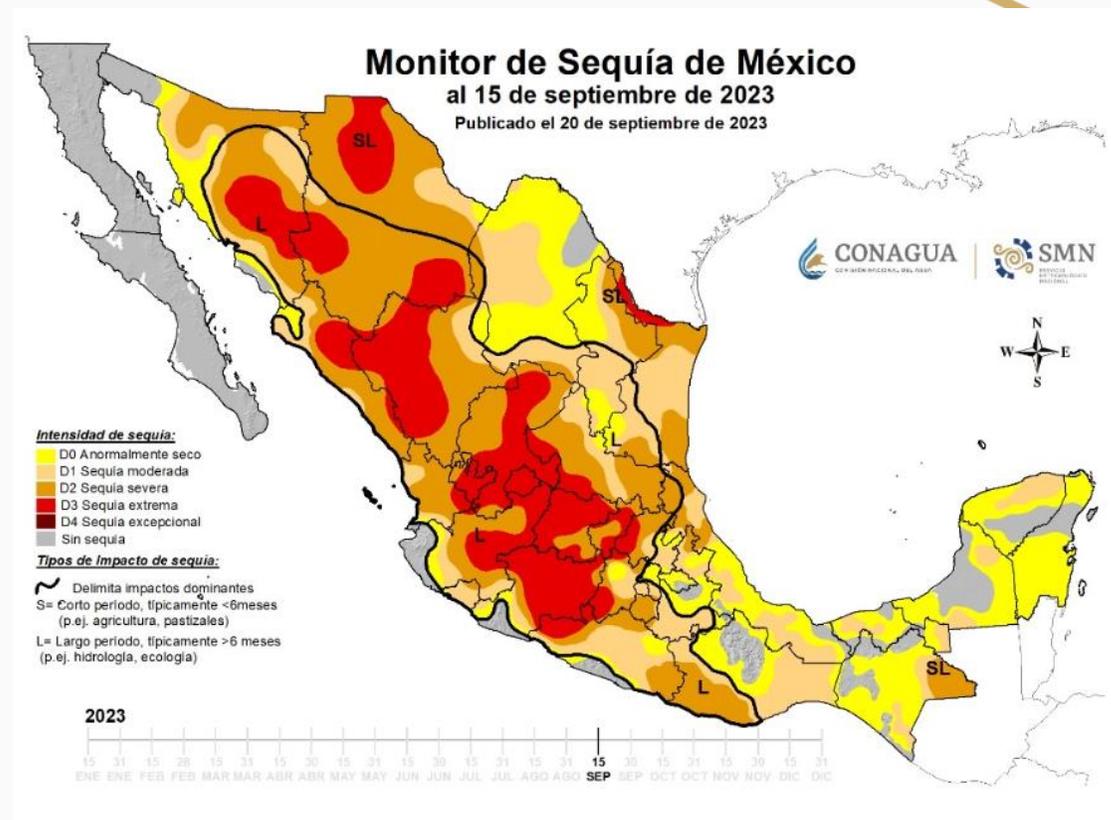


Introducción

- El cultivo de trigo en el sur de Sonora consume el mayor volumen de agua del resto del padrón debido a la mayor superficie que ocupa (284,587 ha) según datos estadísticos del SIAP (2022).

-Mediante el uso eficiente del recurso agua se puede enfrentar escenarios de escasez que reduzcan la dotación volumétrica e impidan ejercer programas normales de siembra o condicionar a una determinada superficie.

-Para lograr esto, es imprescindible aplicar el riego con precisión acorde con las características hidro-físicas del suelo y los requerimientos hídricos de los cultivos en función de la fenología y el clima.



Introducción

Una de las herramientas utilizadas actualmente es la que utiliza el método de Reflectometría de Dominio Temporal (TDR, por sus siglas en inglés), este dispositivo mide en tiempo real el tiempo en que una onda electromagnética se desplaza a lo largo de una guía (permisibilidad dieléctrica) y se transforma a Humedad volumétrica, lámina y volumen de agua, que no es posible con otros dispositivos como tensiómetros y bloques de yeso.



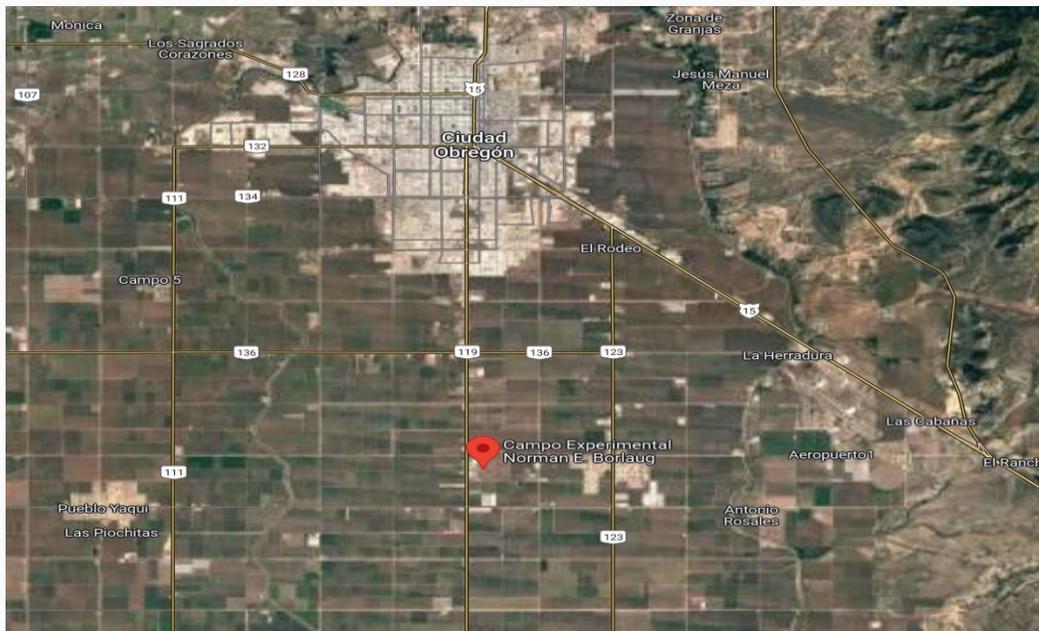


Objetivo

Parametrización de los componentes para la programación integral del riego en el cultivo de trigo utilizando TDR portátil para la zona sur del estado de Sonora.

Materiales y Métodos

Los trabajos se realizaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en la zona de influencia del Sitio Experimental Valle del Mayo en la zona sur del Estado de Sonora. Los suelos predominantes son de textura arcillosa con una humedad aprovechable (HA) de 0.15 – 0.17 cm³/cm³, pobre en materia orgánica y sin problemas de sales.





Materiales y Métodos

Descripción de componentes

1- Contenido de humedad del suelo

- Humedad Volumétrica TDR portátil

2- Suelo (Propiedades físicas)

- Textura
- Densidad aparente (D_a)
- Contantes hídricas (CC y PMP)

3- Clima (Eto)

- Considera los parámetros para las condiciones características de la zona y utiliza las estaciones climáticas cercanas.

4- Cultivo

- Se parametrizo específicamente para el cultivo de trigo mediante un seguimiento fenológico basado en grados día acumulados (GDA).

Materiales y Métodos

Descripción de componentes

1- *Contenido de humedad del suelo.*

Toma de lectura
con el sensor

- En puntos específicos a profundidad de 0-20 cm expresando el resultado en periodo (mS).
- Simultáneamente se toma muestra de suelo en el mismo punto para la determinación de la humedad gravimétrica (W_g).

$W_v = W_g \times D_a$

- Los valores de humedad obtenidos de la muestra de suelo se expresan en términos de humedad volumétrica (W_v).
- El valor de densidad aparente (D_a) se recomienda que se obtengan por algún método de campo.

Muestra CC y
PMP

- La muestra con el sensor y la muestra de suelo se toman en dos puntos.
- En suelo con humedad en condiciones de capacidad de campo (CC) y en suelo en condiciones lo más cercanas a punto de marchitez permanente (PMP).

Materiales y Métodos

Descripción de componentes

1- *Contenido de humedad del suelo.*



Curva
Calibrada

- Se grafica los dos pares de datos obtenidos (periodo mS y humedad volumétrica %) en los puntos de muestreo, se aplica una línea de tendencia (lineal) al grafico para generar la curva.



Obtención
de datos

- Los resultados de la curva pueden extrapolarse con la ecuación obtenida y así generar tablas para obtener los valores de contenido de humedad según las lecturas del sensor en periodo (mS).

Materiales y Métodos

Suelo

Constantes hídricas. Muestreo de perfil de suelo a una profundidad de 1.2 m, se tomaron muestra cada 30 cm para analizarse en laboratorio. Se estimaron las constantes hídrica del suelo (CC y PPM).

Textura y Densidad aparente. Se calculó la densidad aparente (D_a) por el método del plástico en campo y la textura se estimó en laboratorio por el método de Bouyoucos. Se midió la conductividad eléctrica (CE) de las muestras procesadas en laboratorio para conocer el índice de salinidad del suelo y no sobrepasar las especificaciones requeridas por el sensor (> 2 dS/m).



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



Materiales y Métodos

Cultivo

Fenología. Mediante observación directa de estudio realizado sobre requerimientos hídricos del trigo con tres tratamientos de riego (2, 3 y 4 auxilios), se monitoreo la aparición de etapas fenológicas según la guía para la caracterización fenotípica de trigo de Pask et al., (2013). Para conocer el contenido de humedad actual al momento del riego se hicieron mediciones antes de su aplicación.

Criterio de Riego (CR). Se obtuvo de estudio realizado sobre requerimientos hídricos del trigo con tres tratamientos de riego (2, 3 y 4 auxilios). Para la calibración de parámetros se utilizó el CR del calendario con 3 riegos que fue el que presento el rendimiento más alto.

Coefficiente de cultivo (Kc) y Profundidad radicular (Pr). Ambos valores se obtuvieron del Manual de Evapotranspiración de Cultivos FAO-56 ajustados a etapas fenológicas.

Materiales y Métodos

Clima

Evapotranspiración de referencia (Eto). Se utilizaron las bases de datos generadas por la red estaciones climáticas REMAS-SIAFESON (<http://www.siafeson.com/remas/>) que utilizan el método Penman-Monteith (Allen et al., 1998) para su cálculo.

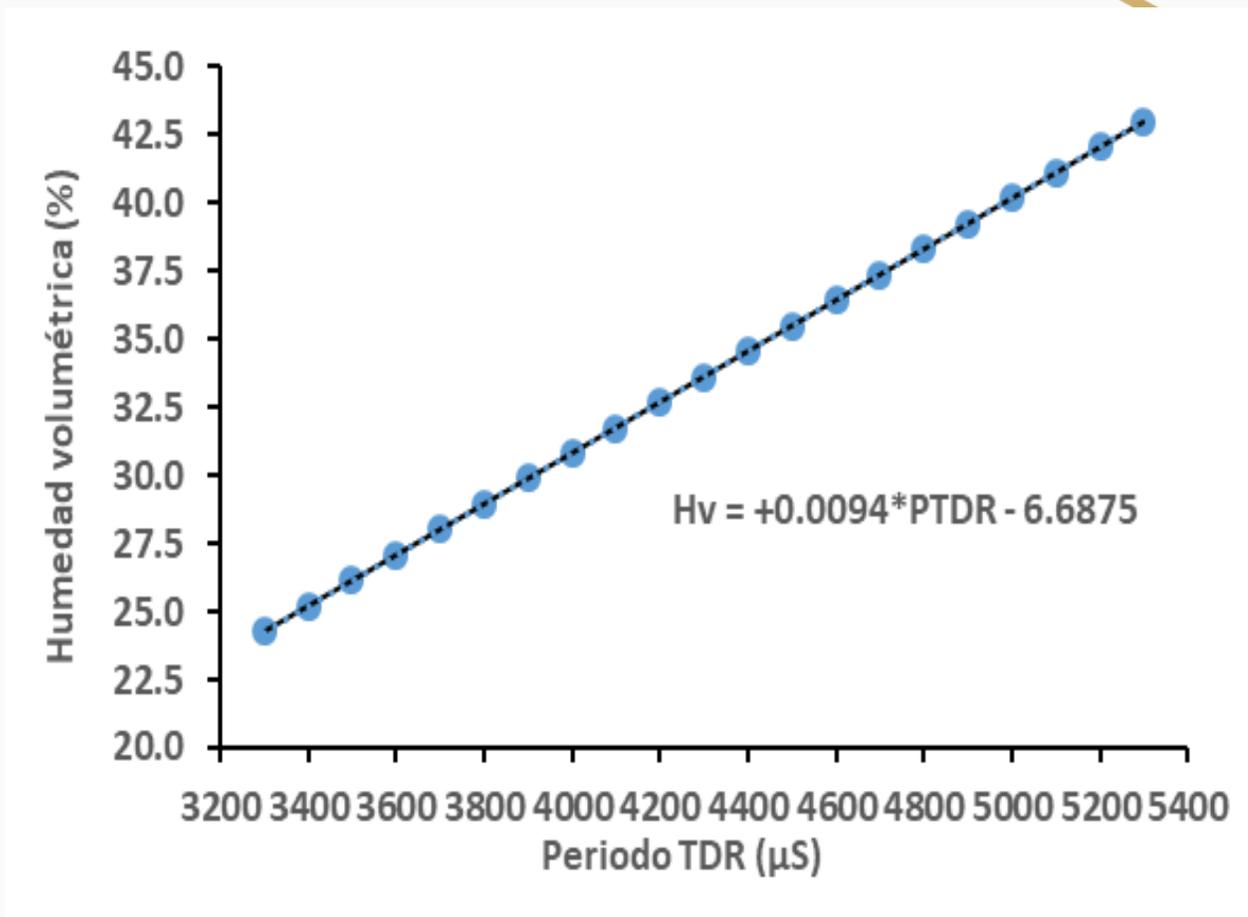


Resultados

Metodología para la programación integral del riego con TDR

Contenido de humedad volumétrica (Hv) con TDR portátil

$$H_v = +0.0094 \times \text{PTDR} - 6.6875$$



Resultados

Constantes hídricas (CC y PMP), Textura y densidad aparente (Da)

Prof-cm	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura	CC (%)	PMP(%)	Da(g/cm ³)
0-30	21.4	20.2	58.4	R	40.8	21.3	1.16
30-60	20.0	19.6	60.4	R	40.9	19.4	1.23
60-90	15.4	22.2	62.4	R			
90-120	10.8	28.0	61.2	R			

Los valores de CC y PMP fueron ajustados a las constantes de humedad (Hv) por textura de Rawls y Brakensiek (1983) para suelo de textura arcillosa (CC = 43% y PMP = 28%). Densidad aparente se obtuvo en campo (0-30 y 30-60 cm) por el método del plástico (1.2 g/cm³).

Resultados

Cultivo

Etapa	GDA	Pr (cm)	Kc	CR (%)
Germinación-emergencia	0	6	0.2	
Producción de hojas de del tallo principal	155	14	0.22	
Producción de amacollo	325	36	0.54	
Producción de nudos tp(encañado)	450	53	0.79	65
Vaina engrosada (embuche)	563	64	0.95	
Espigado	664	71	1.05	
Antesis-floración	790	76	1.10	55
Grano acuoso	969	79	1.02	
Grano lechoso	1115	80	0.83	
Grano masoso	1286	80	0.50	65
Madurez fisiológica	1504	80	0.2	

Resultados

Clima

Evapotranspiración de referencia, Eto. Sibolibampo.

MES	DECENA	ETo (mm)		
		DIARIA	DECENAL	MENSUAL
DICIEMBRE	1	4.1	41.0	126.8
	2	4.3	42.8	
	3	3.9	43.0	
ENERO	1	3.7	36.7	119.2
	2	3.9	39.5	
	3	3.9	43.0	
FEBRERO	1	3.8	38.3	111.9
	2	3.9	38.8	
	3	4.3	34.8	
MARZO	1	4.5	44.8	171.9
	2	6.1	60.5	
	3	6.1	66.6	
ABRIL	1	6.3	63.3	219.9
	2	7.4	74.0	
	3	8.3	82.7	

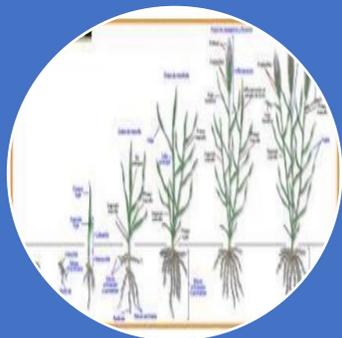
MES	DECENA	ETo (mm)		
		DIARIA	DECENAL	MENSUAL
DICIEMBRE	1	4.0	40.1	129.2
	2	4.5	45.5	
	3	4.0	43.7	
ENERO	1	3.7	37.0	122.1
	2	4.0	39.9	
	3	4.1	45.1	
FEBRERO	1	4.1	40.7	115.8
	2	3.9	39.4	
	3	4.5	35.7	
MARZO	1	4.5	45.0	159.7
	2	5.0	49.8	
	3	5.9	64.8	
ABRIL	1	6.1	60.5	208.0
	2	7.0	69.8	
	3	7.8	77.7	

Evapotranspiración de referencia, Eto. CENEBA.

Aplicación de la metodología.



Determinación de la humedad volumétrica actual (Hact) TDR.



Determinación de la etapa fenológica al momento de tomar la lectura con TDR.

$$MR = CC - (Ha \times CR)$$

Se calcula el MR con base al CR establecido según la etapa fenológica del cultivo. Determinando así el porcentaje de Ha que se dejara agotar.

$$Hres = (Hact - MR) \times Pr$$

Se calcula la Hres.

$$\begin{aligned} \text{Días al riego} &= Hres / ETr \text{ (actual).} \\ ETr &= Eto \text{ (actual)} \times Kc \end{aligned}$$

Se calculan los días al riego utilizando ETr obtenida con la Et0 y el Kc según la etapa fenológica.



Conclusiones.

- La curva de calibración generada (TDR 350) permite aumentar la eficiencia en la gestión del riego mediante un monitoreo rápido y preciso de parcelas.
- Es una herramienta útil para aprovechar la humedad residual de lluvias al momento de la siembra.
- La metodología implementada demostró ser una herramienta practica para productores ya que permite un manejo del riego preciso que se traduce en la obtención de buenos rendimientos.
- Bajo escenarios de disponibilidad de agua normales, permite a los módulos de riego planear, administrar y evaluar el riego acorde a las necesidades del cultivo.
- Bajo escenarios de baja disponibilidad de agua le permite al productor monitorear el nivel de estrés en etapas fenológicas permitiendo definir aquellas donde se puede restringir el riego y así disminuir el estrés hídrico en etapas susceptibles.
- Bajo este mismo escenario la metodología desarrollada es de utilidad para la operatividad de módulos de riego ayudando a priorizar el suministro acorde a las condiciones de humedad del suelo según el cultivo establecido.



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



GRACIAS!

VLADIMIR RUIZ PÉREZ

vdyx@Hotmail.com-6681623643

**FACULTAD DE AGRICULTURA DEL VALLE DEL FUERTE
- UAS**

vladimirruiz@favf.mx

Fecha de presentación: 05 de octubre 2023

