

## **RESPUESTA DEL MAIZ BAJO TRES TÉCNICAS DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL NORTE DE SINALOA**

**Arnulfo Lugo García<sup>1</sup>, Ernesto Sifuentes Ibarra<sup>2</sup>, Waldo Ojeda Bustamante<sup>3</sup>, Vladimir Ruiz Pérez<sup>1</sup>, Jesús Del Rosario Ruelas Islas<sup>1</sup>, Quintín Armando Ayala Armenta<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. C.P. 81110. Avenida Japaraqui calle 16, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

[arnulfo.lugo@uas.edu.mx](mailto:arnulfo.lugo@uas.edu.mx) – 6871390755 (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México. CP.81110.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, 56230 Texcoco, México.

---

### **Resumen**

La producción de maíz en México durante el 2021 fue de 27 503 477.82 toneladas, conseguidas en una superficie de 7 309 546.20 de hectáreas, de las cuales el 74.9% utiliza riego por gravedad. Con este sistema de riego en el norte de Sinaloa se consigue una eficiencia del 45% del agua aplicada al suelo y el resto se desaprovecha al desplazarse fuera de la zona radical lo que genera una alta demanda para la producción. La disponibilidad hídrica para uso agrícola es afectada por la variabilidad de las precipitaciones ocasionada por el cambio climático, lo que obliga a recurrir a métodos que mejoren la eficiencia del riego sin afectar el rendimiento ante escenarios de baja disponibilidad hídrica. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar las técnicas de conservación de agua: riego por surcos alternos (RSA), riego por reducción de gasto (RDG), riego en camas (RCA) y un testigo (TES) con el riego tradicional en todos los surcos. Para la programación de riego se usó la plataforma IRRIMODEL que considera el concepto de días grados. La humedad del suelo se midió antes y después de los riegos de auxilio de 0-30 cm y 30-60 cm con un TDR-300. El RDG fue el que presentó mayor eficiencia de aplicación de agua. Es importante mencionar que se presentaron problemas al realizar el experimento que deben considerarse como lo es, coordinación con el módulo y los regadores para que los gastos entregados se mantenga constante, así como suelos nivelados que mejoren la aplicación del riego.

**Palabras claves:** Productividad del agua, reducción de gasto, surcos alternos.

## Introducción

El maíz es el cereal que más se produce en el mundo, considerándose la principal fuente de alimentación de millones de personas; se utiliza como alimento en animales y en la industria se aprovecha para elaborar aceites, jarabe, harina o como biocombustible para automóviles. En México es un cultivo de importancia alimentaria, social, económico y cultural, su producción se divide en blanco y amarillo, el primero se destina principalmente al consumo humano, mientras que el segundo a la industria o en la elaboración de alimentos balanceados para la producción pecuaria.

La Producción de maíz en 2021 fue de 27 503 477.82 toneladas, mientras que la superficie sembrada en el mismo año fue de 7 309 546.20 de hectáreas (SIAP, 2021). De la producción obtenida en México, Sinaloa aporta el 20.1%, Jalisco 14.3%, México 7%, Guanajuato 7%, Michoacán 6.9%, Chihuahua 5.4%, Guerrero 5.3%, Veracruz 4.6%, Chiapas 4.6%, Puebla 4.1% y el resto de los Estados representan el 20.7% restante.

La encuesta nacional agropecuaria 2019 reportó que el 74.9% de la superficie sembrada en el país utiliza riego por gravedad; con esta técnica en el norte de Sinaloa se consigue una eficiencia del 45% del agua aplicada al suelo y el resto del volumen se desaprovecha al desplazarse fuera de la zona radical (Sifuentes et al., 2015), lo que genera una alta demanda de agua para producción.

La disponibilidad hídrica para uso agrícola es afectada por la variabilidad de las precipitaciones ocasionada por el cambio climático (Flores et al., 2013), lo que obliga a recurrir a tecnologías que mejoren la eficiencia del riego sin afectar el rendimiento ante escenarios de baja disponibilidad hídrica.

Para mejorar la aplicación del riego por gravedad y aumentar su eficiencia es necesario implementar técnicas de conservación de agua que logren reducir el estrés hídrico en el cultivo del maíz, tales como surcos alternos y camas (Ojeda *et al.*, 2014) con los que se alcanza una eficiencia de aplicación del 83.65 % comparado con el manejo convencional (Flores *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar las técnicas de conservación de agua: riego por surcos alternos, riego por reducción de gasto y riego en camas en un híbrido de maíz de reciente incorporación al mercado, para contar con alternativas de mejora de la eficiencia del riego a nivel parcelario en el norte de Sinaloa.

## Materiales y Métodos

### Descripción de la zona de estudio

El estudio se estableció durante el ciclo agrícola otoño-invierno (OI) 2022-2023, en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el norte de Sinaloa, México, con

coordenadas geográficas de 25° 48' 39.6" latitud norte, 109° 01' 30" longitud oeste y a 20 msnm de altitud. En un suelo de textura arcillosa.

## Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron cuatro técnicas de riego: Reducción de gasto (REG), Surcos alternos (RSA), Riego en camas (RCA) y el Testigo (TES), como se describen en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Descripción de tratamientos

Tratamientos	Nombre	Clave	Descripción
1	Reducción de gasto	REG	Gastos altos con dos sifones hasta el 75% de avance del riego y se reduce el gasto a la mitad quitando un sifón.
2	Surcos alternos	RSA	Surcos normales separados a 80 cm donde se riega un surco, el cual se alterna en el siguiente riego. En floración se riega todos los surcos.
3	Camas	RCA	Unión de dos surcos para formar camas de 1.60 m de ancho y 20 cm de altura.
4	Testigo	TES	surcos normales de 80 cm de separación donde todos se riegan.

Se realizó en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, los tratamientos fueron cuatro: riego en camas ( las camas se construyeron juntando dos surcos para formar bordos de 1.60 de ancho y 20 cm de altura), riego en surcos alternos (se hicieron surcos normales donde se regó un surco, el cual se alterna en el siguiente riego; lo cual implica que se riegue el surco que no se usó al momento del siguiente riego), riego con reducción de gasto (se usó gastos altos con dos sifones hasta el 75% de avance del riego y se redujo el gasto quitando un sifón), y el testigo riego en surcos (se regó en todos los surcos ).

Al final se realizó un análisis de varianza para determinar el nivel de significancia entre tratamientos, y se usó el software estadístico MINITAB para comparar las medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## VARIABLES MEDIDAS

Las variables medidas durante el ciclo fenológico del maíz fueron humedad del suelo, láminas y eficiencias de riego, y rendimiento de grano, como se describe a continuación:

Humedad del suelo: se midió con sensor de humedad portátil TDR -300 marca spectrun calibrado localmente, en dos profundidades de 0-30 y 0-60 cm. Las mediciones se realizaron antes y después de cada riego de auxilio.

La láminas y eficiencia del riego se planearon con la Plataforma IRRIMODEL con los datos de suelos, clima, híbrido; luego fueron ajustadas con los gastos y tiempos de riego registrados en el campo al momento de riego.

Para calcular el rendimiento del grano se hizo un muestreo en 10 m, donde se contabilizó el número de mazorcas sanas, las enfermas, el peso del grano y su humedad.

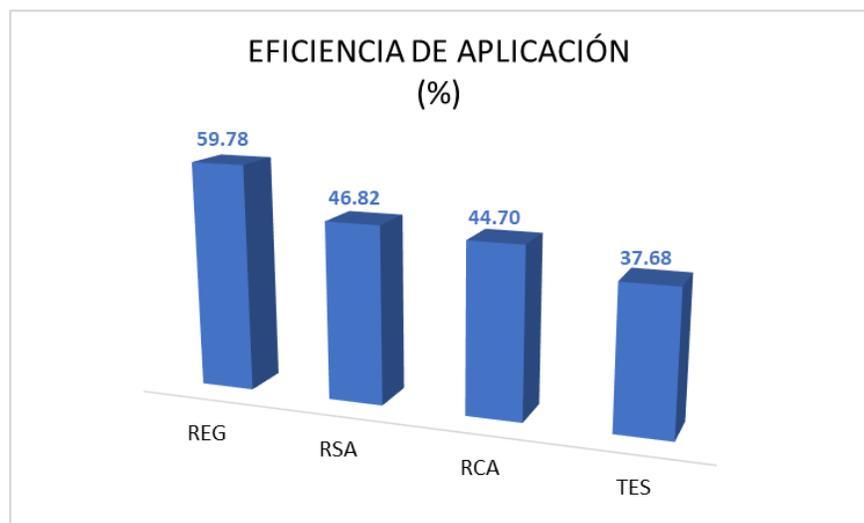
## Resultados y Discusión

En los riegos de auxilio se obtuvo como mejor tratamiento el REG que presentó un ahorro de lámina aplicada acumulada de 45.24 cm comparada con el TES al que se le aplicó 120 cm, el RSA y RCA también muestran una reducción del volumen de agua aplicado como se presenta en el cuadro 1, este ahorro de agua es similar como lo reportado por Flores *et al.* (2014).

**Cuadro 2.** Láminas de riego y eficiencias de aplicación

RIEGOS DE AUXILIO			
TRATAMIENTO	Ln (cm)	Lb (cm)	Ea (%)
REG	44.38	74.24	59.77
RSA	44.47	94.98	46.82
RCA	45.71	102.25	44.70
TES	45.22	120	37.68

Se calculó la eficiencia de aplicación de las láminas de brutas para cada técnica de riego encontrándose que la mayor eficiencia fue con el REG con un 59.77%, seguido de RSA y el RCA, la menor eficiencia fue con el TES como se observa en la figura 1, como lo obtenido por Sifuentes *et al.* (2015).



**Figura 1.** Eficiencia de aplicación del riego.

La figura 2 muestra la productividad del agua por cada una de las técnicas de riego evaluadas. El REG muestra mayor productividad del agua aplicada con un valor de 1.86 kg por cada metro cúbico, lo que indica que esta técnica puede ser utilizada en momentos de baja disponibilidad de agua sin afectar el rendimiento comparado con el riego tradicional.

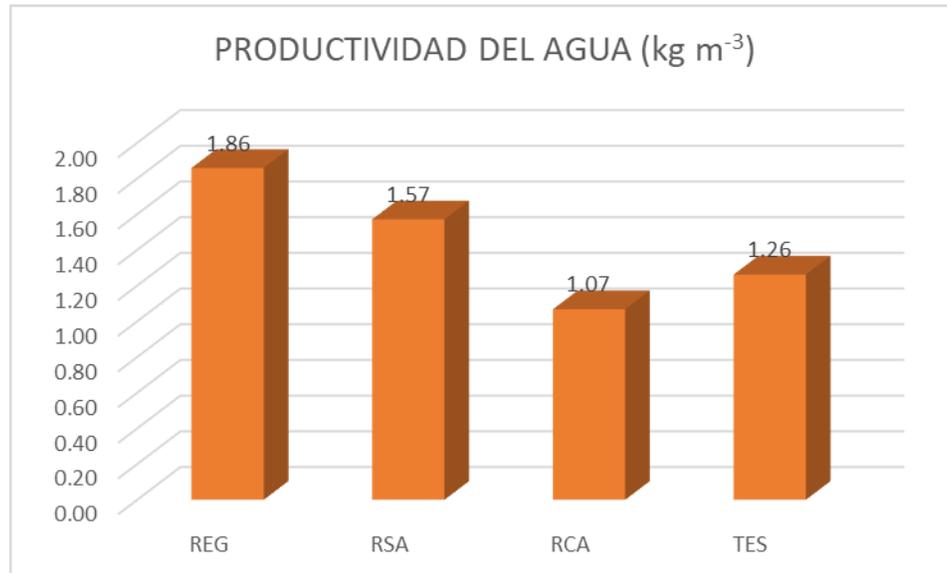


Figura 2. Productividad del agua en diferente técnica de riego.

## Conclusiones

En un escenario de baja disponibilidad de agua para el riego por gravedad en el cultivo del maíz en suelos de textura arcillosa es recomendable usar la técnica de riego por reducción de gasto que mejora la eficiencia de aplicación, con ello se garantiza un ahorro aproximado del 61.86% de lámina bruta acumulada sin afectar el rendimiento comparado con el riego tradicional donde se riega todos los surcos.

## Referencias Bibliográficas

- Flores-Gallardo, H., Ojeda-Bustamante, W., Flores-Magdaleno, H., Sifuentes-Ibarra, E., y Mejía-Saénz, E. (2013) Simulación del rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el norte de Sinaloa usando el modelo AquaCrop. *Agrociencia* (1996), 47(4), 347-359.
- Flores-Gallardo, H., Sifuentes-Ibarra, E., Flores-Magdaleno, H., Ojeda-Bustamante, W., y Ramos-García, C. R. (2014) Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 241-252.

Sifuentes-Ibarra, E., Macías-Cervantes, J., Ruelas-Islas, J. del R., Preciado-Rangel, P., Ojeda-Bustamante, W., Inzunza-Ibarra, M. A., y Samaniego-Gaxiola, J. A. (2015) Mejoramiento del grado de uso del nitrógeno en maíz mediante técnicas parcelarias de riego por superficie. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1903–1914.

Sifuentes-Ibarra, E., Ojeda-Bustamante, W., Macías-Cervantes, J., Mendoza-Pérez, C., y Preciado-Rangel, P. (2021) Déficit hídrico en maíz al considerar fenología, efecto en rendimiento y eficiencia en el uso del agua. *Agrociencia* (1996), 55(3), 209–226.

Sifuentes-Ibarra, E., y Macías-Cervantes, J. (2015) “IRRIMODEL” Programación Integral y gestión del riego a través de internet, manual de usuario versión 3.0. INIFAP-CTRNO-CEVAF. Publicación especial No. 45 Juan José Ríos, Sinaloa, México.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Información Estadística de la Producción Agrícola Mexicana. México. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/) (Consulta: enero del 2023).