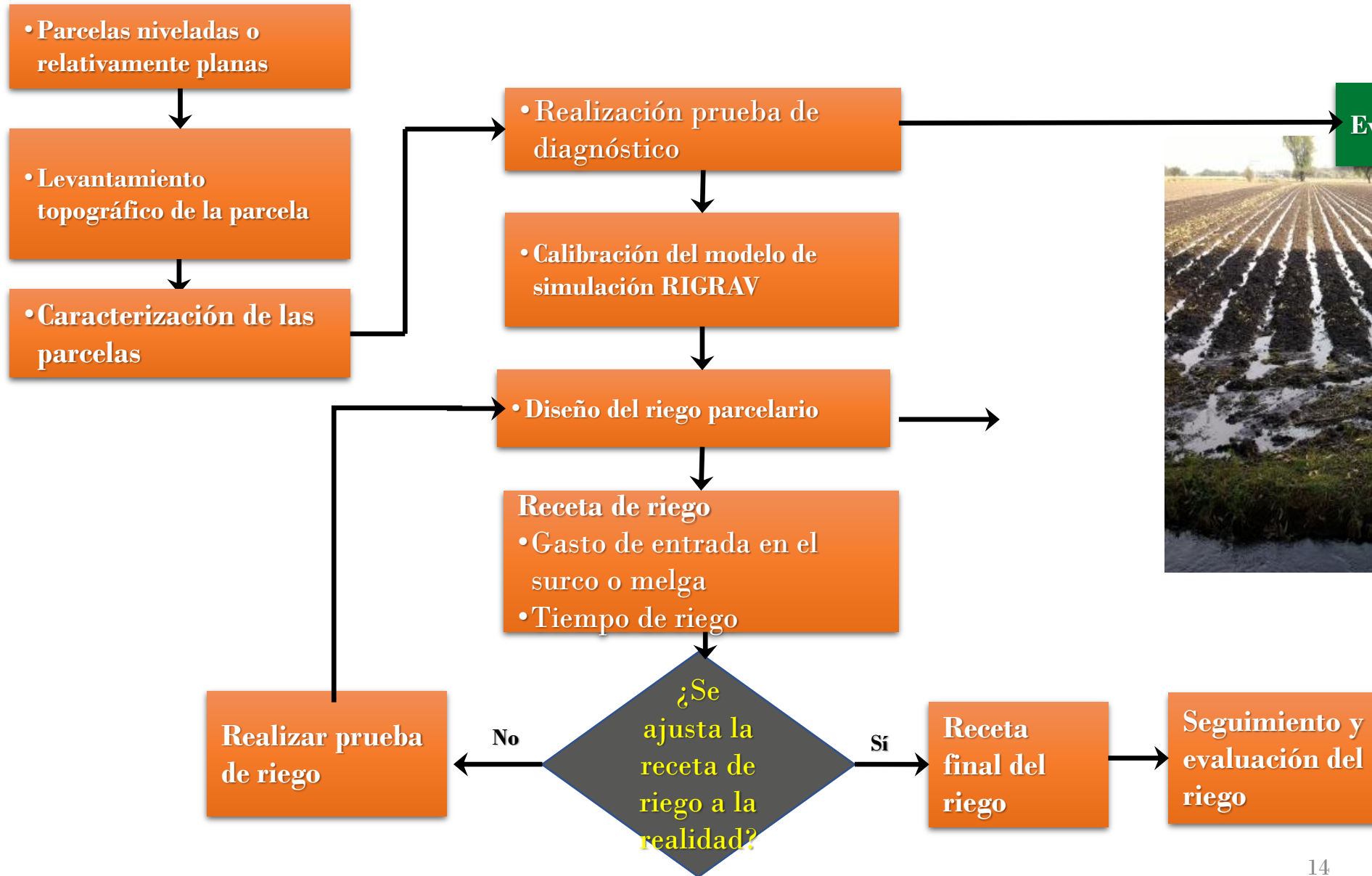
- 6. Uso de medidores y calibración para determinar el gasto en canales
- 7. Uso y manejo de estaciones climatológicas para el pronóstico del riego
- 8. Uso de equipo de topografía con fines de nivelación de tierras



- Uso de drones para la agricultura
- Uso de GPS alta precisión para levantamientos y deslindes de terrenos



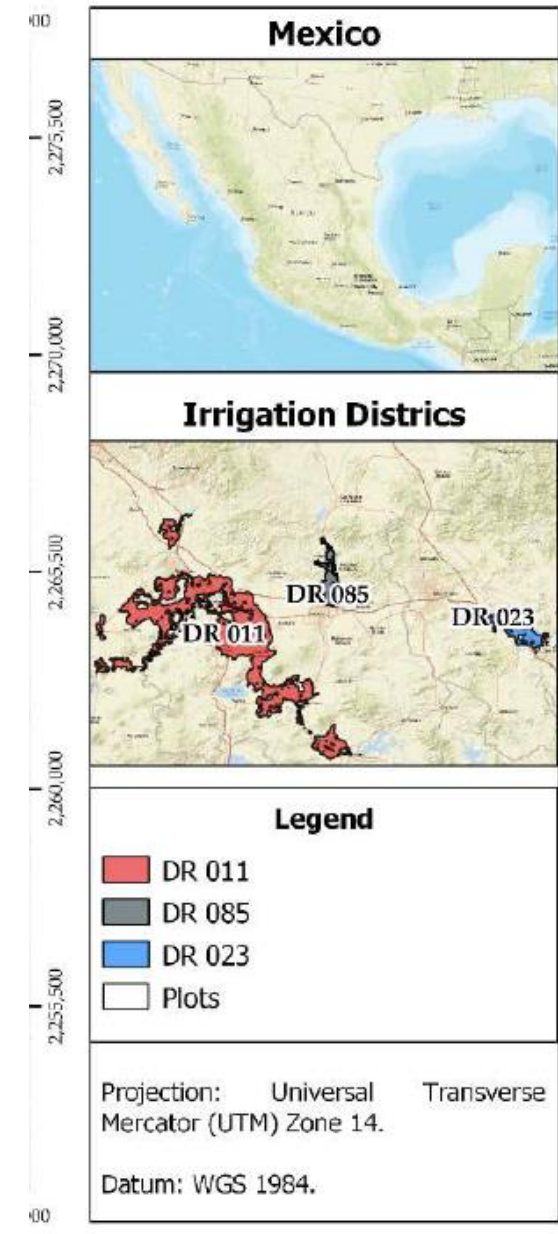
II. TRAZO Y DISEÑO DEL RIEGO POR GRAVEDAD EN PARCELAS



SUPERFICIE ATENDIDA

DR 011			DR 023			DR 085		
MÓDULO	SUPERFICIE	USUARIOS	MÓDULO	SUPERFICIE	USUARIOS	MÓDULO	SUPERFICIE	USUARIOS
Acámbaro	1100.34	374	Módulo 02	4475.46	1120	M. Derecha	3830.00	917
Salvatierra	1001.51	260	Módulo 03	579.87	212	M. Izquierda	1020.00	206
Jaral	898.21	156				Comonfort	150.00	49
Valle de Santiago	999.76	243						
Cortázar	1045.46	292						
Salamanca	1330.69	319						
Irapuato	1005.04	244						
Abasolo	1081.6	205						
TOTAL	8,462.61	2093		5055.33	1332		5000.00	1172

18,517 ha
4597 Usuarios



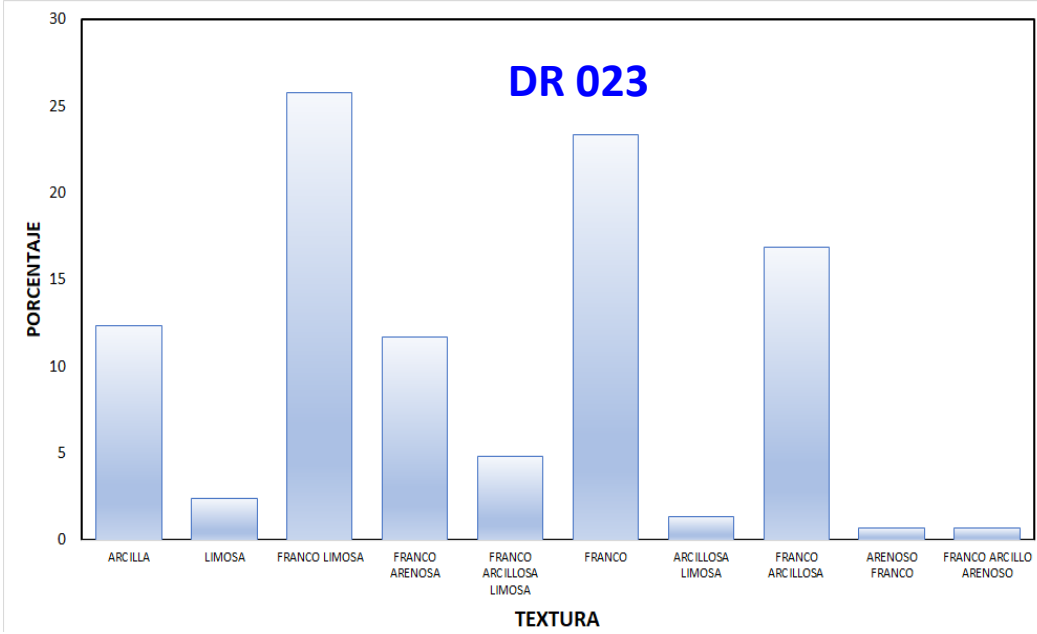
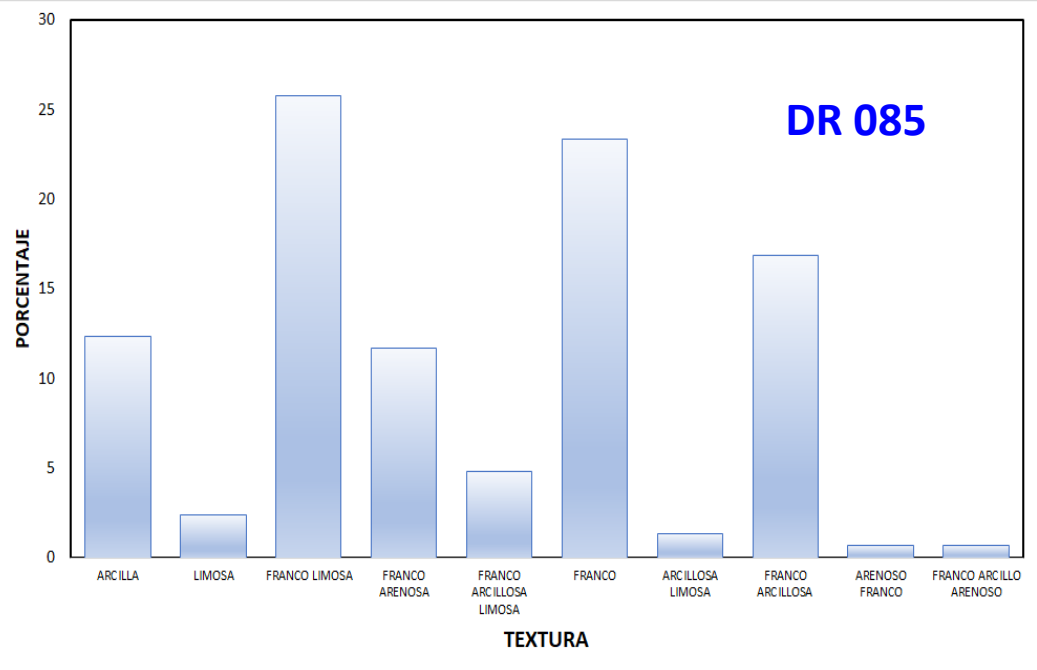
CARACTERIZACIÓN DE LAS PARCELAS:

a) Densidad

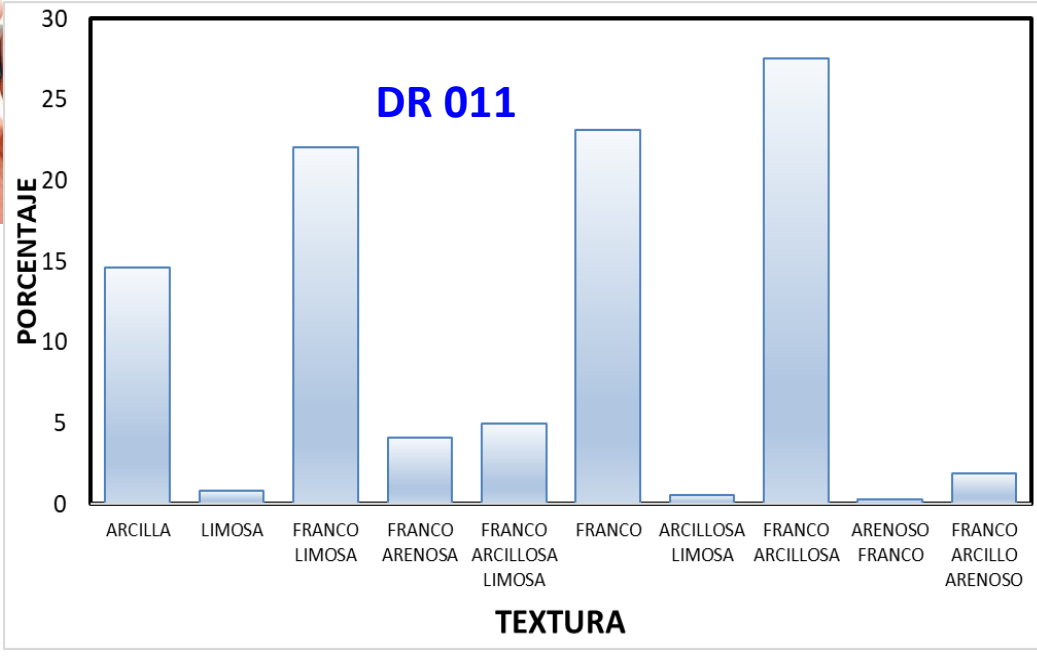
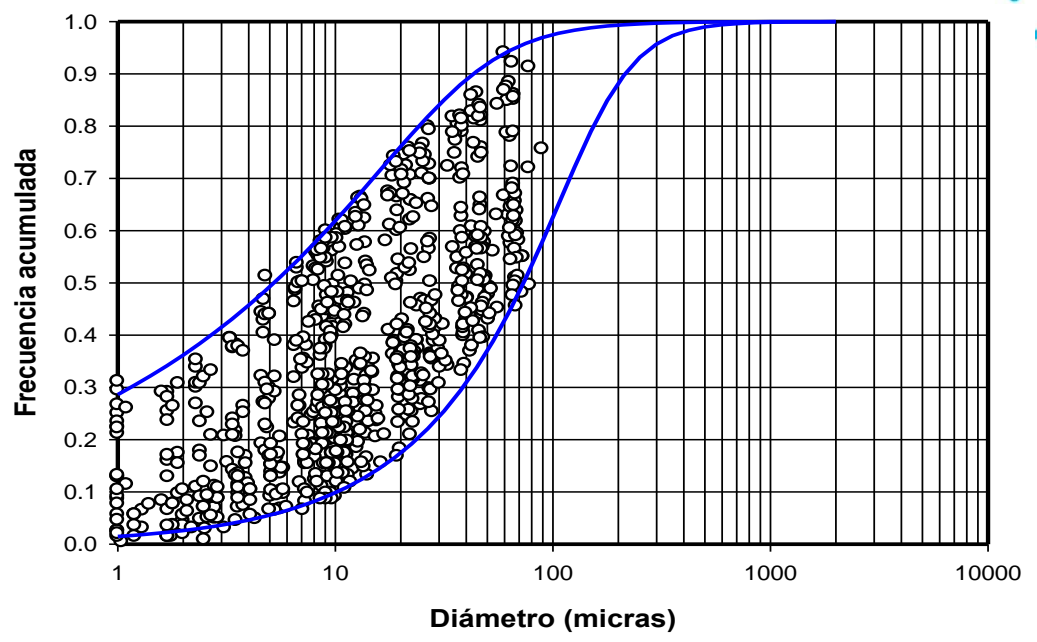
b) Textura

c) Contenidos de
humedad

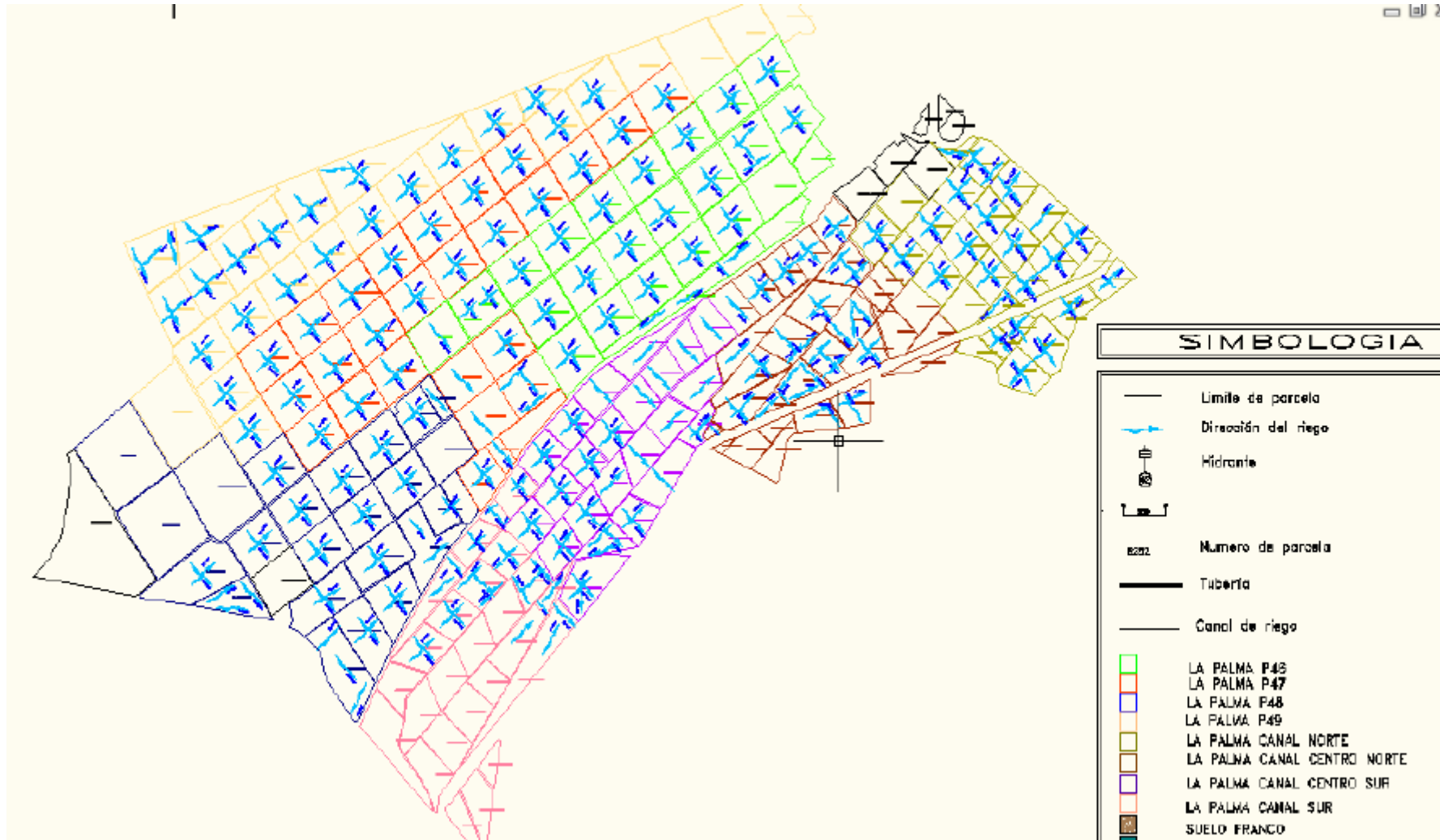




Resultados



ELABORACIÓN DE PLANOS CON PENDIENTES Y SENTIDOS DE RIEGO



INFORMACIÓN DEL PROGRAMA EN EL SOFTWARE MATRI

Sistema de Administración del Proyecto Rego por Gravedad Tecnificado [SAPRIGRAT]

Risur www.saprigrat.mx Licencia: **8CDC-D47F-**

Supervisor Técnico: Bernardo Muñoz Hernández Responsable Técnico: Clara Elena Mendoza González

Base de datos Reportes

Parcela

Listado [14] Registrar Modificar [id: 125896]

Módulo o Unidad de riego: Productor: Pozo o Canal:

Características de la parcela

Nombre:	1092	Tipo de suelo:	Franco Arcillo Arenoso
Bloque:	10	Densidad aparente:	1.44 g/cm ³
Longitud:	257 m	Cont. de hum. a saturación:	0.46 cm ³ /cm ³
Ancho:	134 m	Cont. de hum. a capacidad de campo:	0.23 cm ³ /cm ³
Superficie:	9.00 ha	Cont. de hum. marchitez permanente:	0.13 cm ³ /cm ³
Pendiente:	0.45 E %	Cont. de hum. inicial:	0.17 cm ³ /cm ³
Ancho del surco:	0.72 m	Rugosidad del suelo:	0.035 adim
Arena:	60.33 %	Conductividad hidráulica a saturación (Ks):	0.64 cm/h
Arcilla:	21.27 %	Parámetro Hf:	52.67 cm
		Profundidad de raíces:	100.00 cm
		Profundidad del suelo:	30.00 cm

Fotografía

Características del cultivo

Datos del ciclo anterior Características de la estructura aforadora Datos del padron de usuarios

Ciclo de cultivo: Primavera-Verano Etapa fenológica: Pre-siembra

Cultivo: Maíz Fecha de siembra: 28/11/2014

Responsable Técnico: Isaias Limón Jiménez

- Base de datos
- Reportes
- Otras tareas

Prueba de riego por gravedad

Listado [41] Registrar Modificar [id: 20012]

Módulo o Unidad de riego:
 Produtor:
 Parcela:

- Lecturas
- Características
- Avance-Resesión
- Aforo
- Conclusión
- Recomendación

Lámina:	<input type="text" value="13.00 cm"/>	Profundidad de raíces:	<input type="text" value="100"/> cm
Cont. de hum. a cap. de campo:	<input type="text" value="0.33 cm³/cm³"/>	Tiempo de riego por aplicar (Tiempo al corte):	<input type="text" value="250"/> min
Cont. de hum. a punto. de marchitez permanente:	<input type="text" value="0.17 cm³/cm³"/>	Etapa fenológica:	<input type="text" value="Pre-siembra"/>
No. surcos o melgas por tendido de riego:	<input type="text" value="120"/>	Regador:	<input type="text" value="El mismo productor"/>
Contenido de humedad inicial:	<input type="text" value="0.2"/> cm³/cm³	El riego aplicado corresponde a:	<input type="text" value="Sin receta"/>
Ancho del surco o melga:	<input type="text" value="0.80"/> m	Fecha de riego anterior:	<input type="text" value="11/09/2018"/>
Ancho del tendido:	<input type="text" value="96.00"/> m		



PRUEBAS DE RIEGO Y EVALUACIÓN



Datos generales

Productor:
 Rancho:
 Parcela:
 Superficie: ha

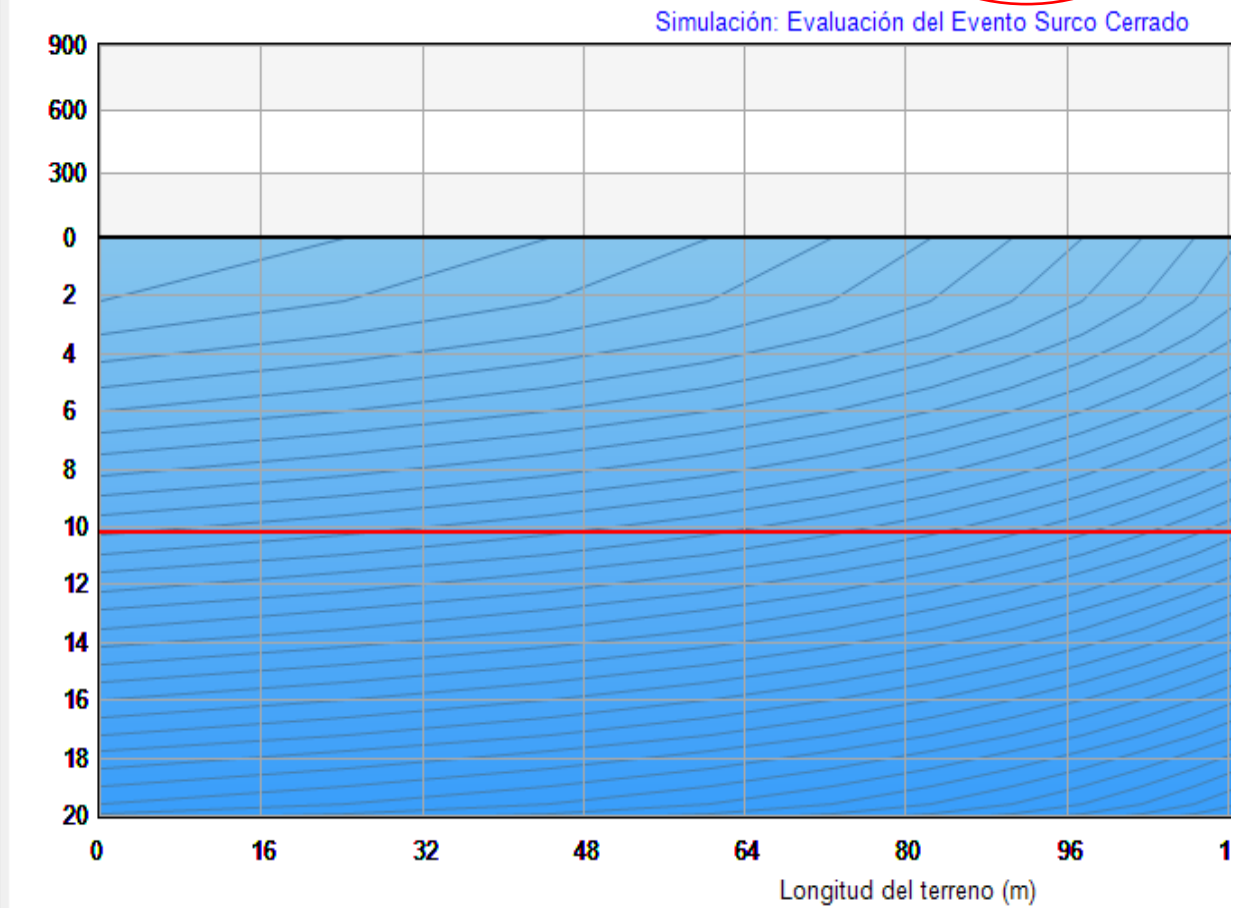
Variables de riego

Gasto: l/s
 Longitud: m
 Pendiente: %
 Rugosidad: adim
 Paso de tiempo: min
 Contenido sat.: cm³/cm³
 Contenido hum.: cm³/cm³
 Espacio del surco: m
 Lámina de riego: cm
 Coeficiente Ks: cm/h
 Coeficiente Hf: cm
 Tiempo al corte: min

Resultados de la simulación

Tiempo de simulación:	335 min	Infiltración en x=0:	30.4 cm	Ef. de aplicación:	33.32 %
Tiempo de riego:	225 min	Lámina aplicada:	29.06 cm	Ef. de requerimiento:	100 %
Tiempo de avance:	133 min	Lám. media infiltrada:	29.57 cm	Coef. unif. Christiansen:	97.53 %
Avance en Ti.:	151 m	Pulso:	1		

Gráfica



RECORRIDOS...

PROBLEMÁTICA DETECTADA

A) Falta de limpieza en las regaderas

B) poco reforzamiento de coronas

C) Riego en contrapendiente

D) Gasto no constante



Regadores: El agua utilizada de más, se lo suman a parcelas sin riego para que las láminas no sean tan grandes



Inundación sin control ni medida en las parcelas



Parcelas desniveladas





Las alfalfas nuevas y jícamas meten hasta 50 cm, en el 1er riego, para humedecer bien el lomo de los surcos. Además, poco mantenimiento a las estructuras existentes y a las escalas en puntos estratégicos (aforo con el medidor para validar el gasto)



Parcelas con malos riegos



Baja productividad

Regador: Es renumerado en función del número de servicios que brinda por día



Abre varios surcos para que el tendido avance lento.





a) El dueño de la parcela es quien no está de acuerdo en cambiar la forma de regar por tradición añeja.

b) En parcelas con pendientes no uniformes primero deben de inundar la zona más baja para que el agua avance a las zonas más altas.

Pruebas de riego -> Diseño

Distancia	Avance	Recesión
0	7:35	19:54
25	9:37	20:12
50	12:08	20:27
75	14:42	20:41
100	17:25	20:53
120	19:30	21:05



MEDICIÓN DE:

- Gasto en la entrada de la parcela
- Tiempo en llegar a las distancias marcadas de avance y recesión

Calibración de parámetros Ks y Hf

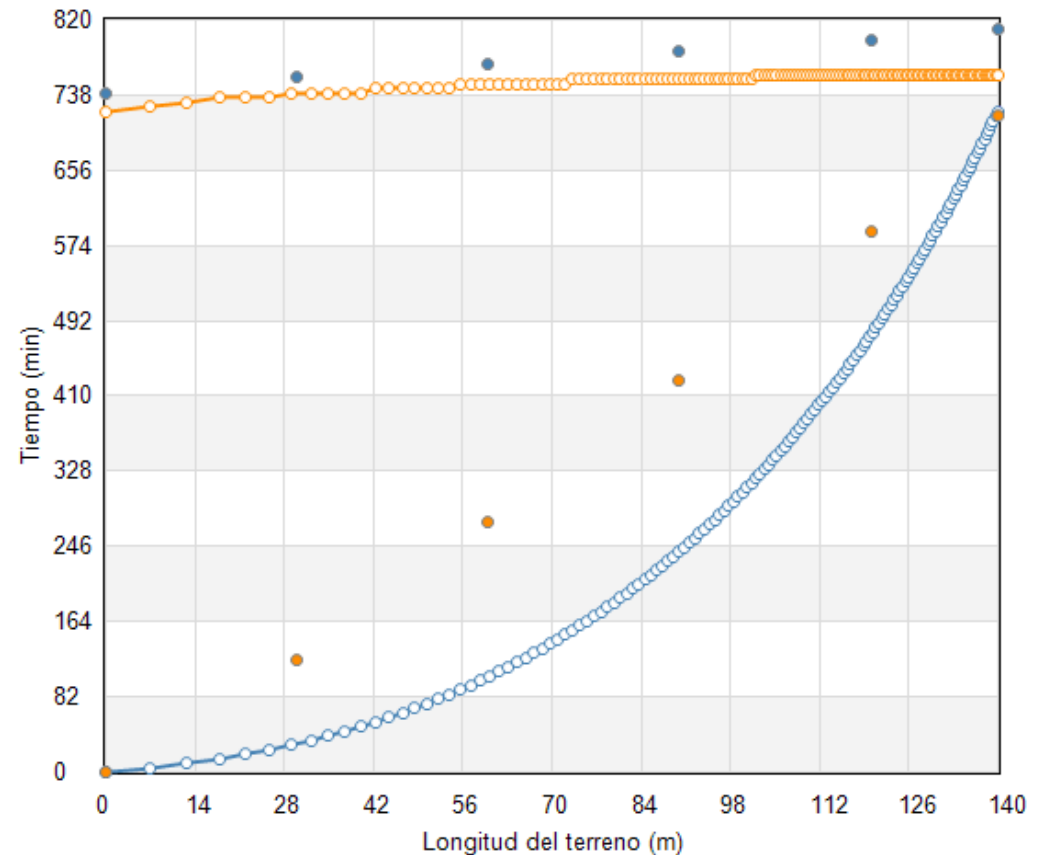
- ❖ Fecha de la prueba de riego: 20/ 02/2019
- ❖ Lote 11598-0,
- ❖ Superficie: 5.60 ha
- ❖ Cultivo: Trigo
- ❖ Módulo Valle de Santiago, sección 63.
- ❖ Usuario: Sra. Juana Allende Hernández

Gasto: 102 lps

2 Tendidos de 108 surcos c/u

Tiempo total de riego: 24 h

Lámina aplicada: 18 cm

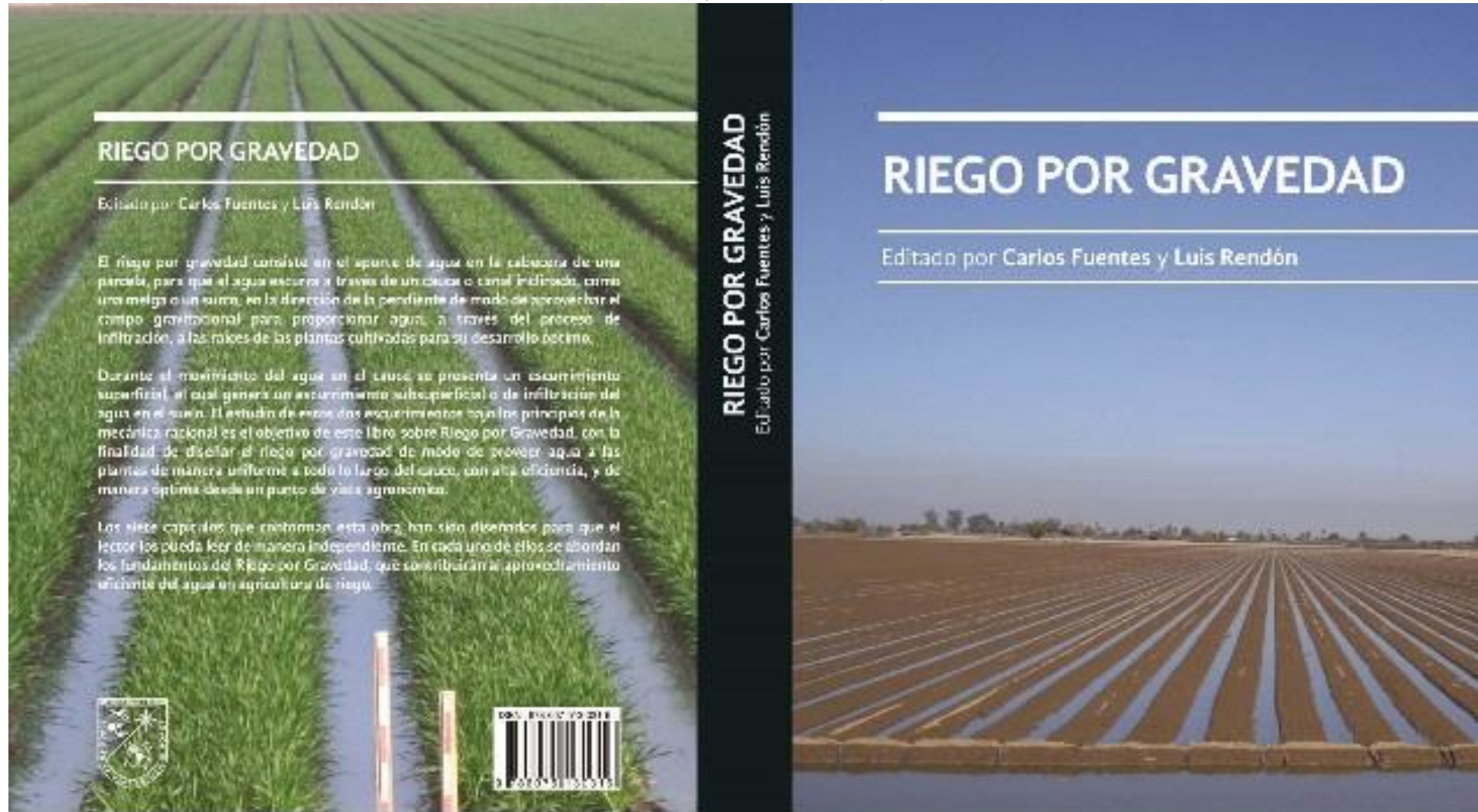


$$q_o = \alpha_u K_s L$$

$$\alpha_u = \frac{l_n}{l_n - \frac{S^2}{2K_s} \ln \left(1 + \frac{2K_s}{S^2} l_n \right)}$$

$$S^2 = 2K_s h_f (\theta_s - \theta_o)$$

Fuentes (2012, 2015)



ENTREGA DE RECETAS DE RIEGO A LOS PRODUCTORES

LOTE NO. 11598-0

PROGRAMA RIGRAT RECETA DE RIEGO

Fecha: 20/02/2019

Nombre del productor: JUANA ALLENDE HERNANDEZ.

Nombre de la unidad: Sección 63

Parcela: 202

Recomendación.

Número de surcos por tendido: 73

Número de tendidos por parcela: 3

Tiempo de riego por tendido: 5 hrs. 20 min.

Lámina a aplicar: 12 cm.

Gasto a aplicar por surco o melga: 1.4 lps.

Eficiencia de aplicación esperada: 94.02 %

Tiempo de riego con RIGRAT: 16 horas

Esta receta sustituye a las anteriores que pudieran haberse entregado. No es definitiva, y puede presentar algunos cambios, por lo que deberá comentar éstos con el Técnico responsable. En función de los trabajos que se realicen en la parcela, se obtendrá la receta definitiva.

Rafael Albarrán Jimenez

Nombre y firma del Responsable Técnico

FO-AT-06

Tiempo sin regar: 8 horas



Ahorro de 2,937 m³/riego

Calibración de parámetros Ks y Hf

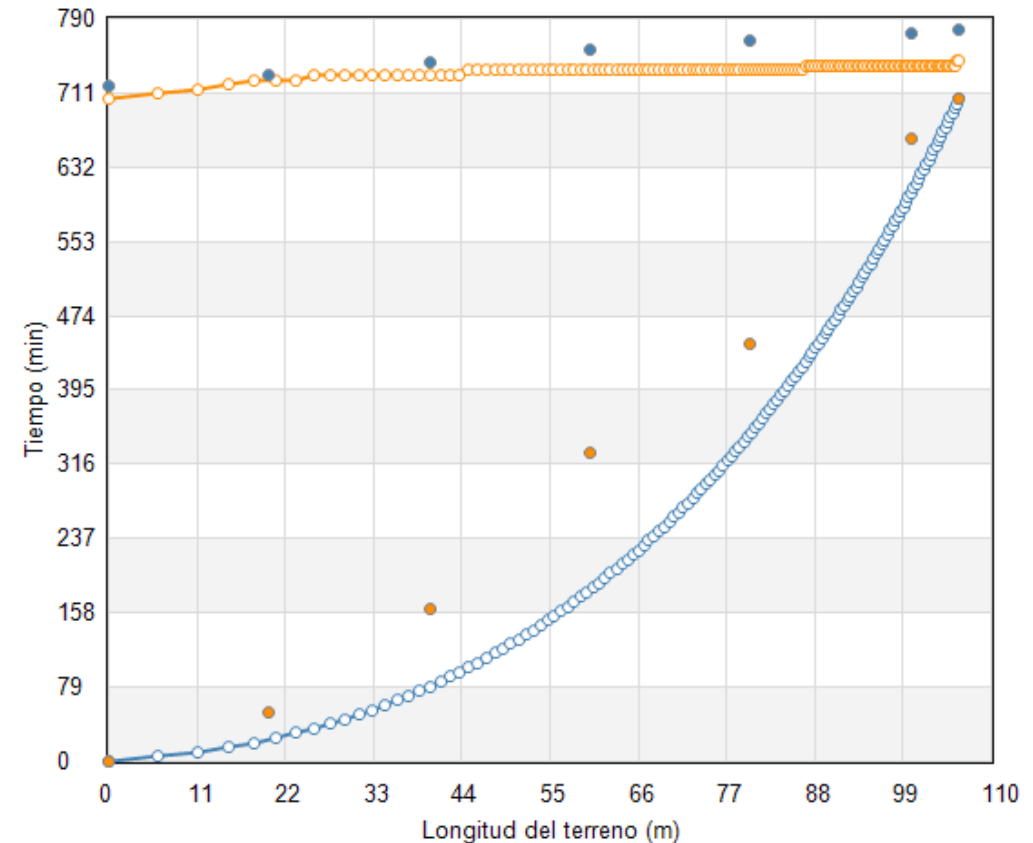
- ❖ Fecha de la prueba de riego: 05/ 01/2019
- ❖ Lote 10407-0
- ❖ Superficie: 6.35 ha
- ❖ Módulo Valle de Santiago, sección 56.
- ❖ Usuario: Sr. Roberto de Jesús Raya Arrondo

Gasto: 68.4 lps

5 Tendidos de 72 surcos c/u

Tiempo total de riego: 2 días con 10.75 h

Lámina aplicada: 24 cm



ENTREGA DE RECETAS DE RIEGO A LOS PRODUCTORES

LOTE NO. 10407-0

PROGRAMA RIGRAT RECETA DE RIEGO

Fecha: 05/01/2019

Nombre del productor: ROBERTO DE JESUS RAYA ARREDONDO.

Nombre de la unidad: Seccion 56

Parcela: Parcela 2

Recomendación.

Número de surcos por tendido: 36

Número de tendidos por parcela: 10

Tiempo de riego por tendido: 2 hrs. 58 min.

Lámina a aplicar: 12 cm.

Gasto a aplicar por surco o melga: 1.9 lps.

Eficiencia de aplicación esperada: 93.09 %

Tiempo de riego con RIGRAT: 1 día con 5.66 horas

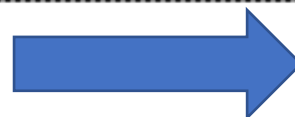
Esta receta sustituye a las anteriores que pudieran haberse entregado. No es definitiva, y puede presentar algunos cambios, por lo que deberá comentar éstos con el Técnico responsable. En función de los trabajos que se realicen en la parcela, se obtendrá la receta definitiva.

Rafael Albarrán Jimenez

Nombre y firma del Responsable Técnico



Tiempo sin regar: 29.09 horas



Ahorro de 7,163 m³/riego

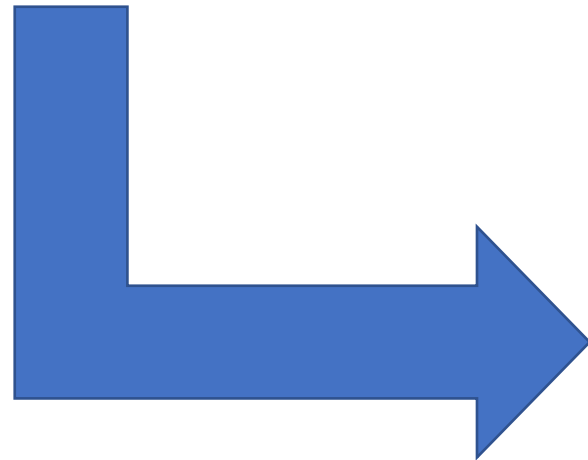
LOTE	Gasto en la entrada (lps)	SIN RECETA						CON RECETA				
		Surcos por tendido	Gasto por surco (lps)	Ancho del surco (m)	Tiempo de riego (h)	Vol. (m3)	Lámina aplicada (cm)	Surcos por tendido	Tiempo de riego (h)	Vol. (m3)	Lámina aplicada (cm)	Ahorro (m3/ha)
11376-0	79.80	46	1.73	1.60	12.40	3,562.3	48.00	34	7.35	2111.51	16	3200.00
9894-0	56.90	36	1.58	1.60	7.40	1,515.8	25.74	12	3.00	614.52	16	974.00
10434-0	99.32	80	1.25	1.60	21.00	7,508.6	46.92	42	3.71	1326.52	16	3092.00
10103-0	95.00	61	1.56	1.60	13.16	4,500.7	19.58	43	7.61	2602.62	16	358.00
10103-0	95.00	61	1.56	1.60	16.20	5,540.4	24.09	37	5.75	1966.50	16	809.00
10399-0	75.00	140	0.53	1.60	22.42	6,053.4	17.25	93	12.05	3253.50	14	325.00
10945-0	86.59	50	1.73	1.60	32.00	9,975.2	29.83	28	9.46	2948.91	16	1383.00
9954-1	25.81	29	0.86	1.60	18.21	1,692.0	30.01	12	3.46	321.49	14	1601.00
10426-0	80.56	75	1.07	1.60	7.33	2,125.8	16.62	54	4.40	1276.07	14	262.00
10377,79-0	91.50	68	1.34	1.60	24.70	8,136.2	33.70	33	5.60	1844.64	16	1770.00
11070-3	64.35	45	1.44	1.60	17.13	3,968.3	24.03	32	8.20	1899.61	16	803.00
23072-0	32.30	23	1.40	1.60	17.38	2,020.9	24.12	15	7.68	893.03	16	812.00
10398-2	78.00	144	0.54	1.60	11.93	3,349.9	46.92	70	9.06	2544.05	14	3292.00
10405-2	38.89	77	0.51	1.60	8.10	1,134.0	15.00	55	5.76	801.51	11	400.00
23027-0	40.00	20	2.00	1.60	14.88	2,142.7	36.00	8	2.20	323.44	14	2200.00
23027-0	42.20	20	2.11	1.60	12.41	1,885.3	37.00	8	1.83	278.01	14	2300.00
10404-1	82.98	84	0.99	1.60	9.83	2,936.5	18.20	59	5.33	1592.22	14	420.00
10407-0	44.84	35	1.28	1.60	9.58	1,546.4	24.64	20	3.10	511.10	14	1064.00
10405-2	37.88	44	0.86	1.60	10.96	1,494.6	20.02	25	4.38	591.49	14	602.00
9926-0	63.86	60	1.06	1.60	13.41	3,082.9	21.05	35	5.25	1206.95	14	705.00
11367-0	72.00	25	2.88	1.60	13.58	3,519.9	36.60	12	2.75	712.80	16	2060.00
11367-0	73.00	20	3.65	1.60	10.85	2,851.4	37.12	9	2.13	559.76	15	2212.00
11365-3	68.00	25	2.72	1.60	12.63	3,091.8	43.60	14	2.30	563.04	14	2960.00
10398-2	72.00	74	0.97	1.60	11.50	2,980.8	24.60	40	3.50	907.20	14	1060.00
10405-2	22.00	30	0.73	1.60	13.86	1,097.7	22.22	14	4.01	317.59	14	822.00
10405-1	36.00	40	0.90	1.60	13.38	1,734.0	21.68	22	4.85	628.56	14	768.00
9905-0	25.00	30	0.83	1.60	16.13	1,451.7	21.60	19	6.70	603.00	14	760.00
23019-0	38.00	28	1.36	1.60	13.08	1,789.3	26.60	15	3.73	510.26	14	1260.00
10404-2	66.64	68	0.98	1.60	12.90	3,094.8	14.40	37	3.96	950.02	12	240.00
10408-0	69.50	78	0.89	1.60	12.42	3,107.5	13.20	38	3.00	750.60	12	120.00
10407-0	68.40	72	0.95	1.60	11.75	2,893.3	14.28	36	2.97	731.33	12	228.00
10405-2	66.40	70	0.95	1.60	12.21	2,918.7	14.28	34	2.78	664.53	12	228.00
10707-1	78.80	71	1.11	1.60	13.66	3,875.1	14.64	38	6.13	1738.96	12	264.00
10398-1	72.00	68	1.06	1.60	12.40	3,214.1	16.68	34	2.78	720.58	12	468.00
10405-1	68.00	74	0.92	1.60	11.25	2,754.0	14.40	41	3.38	827.42	12.0	240.00
						RESUMEN DE PRUEBAS DE RIEGO		RESUMEN DE PRUEBAS DE RIEGO CON RECETA				
						Vol. Prom. (m3)	Lámina aplicada Prom. (cm)			Lámina aplicada Prom. (cm)	Ahorro (m3/ha)	
						3272.75	25.56			14.11	1144.63	



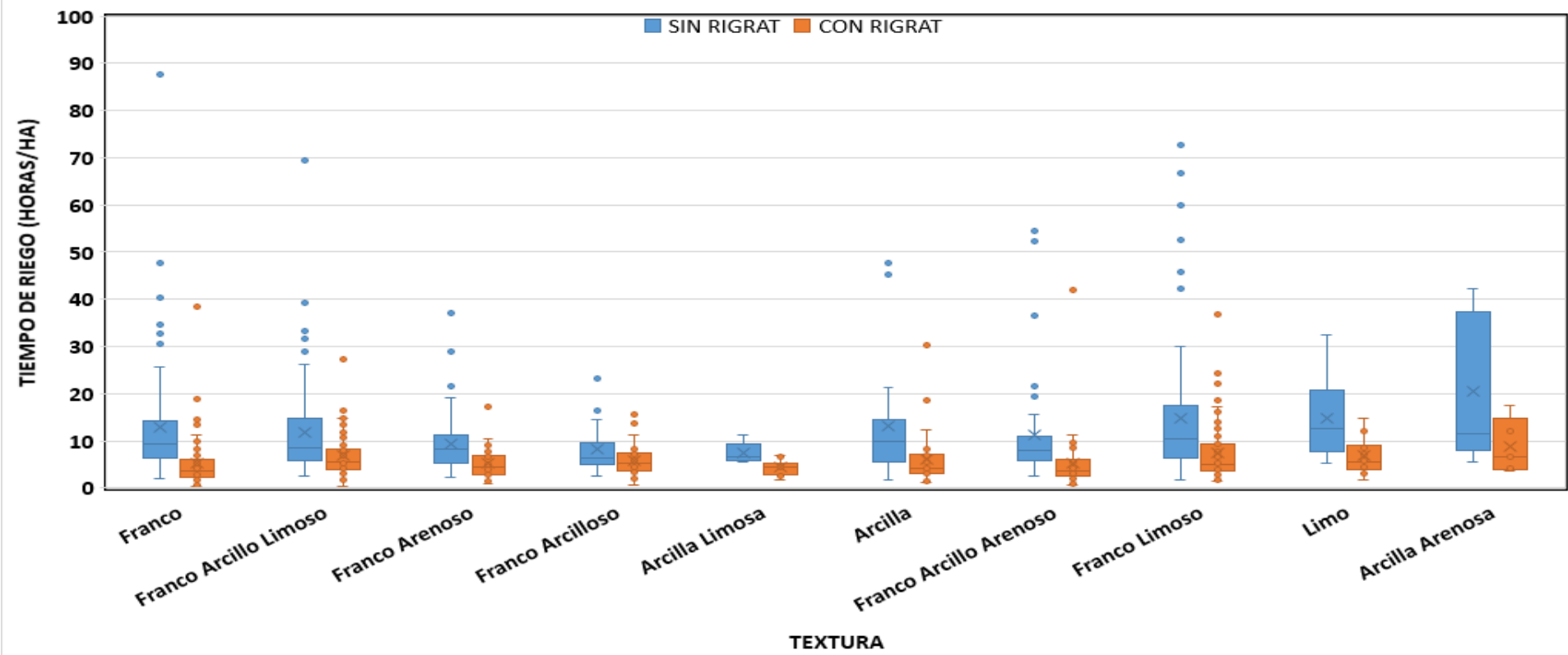
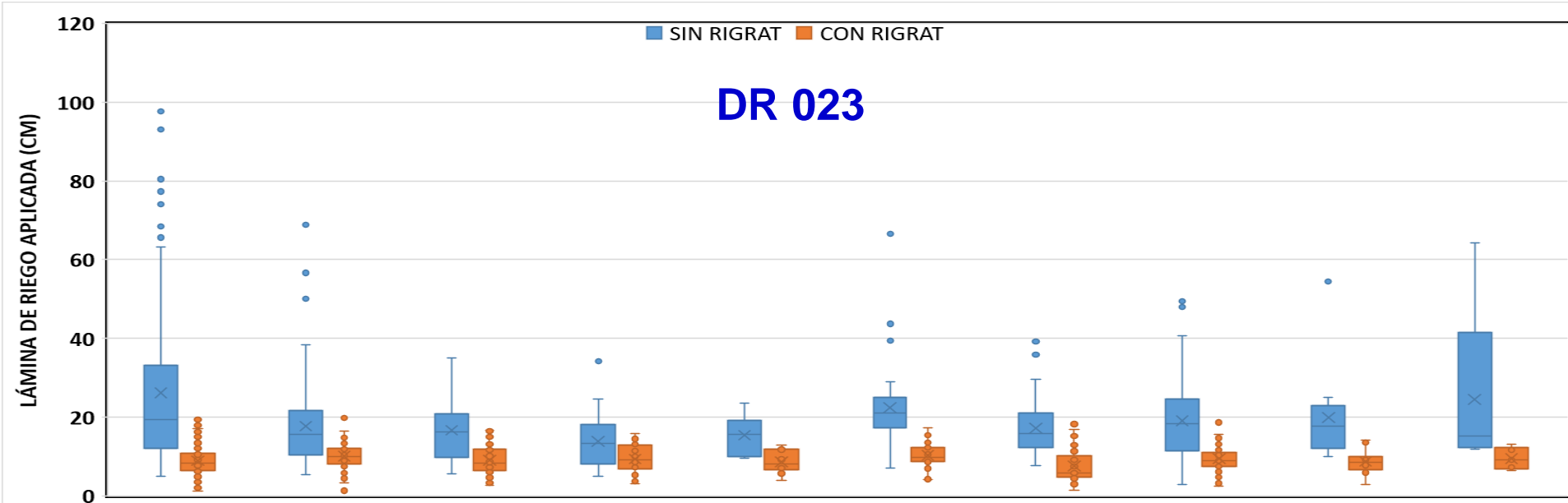
¿Qué representan los ahorros obtenidos?

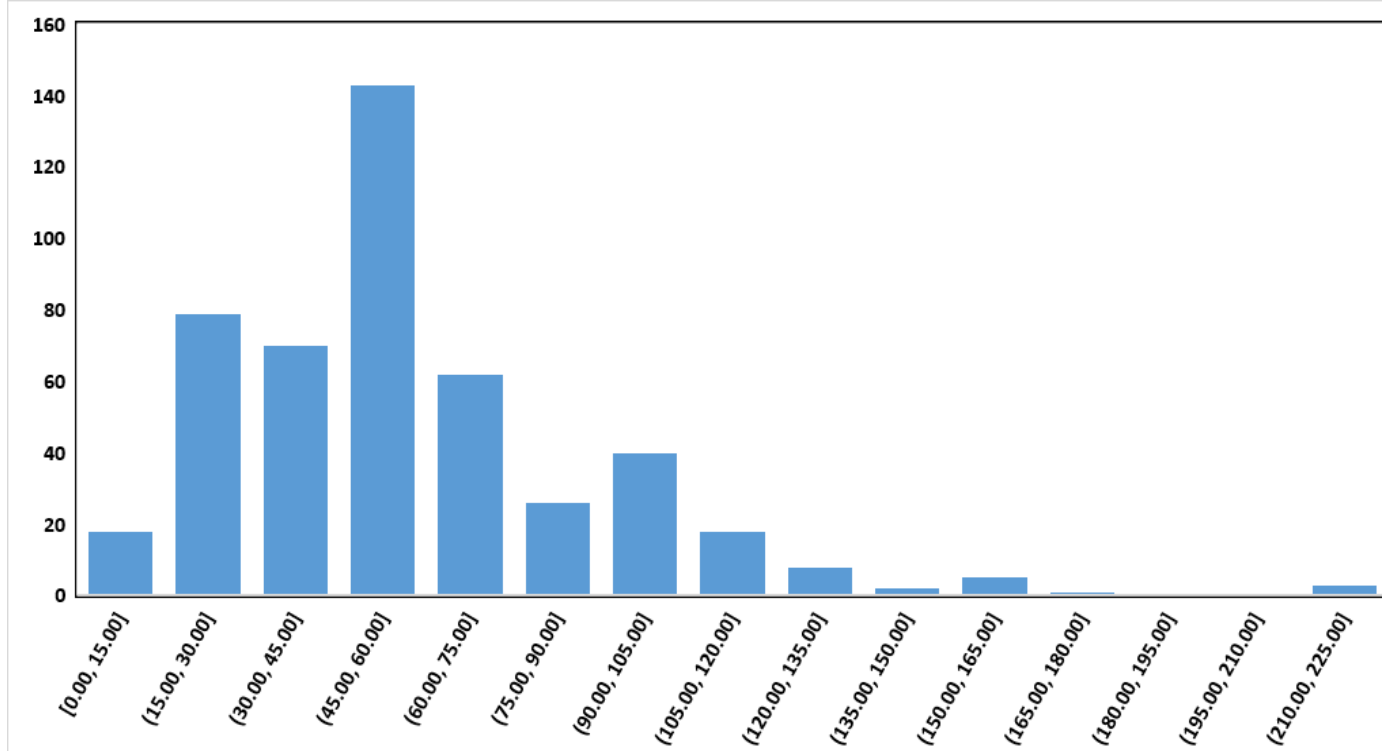
Ahorro por riego/ha	1,140m ³
En tres riegos	3,420m ³
En 1000 ha	3.420Mm³

¡POR CICLO!

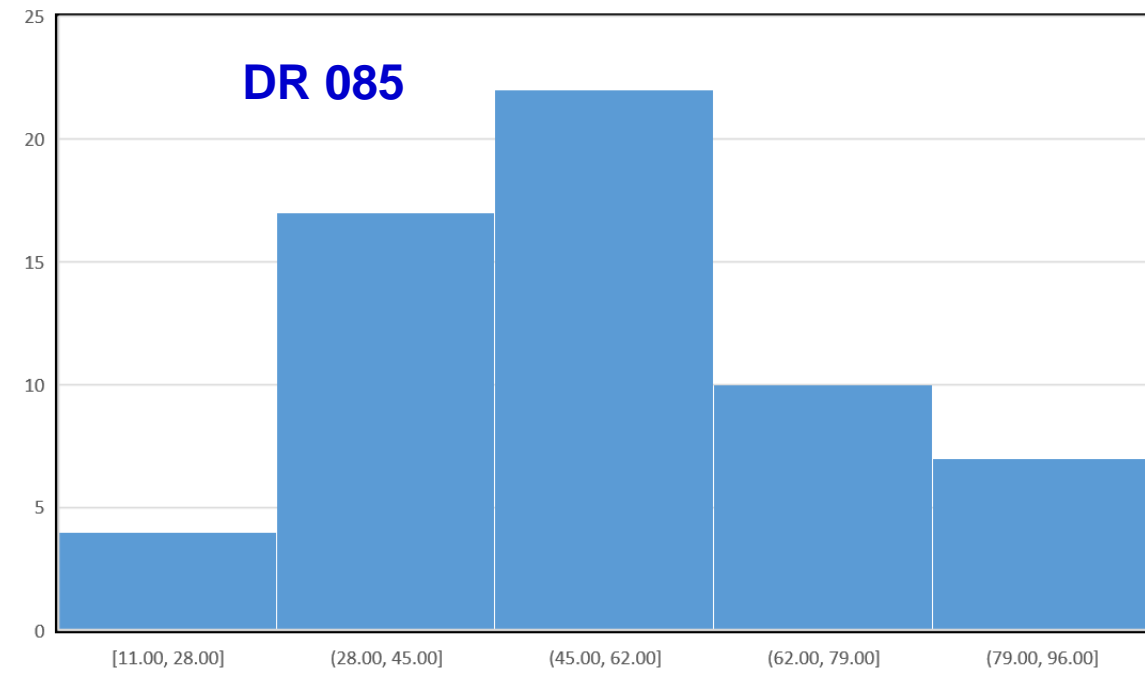


2 riegos adicionales
de 1,710 m³ c/u

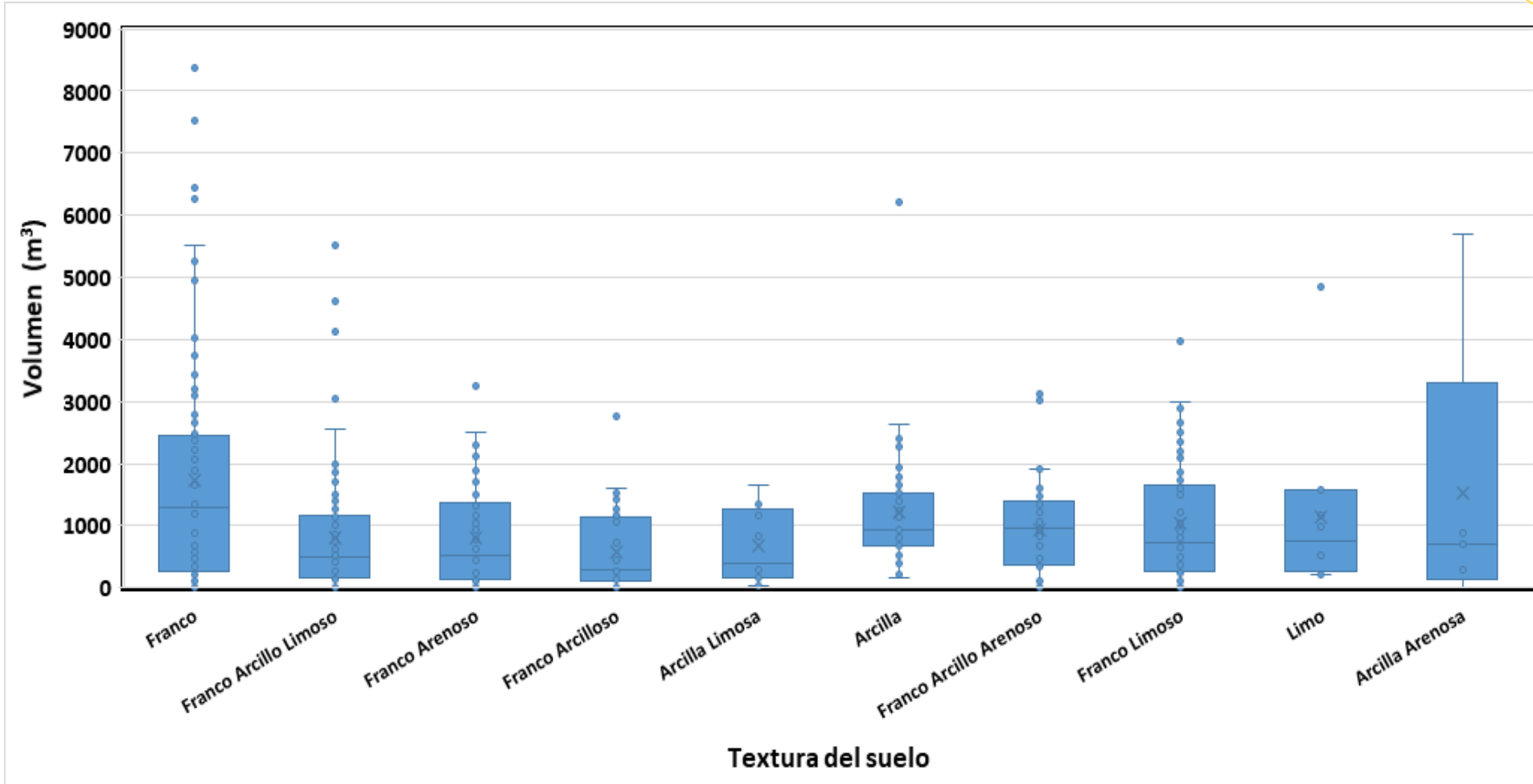




GASTOS EN LAS CABECERAS DR 023

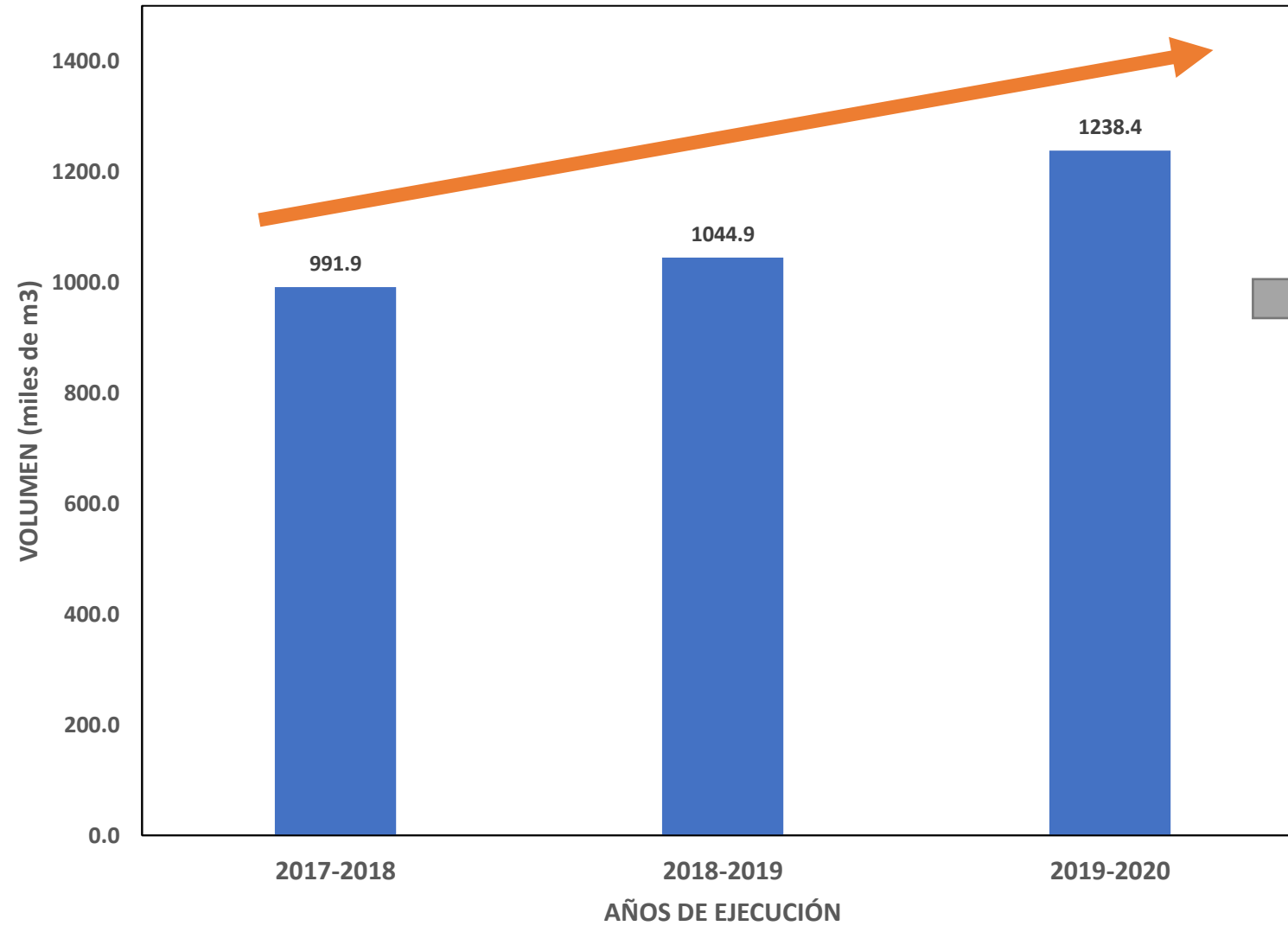


VOLÚMENES AHORRADOS EN EL DR 023 / RIEGO



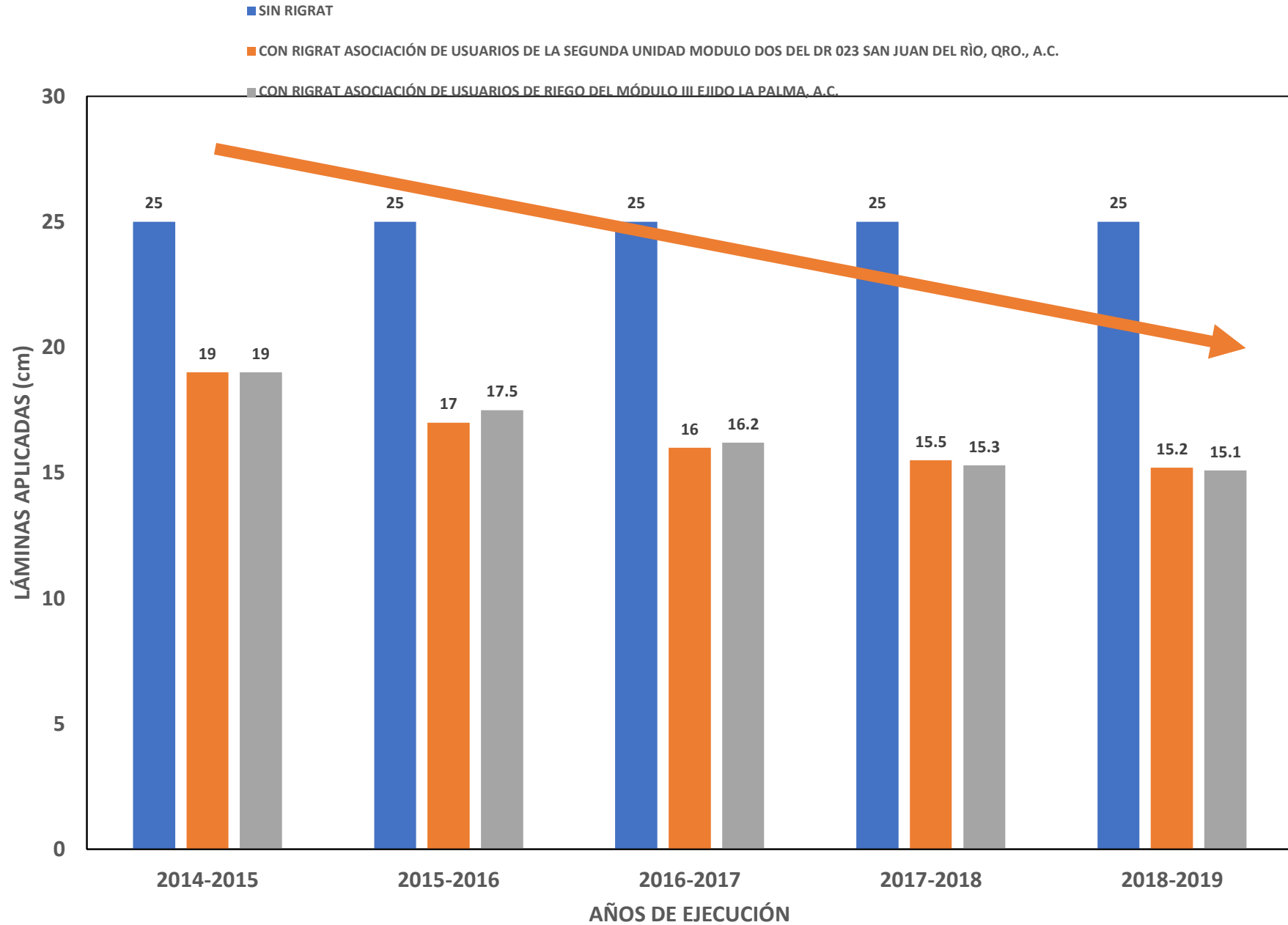
AHORROS OBTENIDOS POR NIVELACIÓN

■ Ahorro promedio por riego (1,290 m3/ha)

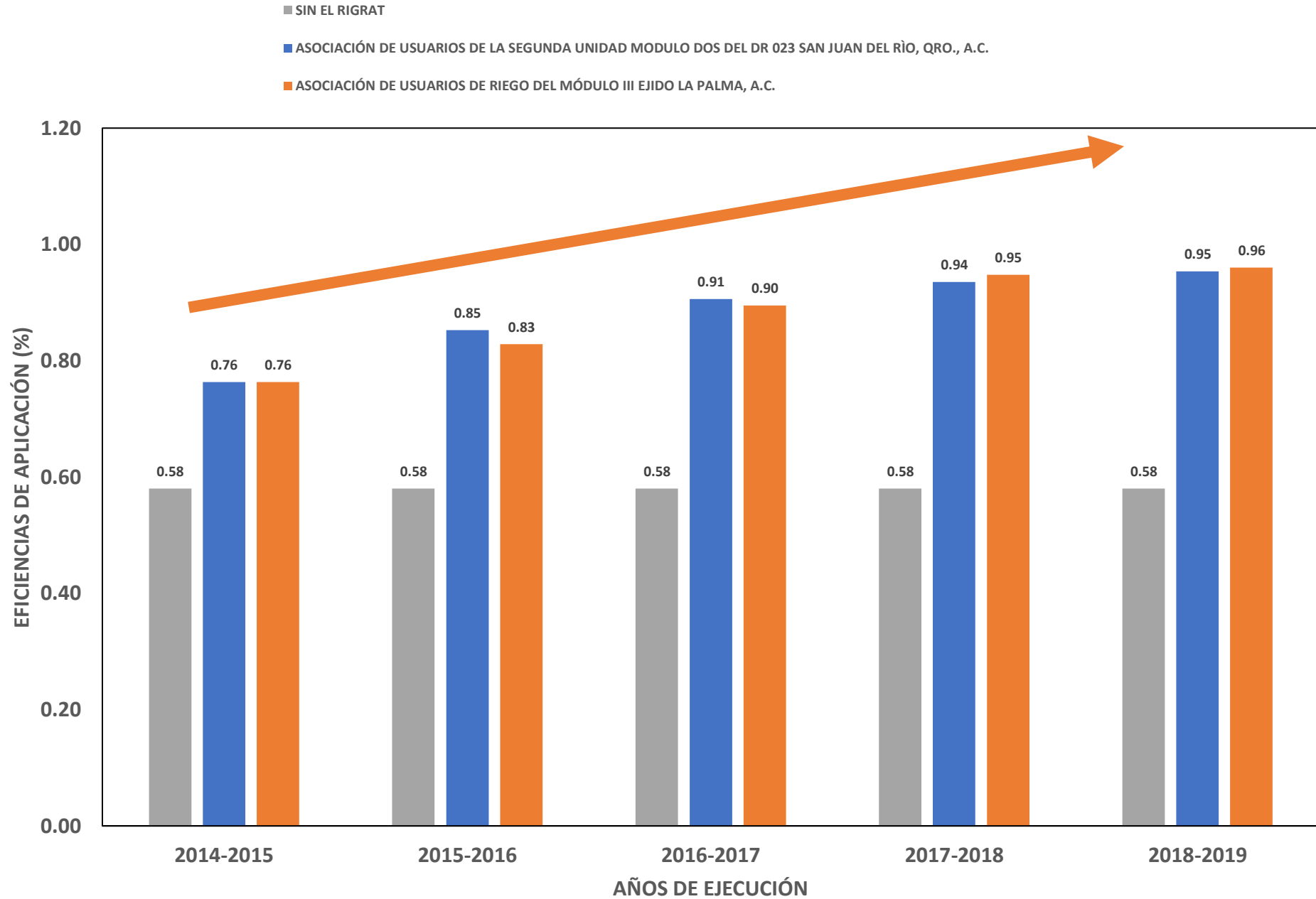


¿EN EL SIGUIENTE
CICLO?

LÁMINAS DE RIEGO APLICADAS



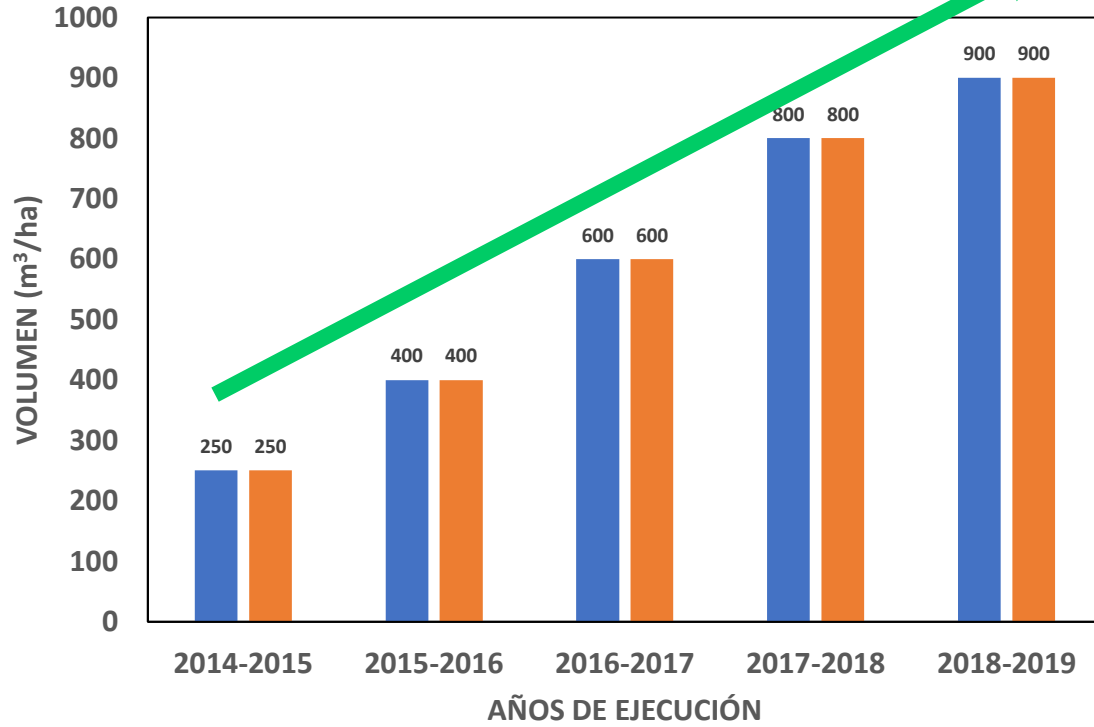
EFICIENCIA DE APLICACIÓN



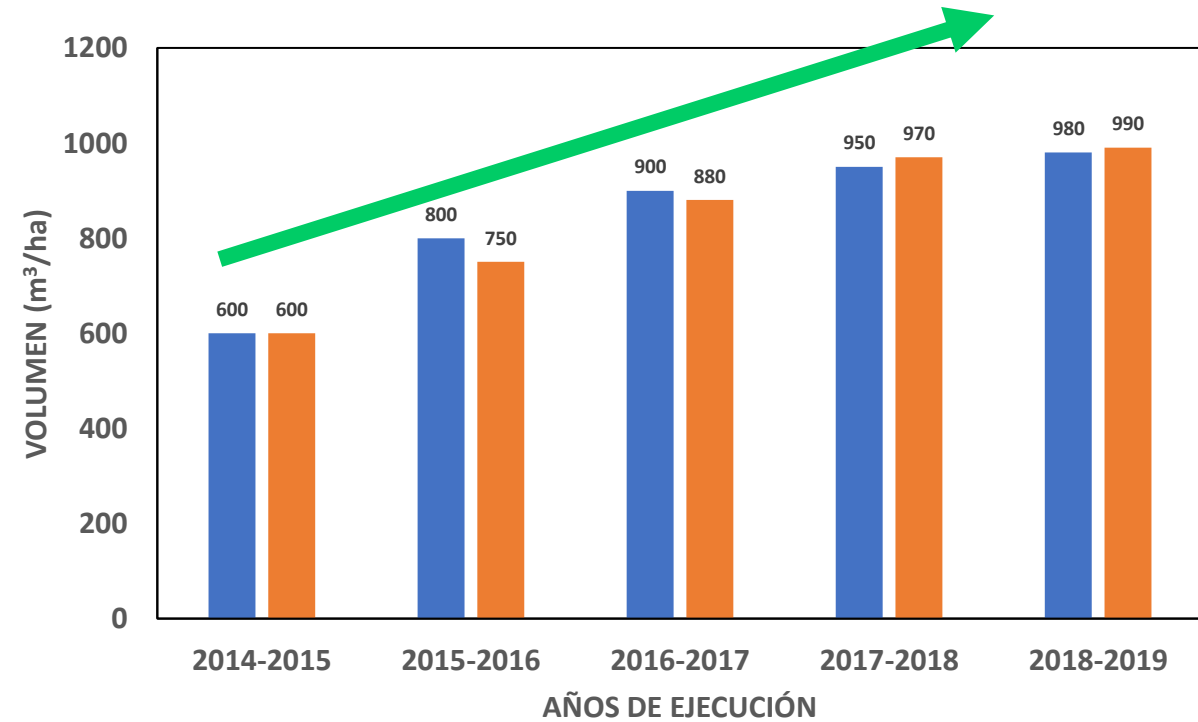
VOLUMEN PROGRAMADO DE AHORRO

■ ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE LA SEGUNDA UNIDAD MODULO DOS DEL DR 023 SAN JUAN DEL RÍO, QRO., A.C.

■ ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE RIEGO DEL MÓDULO III EJIDO LA PALMA, A.C.



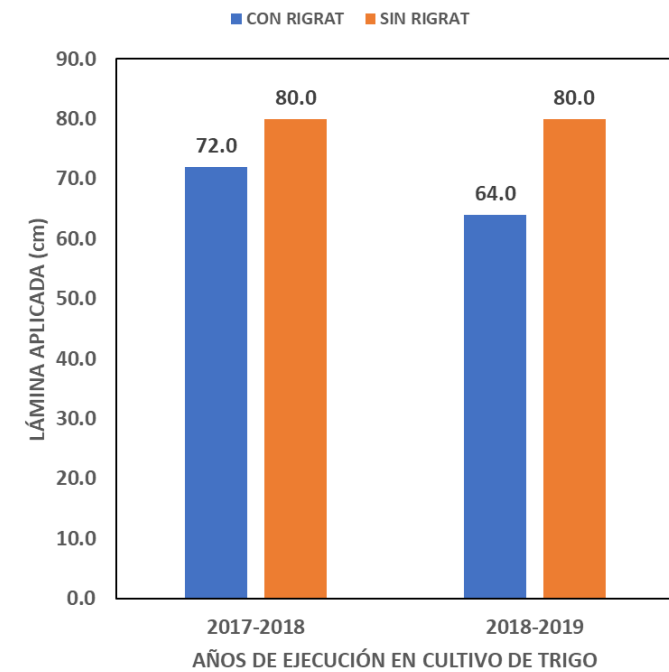
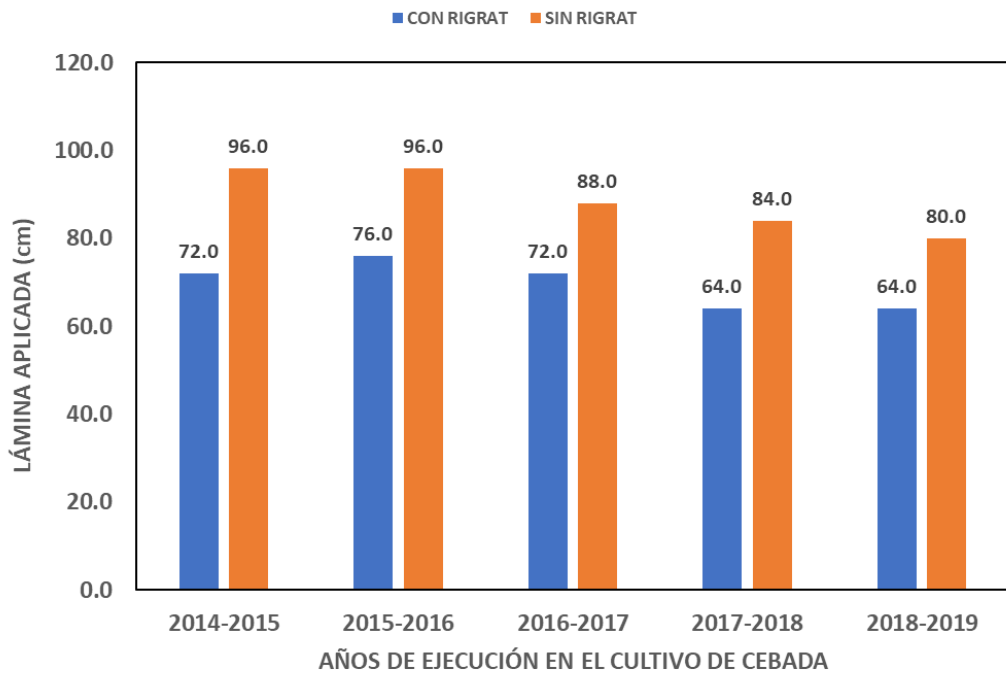
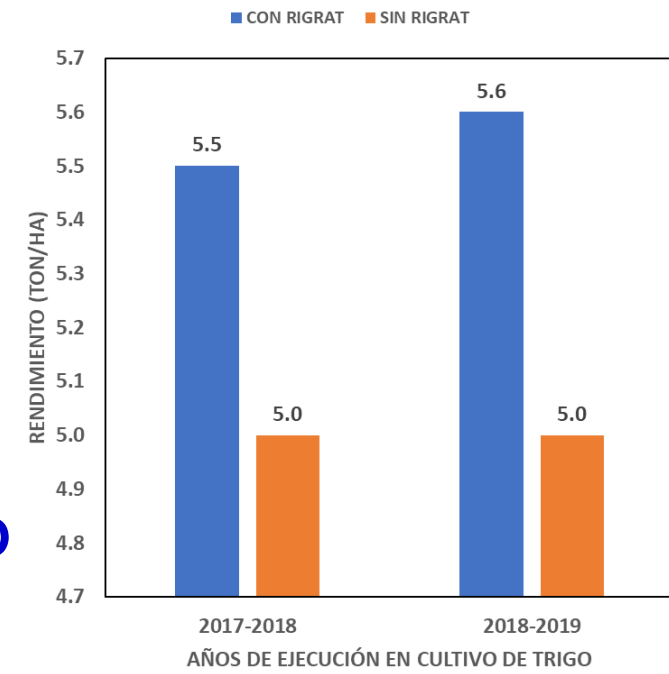
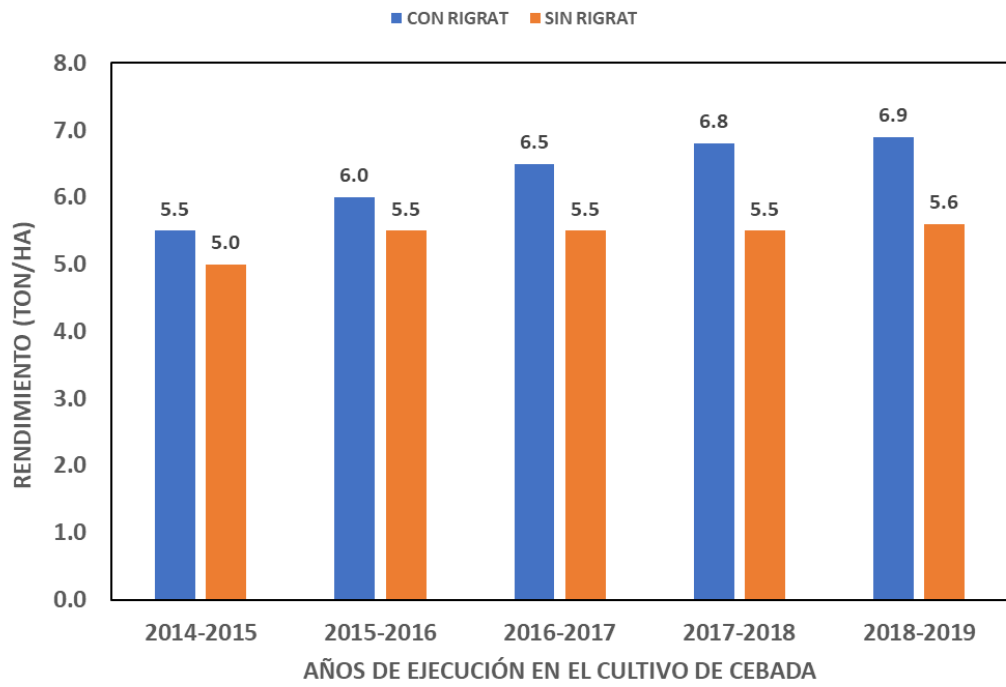
VOLUMEN AHORRADO





- La "eficiencia en el uso del agua (EUA)" o "productividad del agua (PA)" es la relación existente entre la biomasa presente en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste en un determinado momento.

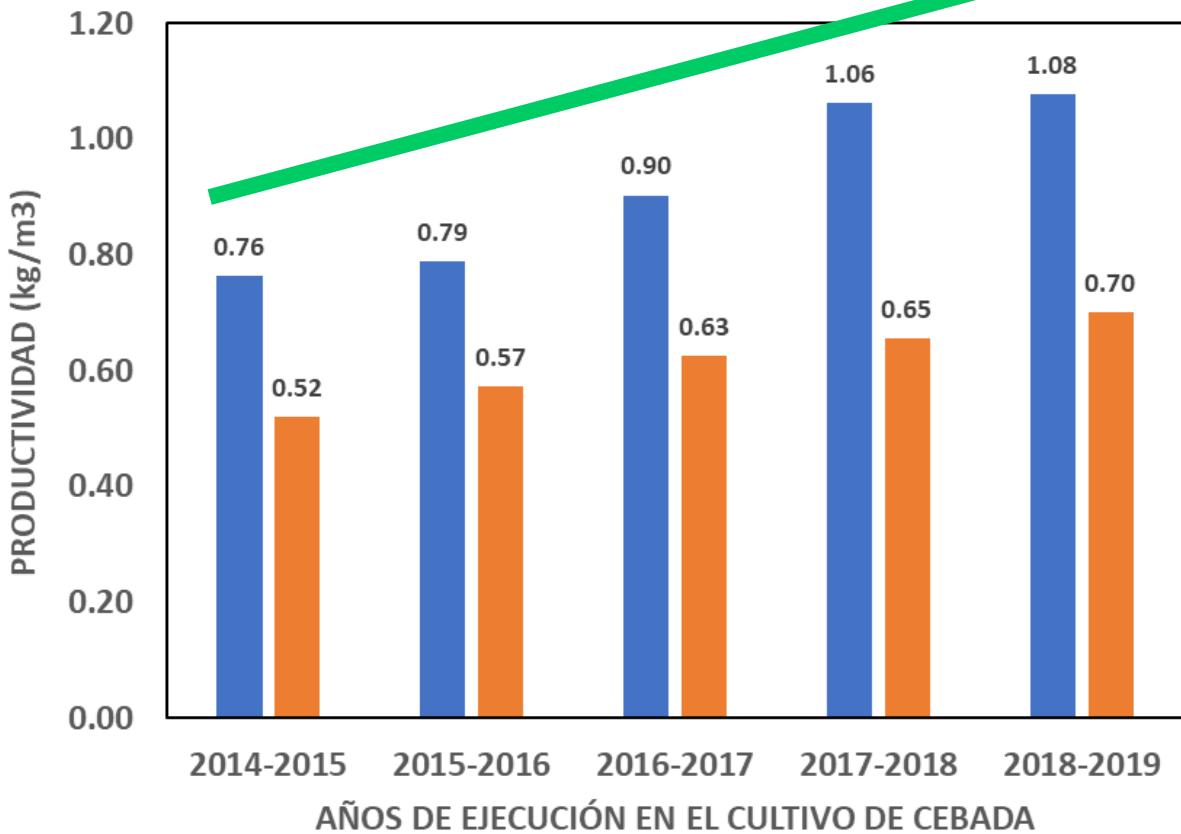
- $EUA = Kg / m^3$



PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CEBADA Y TRIGO (O-I)

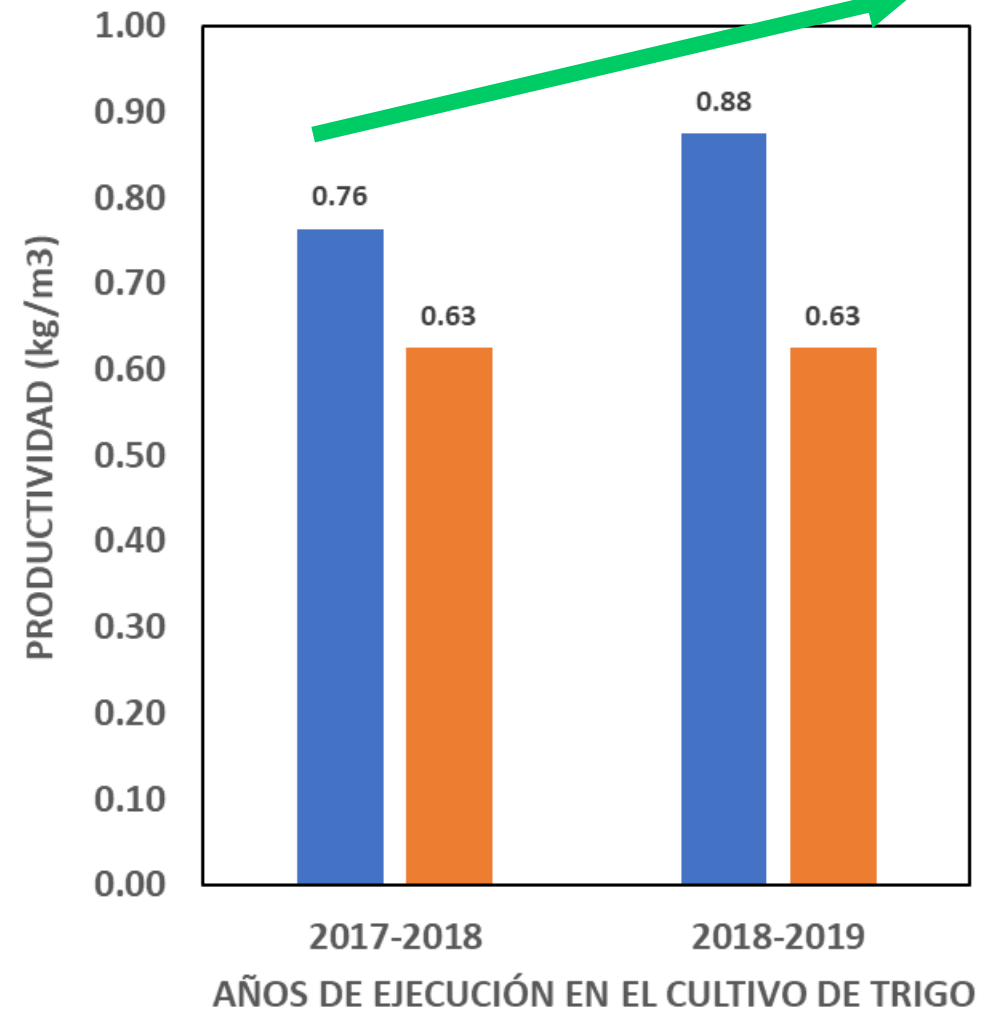


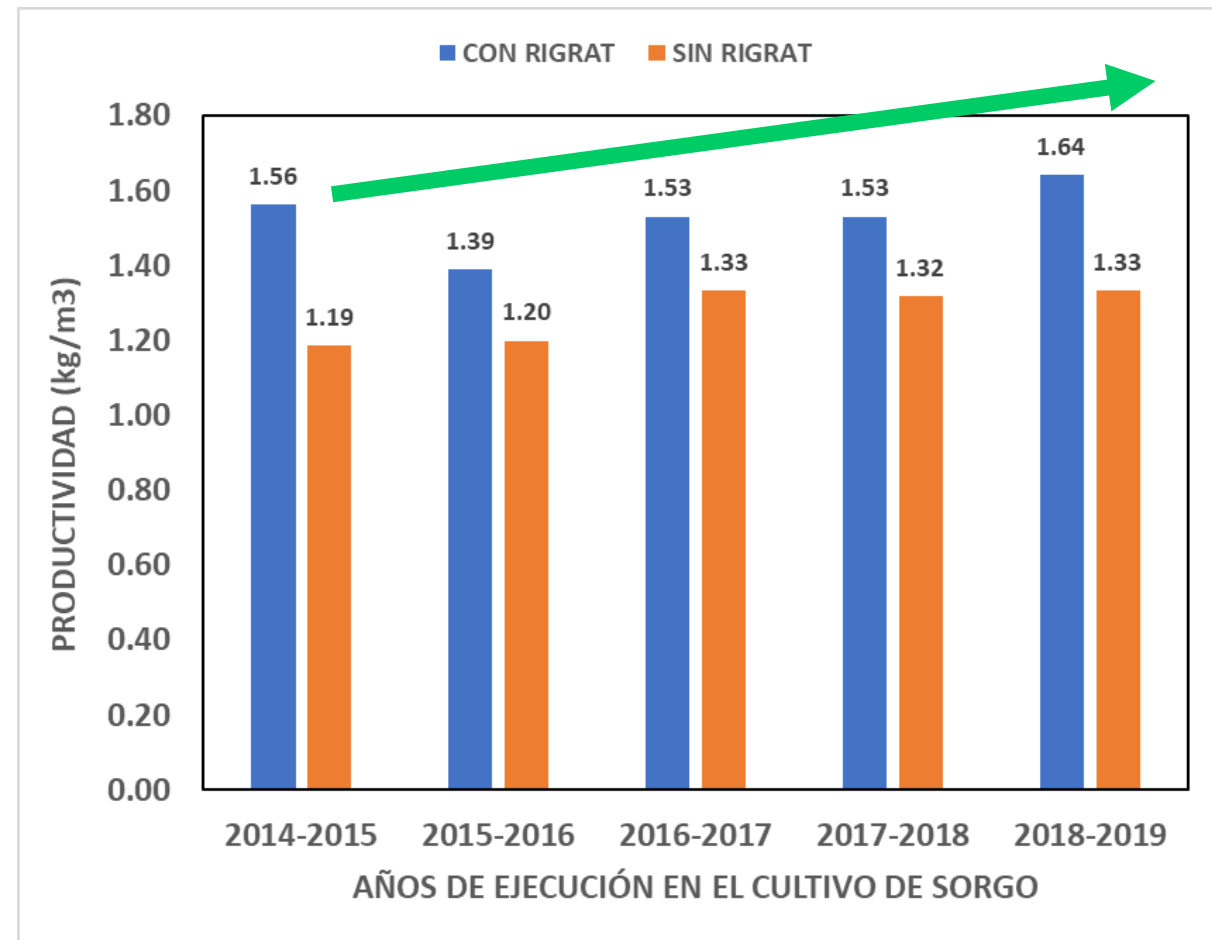
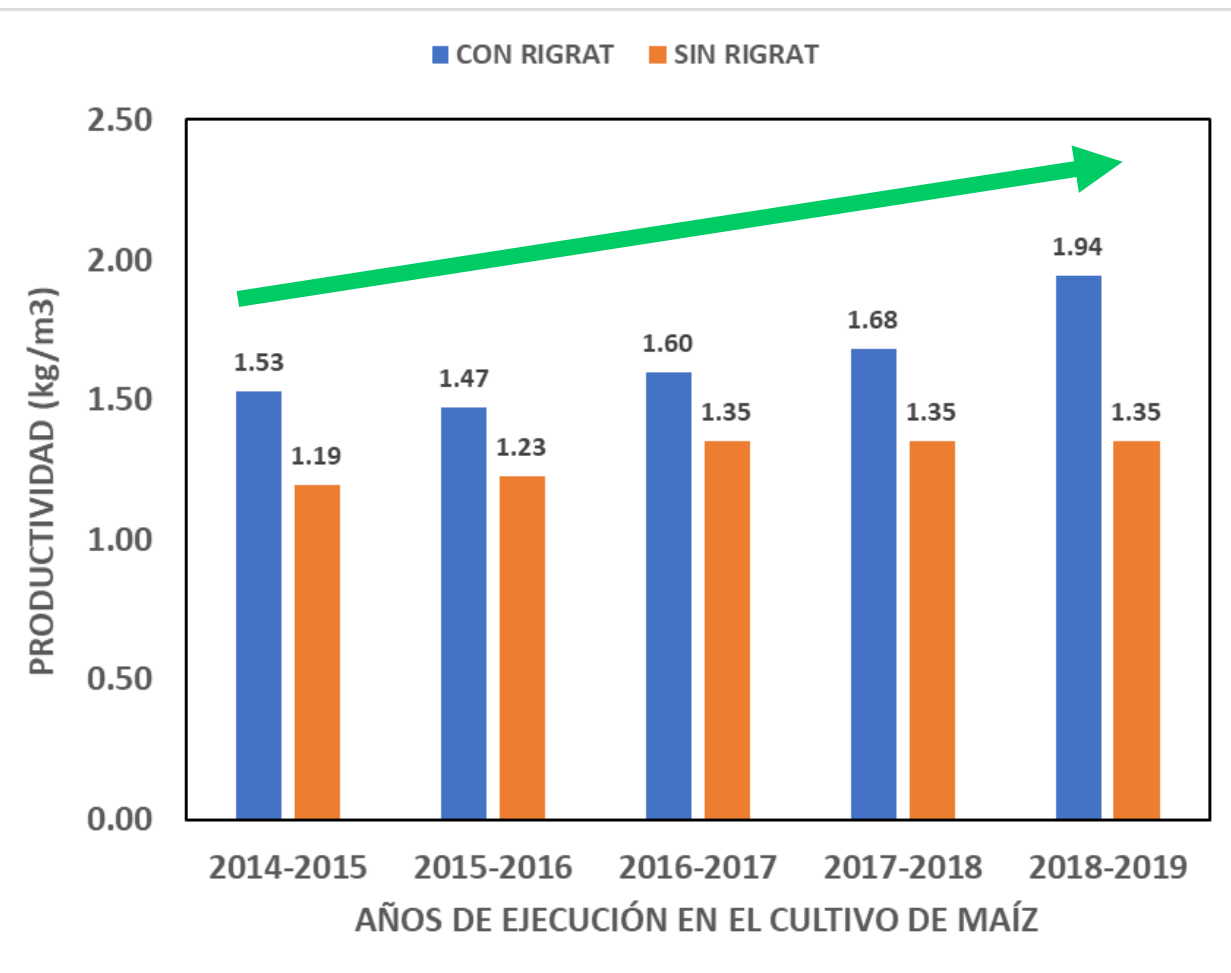
■ CON RIGRAT ■ SIN RIGRAT



**SE OBTIENE EL MISMO
RENDIMIENTO O MÁS, PERO
CON MENOS AGUA 😊**

■ CON RIGRAT ■ SIN RIGRAT



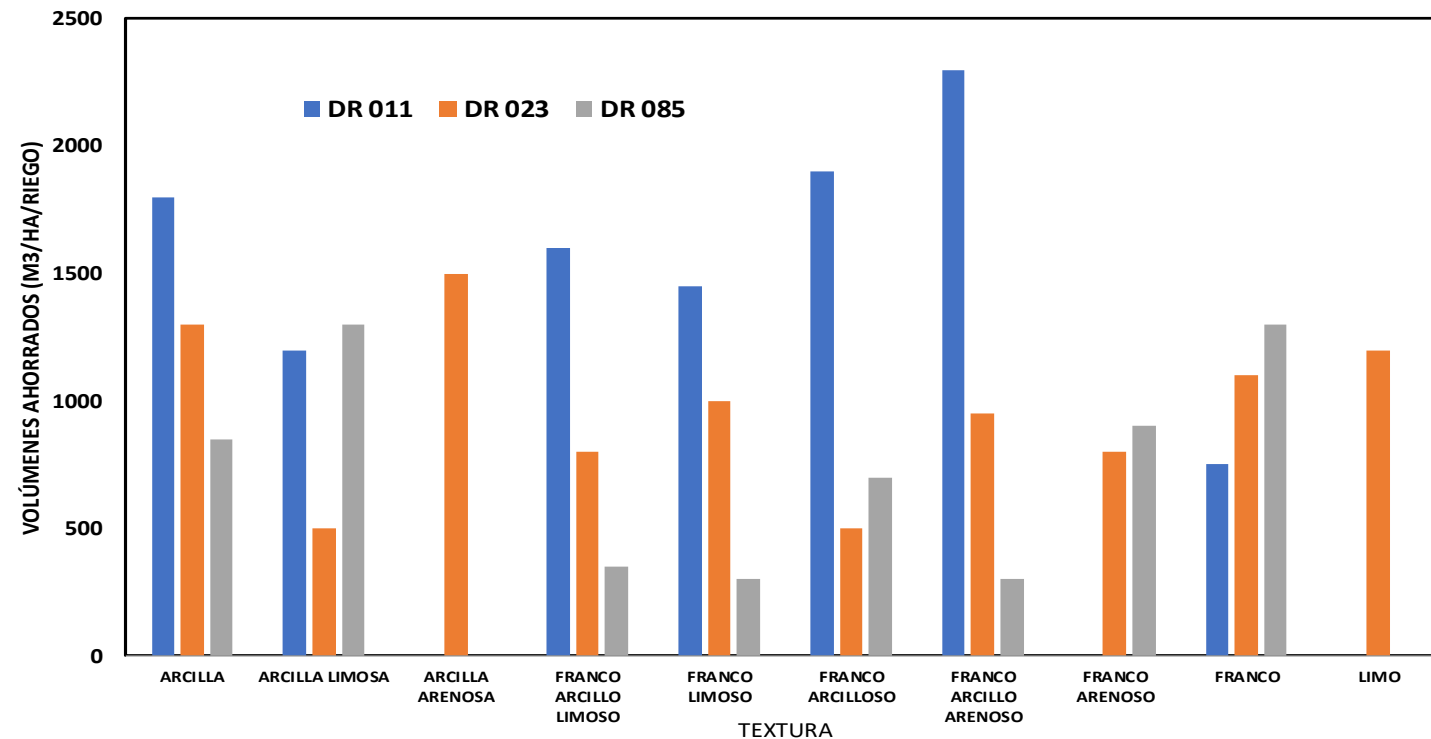


**SE OBTIENE EL MISMO
RENDIMIENTO O MÁS, PERO
CON MENOS AGUA 😊**

VOLÚMENES AHORRADOS EN m³



El éxito o NO del RIGRAT dependió de todos los protagonistas: CONAGUA, autoridades de módulos de riego, comisariados ejidales, usuarios, regadores y de los Asesores Técnicos.



CONCLUSIONES

- Importancia de la medición de las pruebas de avance y recesión:
 - Láminas aplicadas
 - Tiempos de riego
 - Características: Longitud, textura, pendiente, contenido humedad, K_s y h_f
- Los resultados del diseño de riego por gravedad con la fórmula de gasto óptimo permitieron ahorros de láminas desde los 10 hasta los 80 cm, además de reducir los tiempos de riego, lo que en algunos casos se fue en un 75%.
- El agua de riego se desperdicia en los terrenos desnivelados y de grandes longitudes.
- Los surcos por tendido de la receta de riego son menores a lo que el regador acostumbra a aplicar, esto implica mayor trabajo para él y a veces no coopera.
- **Mercado negro del agua: regadores-usuarios-canaleros-xxxxx***

- El agua de “pozo” se aprecia más que el agua de “presa”, por ello los usuarios la desperdician en forma de percolación, donde mojan el suelo hasta 2 metros de profundidad.
- Es posible tener eficiencias de riego mayores al 80% si se nivelan los terrenos, y se aplican los riegos de acuerdo con la recomendación del técnico.



**¿ES SUSTENTABLE
EL RIEGO POR
GRAVEDAD?**



RETOS





No se trata únicamente de coordinar un proyecto, también hay que generar conocimiento

Agricultural Water Management 221 (2019) 279–285



Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural Water Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agwat



Design and evaluation of surface irrigation systems applying an analytical formula in the irrigation district 085, La Begoña, Mexico



2019

Carlos Chavez^{a,*}, Carlos Fuentes^b

^a Faculty of Engineering, Autonomous University of Queretaro, Mexico

^b Mexican Institute of Water Technology, Cuernavaca Morelos, Mexico

ARTICLE INFO

Keywords:

Analytical formula
Green and Ampt equation
Kinematic wave model
Efficient water use
Optimal discharge
Saint-Venant and Richards equations

ABSTRACT

The area under irrigation in Mexico is just over 6.64 million hectares, most of which is irrigated with surface gravity systems (borders or furrows). However, one of the main problems presented by these methods is the loss associated with deep infiltration, tailwaters, and flooding in some parts of the land as a result of a poor flow design at the entrance of the furrow or border. In this study, the evaluation of irrigation tests, the data of the plot and the net irrigation depth to be applied show that the optimum expense that can be put in each furrow during an irrigation event can be calculated under the hypothesis that with this expense, the historical water depths applied in the evaluated plots can be reduced. The results obtained in 250 irrigation tests in 1010 ha in the Irrigation District 085, La Begoña, Guanajuato, México, showed that average water depths decreased by 19 cm, irrigation time decreased 12 h ha⁻¹ on average, and the average volume saved was 2150 m³ ha, which represented a total of 49% of the total volume used. In addition, the average efficiency rose from 51 to 86%.

1. Introduction and objectives

In Mexico, there are 6.64 million hectares under irrigation. Of these, 3.50 million are distributed in 85 irrigation districts, and 3.14 million are in just over 39 thousand irrigation units, located mainly in the center and north of the country. Gravity surface irrigation is the most

over elevation of water tables and progressive soil salinization. Fig. 1a and b shows two examples of bad surface gravity irrigation designs. In the figure on the left, the expense given to a border was of such magnitude that it overflowed the borders, while in the figure on the right, the opportune time of irrigation was greater than that which was required. In both cases, the consequence was a partial flooding of the land



Modelación bidimensional de la infiltración del agua en surcos aplicando el gradiente conjugado

• Carlos Chávez* • Carlos Mota •

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

*Autor para correspondencia

• Carlos Fuentes •

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, México

• Antonio Quevedo •

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-06

Resumen

Chávez, C., Mota, C., Fuentes, C., & Quevedo, A. (enero-febrero, 2018). Modelación bidimensional de la infiltración del agua en surcos aplicando el gradiente conjugado. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(1), 89-100, DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-06.

El conocimiento de la distribución del bulbo de humedad durante un evento de riego ayuda a comprender de mejor manera la profundidad de mojado. El flujo del agua en suelo es modelado con la ecuación de Richards, sin embargo,

Abstract

Chávez, C., Mota, C., Fuentes, C., & Quevedo, A. (January-February, 2018). *Modeling two-dimensional infiltration of furrow applying the conjugate gradient*. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 9(1), 89-100, DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-06.

Knowledge of the bulb moisture distribution during an irrigation event helps to better understand the depth of wet soil. The flow of water in soil is modeled with Richards' equation, however, most solutions require a lot of computational time or the solution is

OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO POR SURCOS MEDIANTE UNA FÓRMULA ANALÍTICA Y SU IMPACTO EN LA REDUCCIÓN DEL AGUA APLICADA

OPTIMIZATION OF FURROW IRRIGATION BY AN ANALYTICAL FORMULA AND ITS IMPACT ON THE REDUCTION OF WATER APPLIED

Carlos A. Chávez-García¹, Carlos Fuentes-Ruiz^{2*}

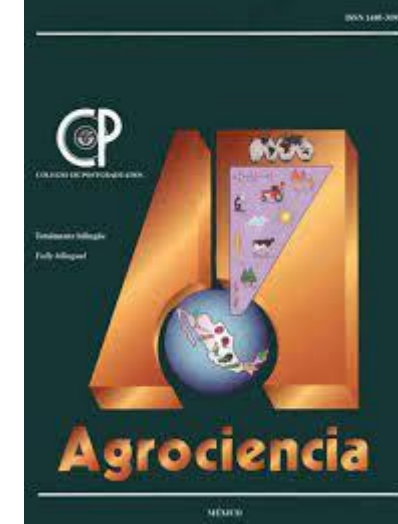
¹Centro de Investigaciones del Agua, Universidad Autónoma de Querétaro, C.U. Cerro de las Campanas, 76010, Querétaro, México. ²Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 62550 Jiutepec, Morelos, México. (cbfuentesr@gmail.com)

RESUMEN

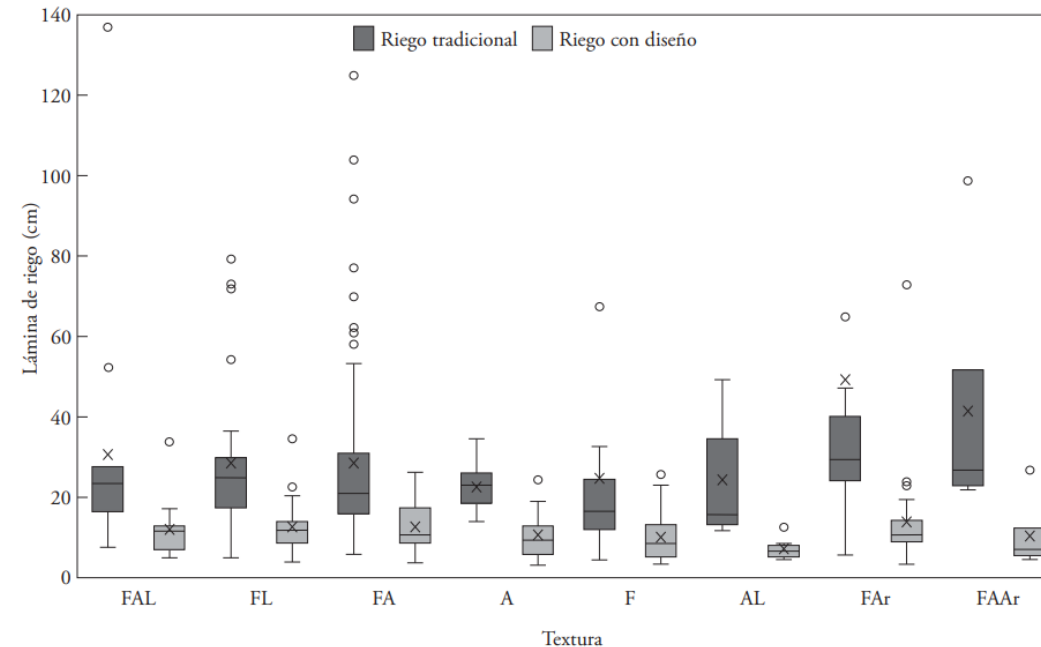
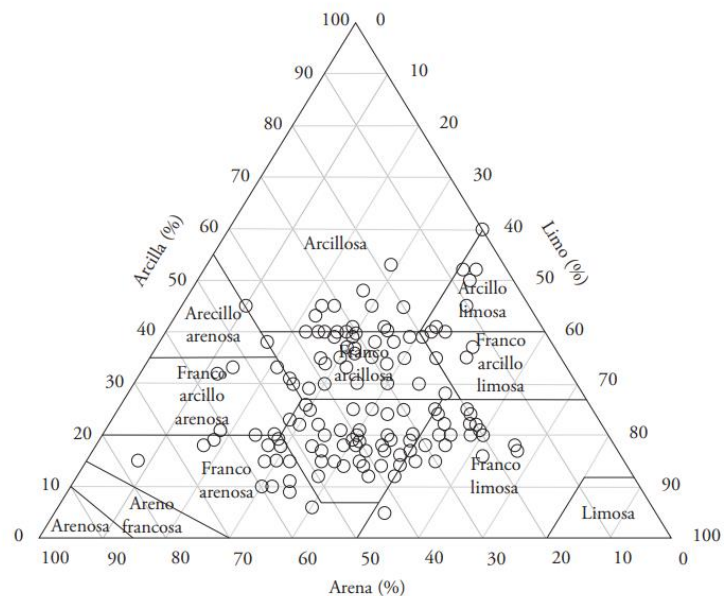
El método de riego por gravedad es el más utilizado en los 85 Distritos de Riego de México. Uno de los principales problemas es la pérdida considerable, por la selección del caudal de riego inapropiado, causada por el diseño incorrecto de la longitud de riego o del gasto de riego. El objetivo de este estudio fue demostrar que a partir de la evaluación de una prueba de riego, datos de la parcela y lámina neta a aplicar puede calcularse el gasto óptimo para cada surco durante un riego. La hipótesis fue que con este gasto pueden disminuirse las

ABSTRACT

The gravity irrigation method is the most frequently used in the 85 Irrigation Districts in Mexico. One of the main problems is the considerable loss caused by the incorrect design of the irrigation longitude or the irrigation flow rate, from the selection of the inappropriate irrigation flow. The objective of this study was to demonstrate that from the evaluation of an irrigation test, the optimal flow rate can be calculated for each furrow during irrigation from data obtained from the plot and the net irrigation depth to be



2018





Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023

• Nami Morales-Durán • Anaí de la Torre-González •
• Víctor García-Sánchez • Carlos Chávez* •
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México
*Autor para correspondencia

DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-04

Resumen

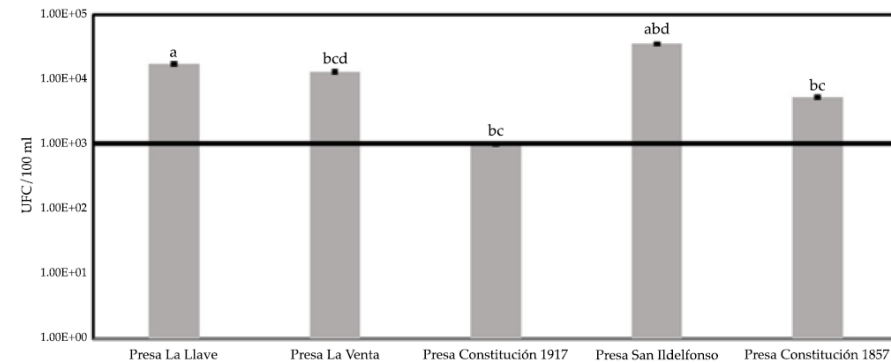
Morales-Durán, N., De la Torre-González, A., García-Sánchez, V., & Chávez, C. (enero-febrero, 2018). Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(1), 53-67, DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-04.

San Juan del Río, Querétaro (México), es una de las regiones industriales más importantes del estado, lo que ha llevado a un gran desarrollo demográfico y el incremento en la demanda de recursos para satisfacer las necesidades de la

Abstract

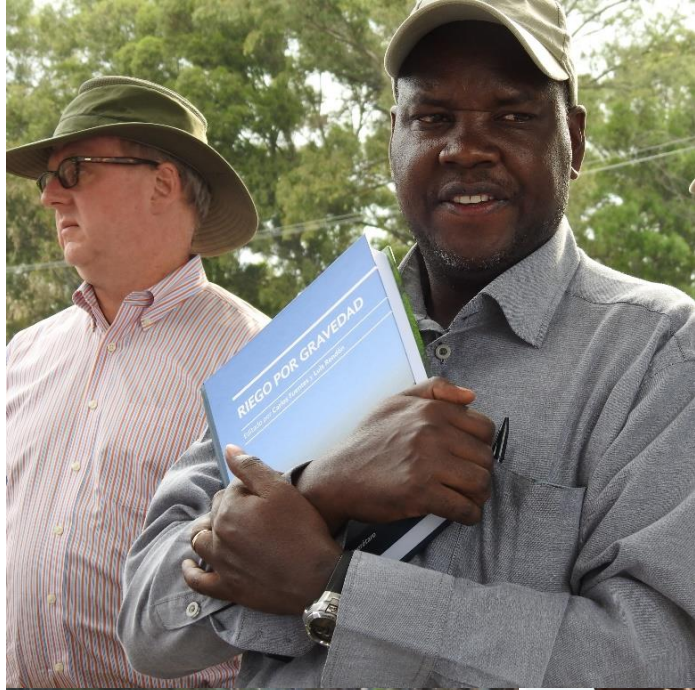
Morales-Durán, N., De la Torre-González, A., García-Sánchez, V., & Chávez, C. (January-February, 2018). Study of the bacteriological quality and physiochemical parameters of water from the Irrigation District 023. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 53-67, 9(1), DOI: 10.24850/j-tyca-2018-01-04.

San Juan del Río, Querétaro (Mexico), is one of the most important industrial regions of the state, which has led to a great demographic development and the increase in the demand of resources to meet the needs of the growing population, especially in water resources



Visita de la Delegación de Kenia







Exportar el conocimiento!



Article

Modeling Soil Water Redistribution under Gravity Irrigation with the Richards Equation

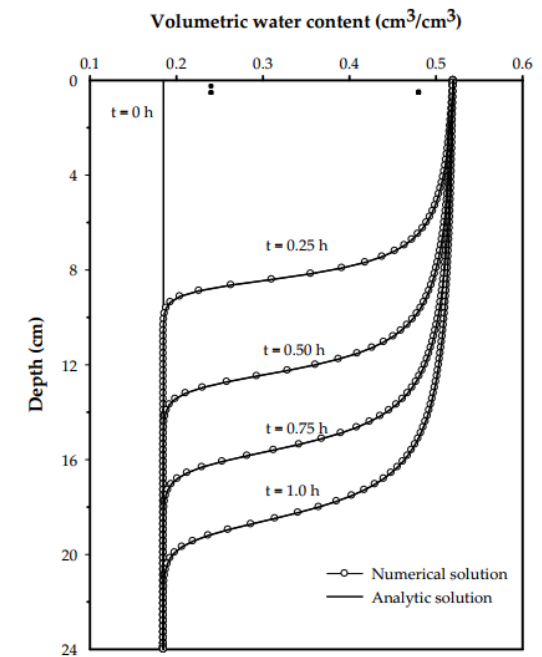
Sebastián Fuentes ¹, Josué Trejo-Alonso ¹ , Antonio Quevedo ², Carlos Fuentes ² and Carlos Chávez ^{1,*} 

¹ Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas 76010, Queretaro, Mexico; sefuca.1196@gmail.com (S.F.); josue.trejo@uaq.mx (J.T.-A.)

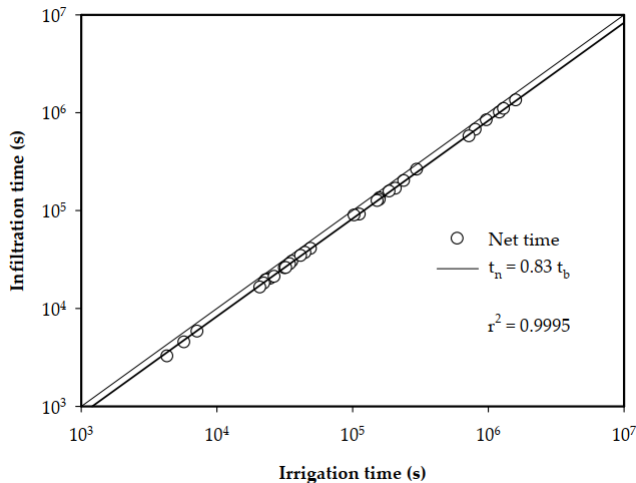
² Mexican Institute of Water Technology, Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Jiutepec, Morelos 62550, Mexico; jose_quevedo@tlaloc.imta.mx (A.Q.); cbfuentesr@gmail.com (C.F.)

* Correspondence: chagcarlos@uaq.mx; Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036)

Received: 1 September 2020; Accepted: 9 September 2020; Published: 13 September 2020



(a)



Article

Analytic Representation of the Optimal Flow for Gravity Irrigation

Carlos Fuentes ¹ and Carlos Chávez ^{2,*}

¹ Mexican Institute of Water Technology, Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Jiutepec, 62550 Morelos, Mexico; cbfuentesr@gmail.com

² Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, 76010 Queretaro, Mexico

* Correspondence: chagcarlos@uaq.mx; Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036)

Received: 7 September 2020; Accepted: 26 September 2020; Published: 27 September 2020

Article


Evaluation and Development of Pedotransfer Functions for Predicting Saturated Hydraulic Conductivity for Mexican Soils

Josué Trejo-Alonso ¹, Antonio Quevedo ², Carlos Fuentes ² and Carlos Chávez ^{1,*}

¹ Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas 76010, Queretaro, Mexico; josue.trejo@uaq.mx







² Mexican Institute of Water Technology, Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Jiutepec, Morelos 62550, Mexico; jose_quevedo@tlaloc.imta.mx (A.Q.); cbfuentesr@gmail.com (C.F.)

* Correspondence: chagcarlos@uaq.mx; Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036)

 check for

Article

Saturated Hydraulic Conductivity Estimation Using Artificial Neural Networks

Josué Trejo-Alonso ¹, Carlos Fuentes ^{2,*}, Carlos Chávez ^{1,*}, Antonio Quevedo ², Alfonso Gutierrez-Lopez ³ and Brandon González-Correa ⁴

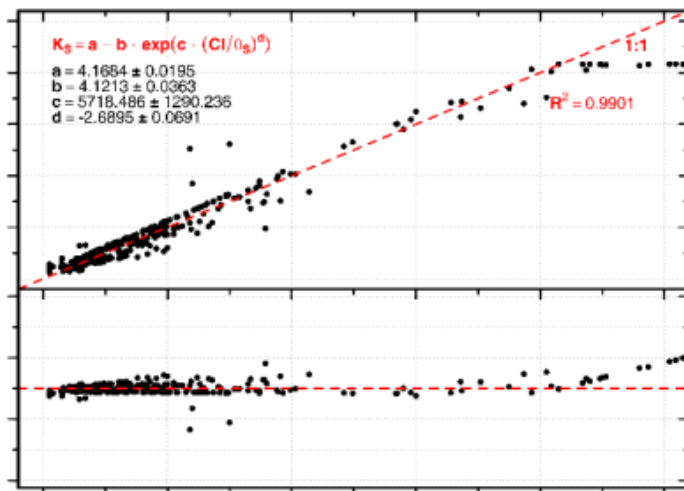
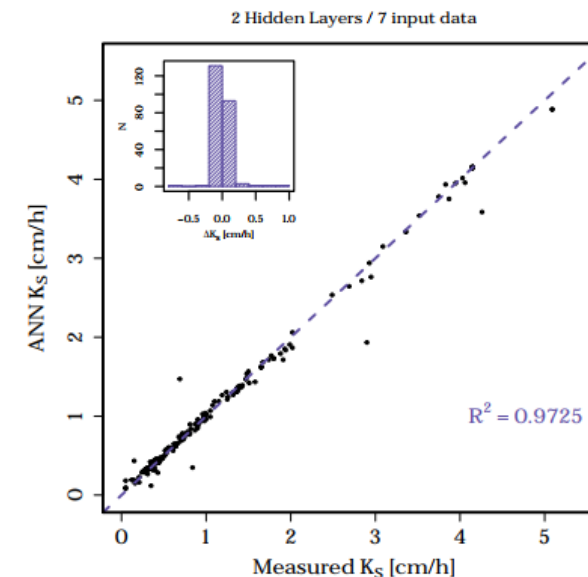
¹ Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, Queretaro 76010, Mexico; josue.trejo@uaq.mx

² Mexican Institute of Water Technology, Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Jiutepec 62550, Mexico; jose_quevedo@tlaloc.imta.mx

³ Water Research Center, Centro de Investigaciones del Agua-Queretaro (CIAQ), International Flood Initiative, Latin-American and the Caribbean Region (IFI-LAC), International Hydrological Programme (IHP-UNESCO), Universidad Autonoma de Queretaro, Queretaro 76010, Mexico; alfonso.gutierrez@uaq.mx



⁴ Engineering Faculty, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, Queretaro 70610, Mexico; gonzalezcorrea.fm1@gmail.com

* Correspondence: cbfuentesr@gmail.com (C.F.); chagcarlos@uaq.mx (C.C.); Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036) (C.C.)



Article

Water-Use Efficiency and Productivity Improvements in Surface Irrigation Systems

Carlos Chávez ^{1,*} , Isaías Limón-Jiménez ², Baldemar Espinoza-Alcántara ³, Jacobo Alejandro López-Hernández ³, Emilio Bárcenas-Ferruzca ³ and Josué Trejo-Alonso ¹ 

¹ Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, 76010 Queretaro, Mexico; josue.trejo@uaq.mx

² National Agrarian Registry (RAN), Delegation Queretaro, Cto. Moisés Solana 189, Balastradas, 76079 Queretaro, Mexico; isaiaslj@yahoo.com.mx

³ Water Users Association of Second Unit of Module Two, Irrigation District No. 023, Av. Panamericana No. 86, El Sauz Alto, Pedro Escobedo, 76700 Queretaro, Mexico; baldemar_e@hotmail.com (B.E.-A.); jackbuitre@gmail.com (J.A.L.-H.); eb_f@hotmail.com (E.B.-F.)

* Correspondence: chagcarlos@uaq.mx; Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036)

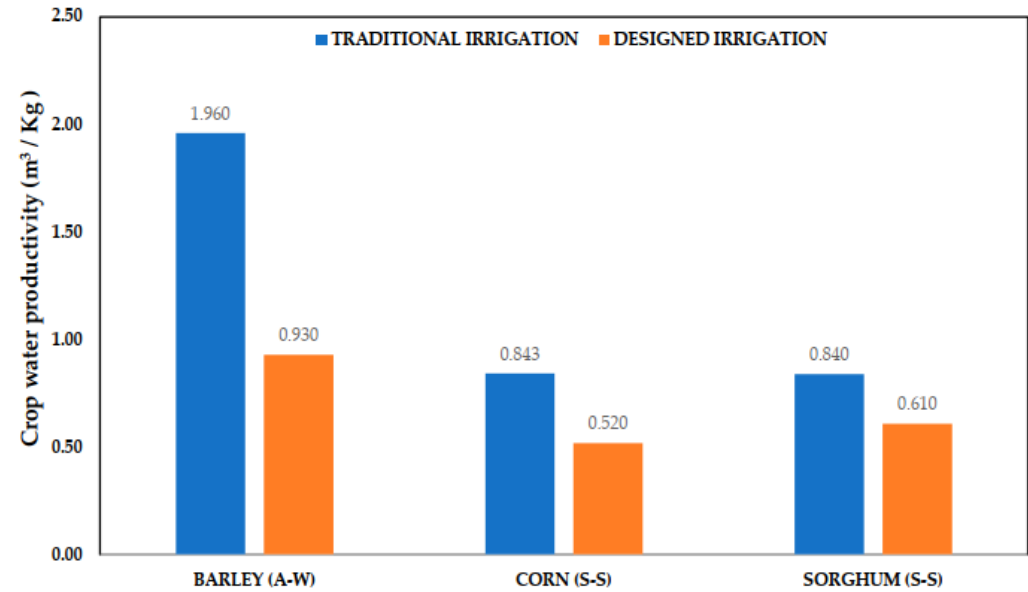



Figure 7. The water productivity obtained by cycle.

Article

Modeling of Border Irrigation in Soils with the Presence of a Shallow Water Table. I: The Advance Phase

Sebastián Fuentes  and Carlos Chávez ^{*} 





Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de Las Campanas SN, Col. Las Campanas, Queretaro 76010, Mexico; sebastian.fuentes@uaq.mx

* Correspondence: chagcarlos@uaq.mx; Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036)

Abstract: The overelevation of the water table in surface irrigation plots is one of the main factors affecting salinization in agricultural soils. Therefore, it is necessary to develop simulation models that consider the effect of a shallow water table in the process of advance-infiltration of the water in an irrigation event. This paper, the first in a series of three, develops a simple mathematical model for the advance phase of border irrigation in soils with the presence of a shallow water table. In

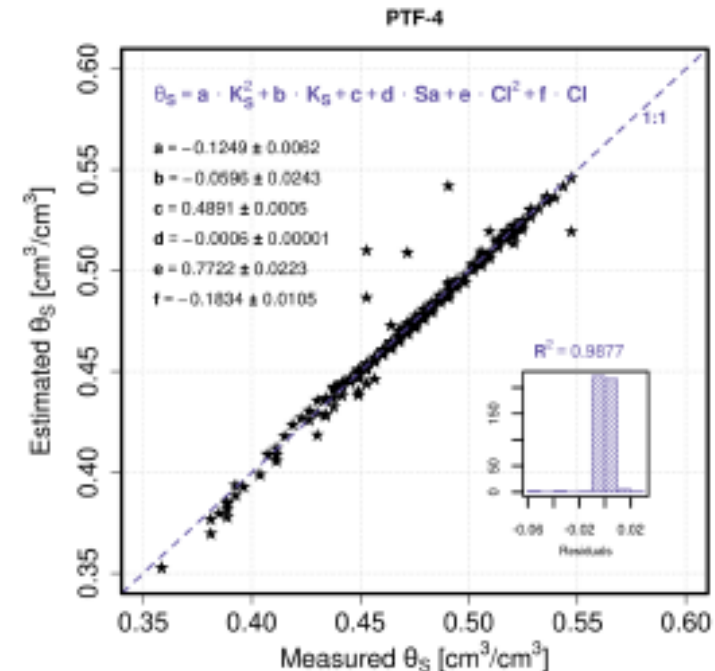
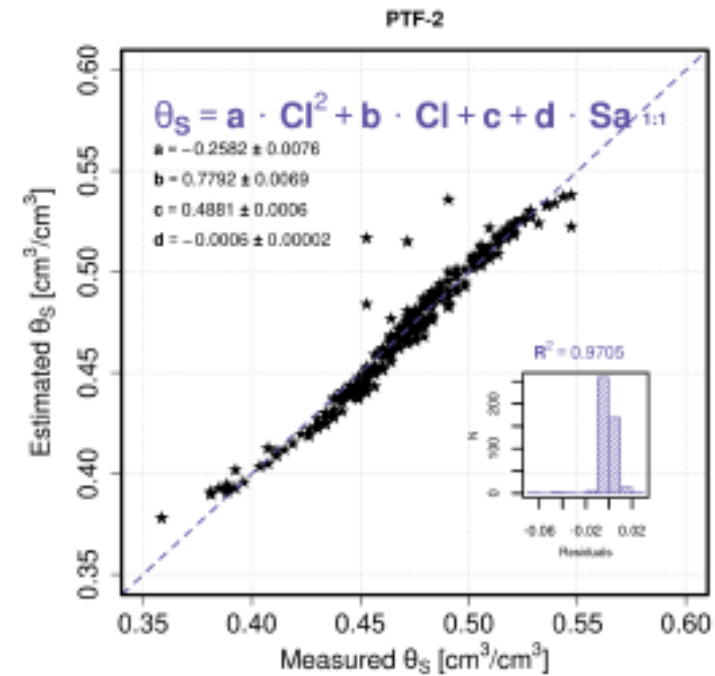
Article

Evaluation and Development of Pedotransfer Functions and Artificial Neural Networks to Saturation Moisture Content Estimation

Josué Trejo-Alonso ¹, Sebastián Fuentes ², Nami Morales-Durán ^{3,4} and Carlos Chávez ^{2,*}

- ¹ Engineering Faculty, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, Santiago de Querétaro 76010, Queretaro, Mexico
 - ² Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, Santiago de Querétaro 76010, Queretaro, Mexico
 - ³ Chemical Sciences Faculty, Autonomous University of Nuevo Leon, San Nicolas de los Garza 66451, Nuevo Leon, Mexico
 - ⁴ Research Center for Biotechnology and Nanotechnology, Chemical Sciences Faculty, Research and Technological Innovation Park, Autonomous University of Nuevo Leon, Apodaca 66629, Nuevo Leon, Mexico
- * Correspondence: chagcarlos@uaq.mx; Tel.: +52-442-192-1200 (ext. 6036)

Abstract: Modeling of irrigation and agricultural drainage requires knowledge of the soil hydraulic properties. However, uncertainty in the direct measurement of the saturation moisture content (θ_s) has been generated in several methodologies for its estimation, such as Pedotransfer Functions (PTFs) and Artificial Neuronal Networks (ANNs). In this work, eight different PTFs were developed for the (θ_s) estimation, which relate to the proportion of sand and clay, bulk density (BD) as well as the saturated hydraulic conductivity (K_s). In addition, ANNs were developed with different combinations of input



Article

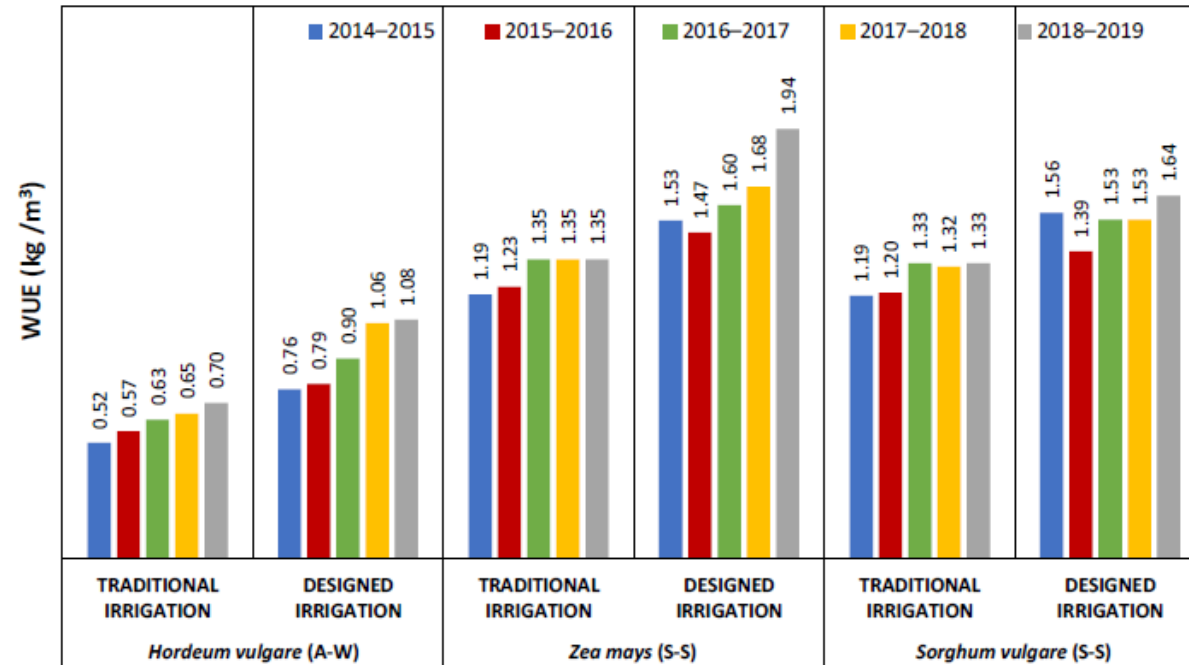
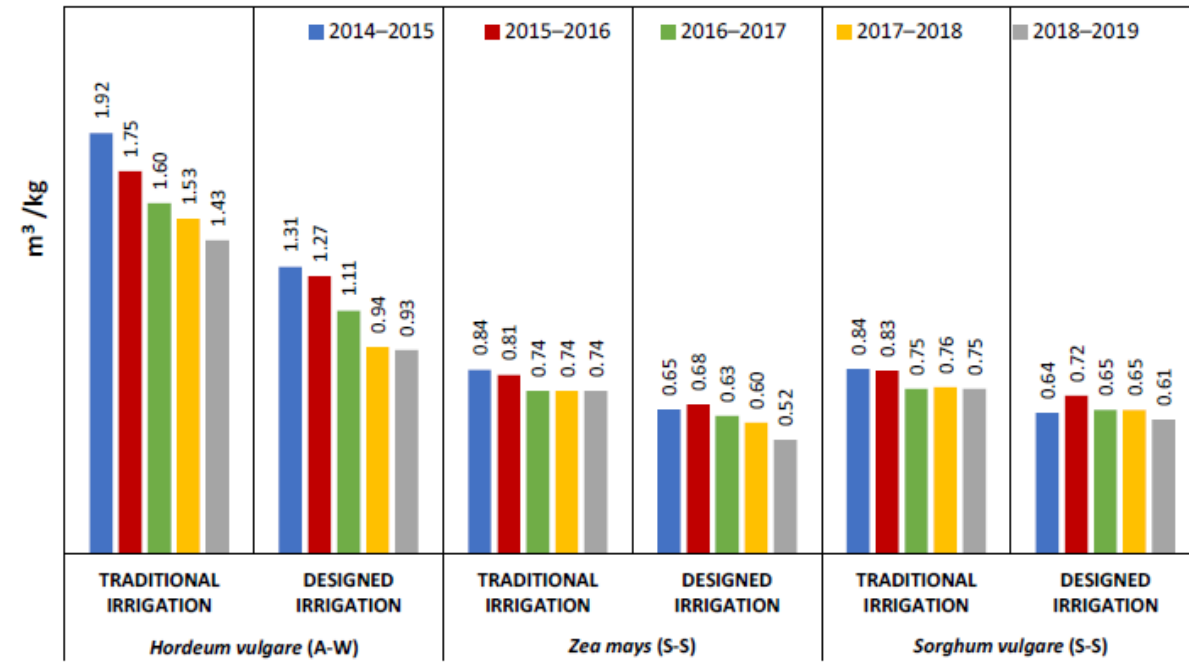
How Surface Irrigation Contributes to Climate Change Resilience—A Case Study of Practices in Mexico

Carlos Chávez ^{1,*}, Sebastián Fuentes ¹, Carlos Fuentes ^{2,*}, Fernando Brambila-Paz ³ and Josué Trejo-Alonso ^{1,*}



- ¹ Water Research Center, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Autonomous University of Queretaro, Cerro de las Campanas SN, Col. Las Campanas, Queretaro 76010, Mexico; sebastian.fuentes@uaq.mx
- ² Mexican Institute of Water Technology, Paseo Cuauhnahuac Num. 8532, Jiutepec 62550, Mexico
- ³ Department of Mathematics, Faculty of Science, National Autonomous University of Mexico, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior SN, Delegación Coyoacán, Ciudad de México 04510, Mexico; fernandobrambila@gmail.com
- * Correspondence: chagcarlos@uaq.mx (C.C.); cbfuentesr@gmail.com (C.F.); josue.trejo@uaq.mx (J.T.-A.)

Abstract: Climate change has brought increased temperatures and decreased rainfall on a global scale; however, population growth requires greater volumes of water and food each year that must be supplied in one way or another. In Mexico, application efficiencies in gravity irrigation are below 50%. Although in recent years the decision has been made to change to pressurized irrigation systems to increase the efficiency of water use, border or furrow irrigation is still the most widely used in agriculture. In this work, we show that with a methodology developed and applied in these systems,



nature > scientific data > data descriptors > article

Data Descriptor | [Open Access](#) | Published: 04 July 2023

A soil database from Queretaro, Mexico for assessment of crop and irrigation water requirements

[Nami Morales-Durán](#), [Sebastián Fuentes](#) & [Carlos Chávez](#) ✉

Scientific Data 10, Article number: 429 (2023) | [Cite this article](#)

855 Accesses | [Metrics](#)

Abstract

Several studies have assessed crop water requirements based on soil properties, but these have been on a small scale or on soils with similar textures. Here, a data base of soil measurements in the field and laboratory from sites across Irrigation District 023, San Juan del Rio, Queretaro, Mexico was sampled, collected, analyzed, and integrated. The data base, named, *NaneSoil*, contains information on 900 samples obtained from irrigated plots. *NaneSoil* cover 10 of the 12 textural classes with the following information: sand, silt, clay contents, bulk density, saturated volumetric water content, field capacity, permanent wilting point and

Download PDF

Sections Figures References

Abstract

[Background & Summary](#)

[Methods](#)

[Data Records](#)

[Technical Validation](#)

[Usage Notes](#)

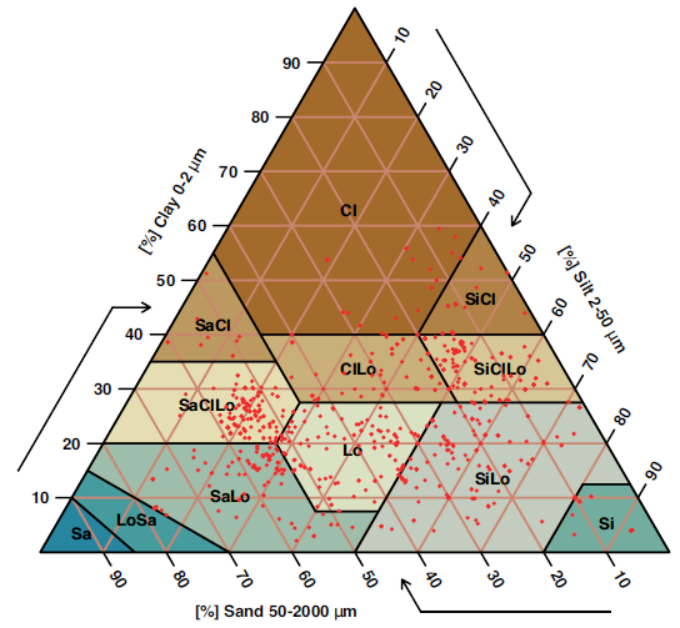
[Code availability](#)

[References](#)

[Acknowledgements](#)

[Author information](#)

[Ethics declarations](#)



<https://www.nature.com/articles/s41597-023-02332-7>

Column	Información	Unidades
A	Identificador de la muestra	
B	Coordenada Este	UTM zona 14
C	Coordenada Norte	UTM zona 14
D	Área representativa	hectáreas
E	Contenido de arena	%
F	Contenido de limo	%
G	Contenido de arcilla	%
H	Clasificación textural	--
I	Densidad aparente	g/cm ³
J	Contenido de humedad a saturación	cm ³ /cm ³
K	Contenido de humedad a capacidad de campo	cm ³ /cm ³
L	Contenido de humedad a punto de marchitamiento permanente	cm ³ /cm ³
M	Conductividad hidráulica saturada	cm/h

PARA PODER BRINDAR UNA ASESORÍA ADECUADA, DEBEMOS ENTENDER EL FENÓMENO DEL RIEGO POR GRAVEDAD:
TEORÍA, PRÁCTICA Y HERRAMIENTAS QUE PODEMOS USAR



La Ciencia y la Tecnología al servicio del
productor 😊



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Sotillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



GRACIAS!

Dr. Carlos Chávez

Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje
Centro de Investigaciones del Agua
Universidad Autónoma de Querétaro



chagcarlos@uaq.mx

Fecha de presentación: 06 de octubre de 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

