



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



# MONITOREO FENOLÓGICO DEL MAÍZ CON IMÁGENES SATELITALES EN MÓDULOS DE RIEGO (Primer año de transferencia)

Ernesto Sifuentes-Ibarra\*; Sergio Iván Jiménez-  
Jiménez; Mariana de Jesús Marcial-Pablo; Felicitas  
Valeria Estrada Peralta; Jaime Macías-Cervantes



Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



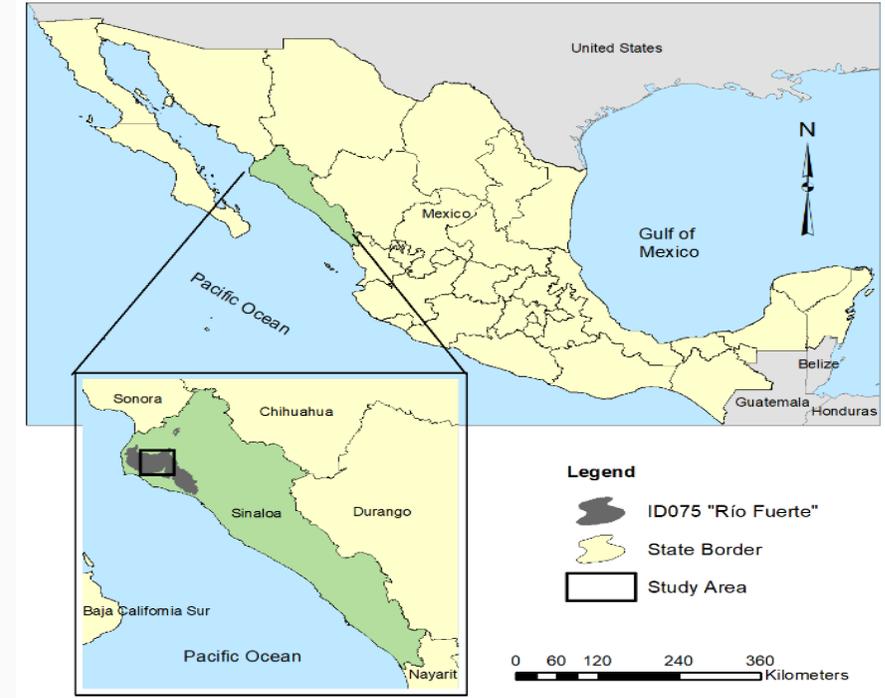
# INTRODUCCIÓN

- ❑ Se carecen de un proceso práctico y eficiente de servicio de riego en los DR's de México (programación-entrega-seguimiento), lo cual agrava escenarios de sequía
- ❑ Se requiere de acciones no estructurales para mejorar el servicio de riego, como el monitoreo de la fenología de cultivos, sin embargo, su aplicación es limitada por grandes volúmenes de información, diversidad de manejo de cultivos, variabilidad espacial y variabilidad climática
- ❑ OI 2021-2022: validación de la metodología: módulo de riego Batequis II-3, DR075
- ❑ OI 2022-2023: primer año de transferencia: el módulo de riego Batequis II-3, DR075
- ❑ **OBJETIVO:** se presenta un análisis del primer año de la transferencia de la tecnología usando una estrategia a la medida,, estimado los impactos en términos de ahorros y productividad del agua.
- ❑ Servicio de riego tradicional: 1) productor solicita el riego en forma empírica y subjetiva, 2) el módulo elabora programa semanal y 3) conducción y entrega (Ojeda-Bustamante et al., 2007).
- ❑ 2020: desarrollo de metodología para el monitoreo de la fenología de maíz para mejorar el servicio de riego en módulos del DR-075, mediante imágenes LANDSAT y modelos espectrales (NDVI y EVI), para mejora del servicio de riego en escenarios normales y de sequía (Sifuentes-Ibarra et al., 2020).

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Características de la zona de estudio

- ❑ Módulo de riego Batequis II-3, DR-075, clima seco estepario con precipitación media de 350 mm anuales, suelos predominantemente arcillosos con humedad aprovechable de 0.15 a 0.16 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> y pendiente plana.
- ❑ Ta-máx promedio (periodo estudiado): 29.8 oC,
- ❑ Ta-mín promedio (periodo estudiado): 11.5 oC,.
- ❑ Estos valores fueron 0.4 y 1 oC menores al mismo periodo del ciclo anterior
- ❑ El ciclo agrícola más importante de esta región es el OI, que incluye cultivos de fechas tempranas (adelantos) y segundos cultivos





## Plan de riegos 2022-2023

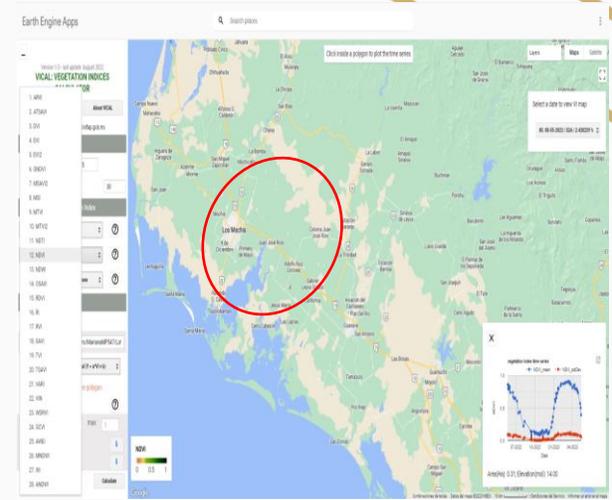
**Cuadro 1.** Resumen del plan de riegos autorizado para el año agrícola 2022-2023, en el módulo de riego Batequis II-3, DR075.

| Ciclo             | Sup. (ha)    |              | NR          | Lámina (cm) |              |              | Volumen (Mm <sup>3</sup> ) |               |               |
|-------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|
|                   | SS           | HR           |             | Ln          | LPC          | LFA          | Vn                         | VPC           | VFA           |
| Adelantos Ol      | 1136         | 1136         | 1           | 20.2        | 24.1         | 28.6         | 2294                       | 2731          | 3243          |
| Otoño-Invierno    | 10922        | 52867        | 4.8         | 73.0        | 86.9         | 103.2        | 79761                      | 94954         | 112747        |
| <b>Sub-total</b>  | <b>12058</b> | <b>54003</b> | <b>5.8</b>  | <b>93.2</b> | <b>111</b>   | <b>131.8</b> | <b>82055</b>               | <b>97685</b>  | <b>115990</b> |
| Segundos Cultivos | 2786         | 12874        | 4.6         | 73.8        | 87.9         | 104.4        | 20569                      | 24487         | 29076         |
| <b>TOTAL</b>      | <b>14844</b> | <b>66877</b> | <b>10.4</b> | <b>167</b>  | <b>198.9</b> | <b>236.2</b> | <b>102624</b>              | <b>122172</b> | <b>145066</b> |

SS = superficie de siembra, HR = hectáreas riego, NR = número de riegos, Ln = lámina neta a nivel de toma, LPC = lámina bruta a nivel de punto de control, LFA = lámina bruta a nivel de presa, Vn = volumen neto a nivel de toma, VPC = volumen a nivel punto de control, VFA = volumen a nivel de presa.

# Generación y validación de la tecnología

**Generación:** La tecnología se generó en los módulos de riego Batequis II-3 y Santa Rosa III-1 del DR075 en el año 2020, obteniendo dos modelos espectrales de forma cuadrática que relacionan el desarrollo fenológico (DF) con los índices de vegetación NDVI y EVI, Como fuente de información se utilizaron los registros históricos de los de los MR almacenados en el programa SPRITER y las imágenes de satélite LANDSAT adquiridas de la plataforma <https://glovis.usgs.gov/>.



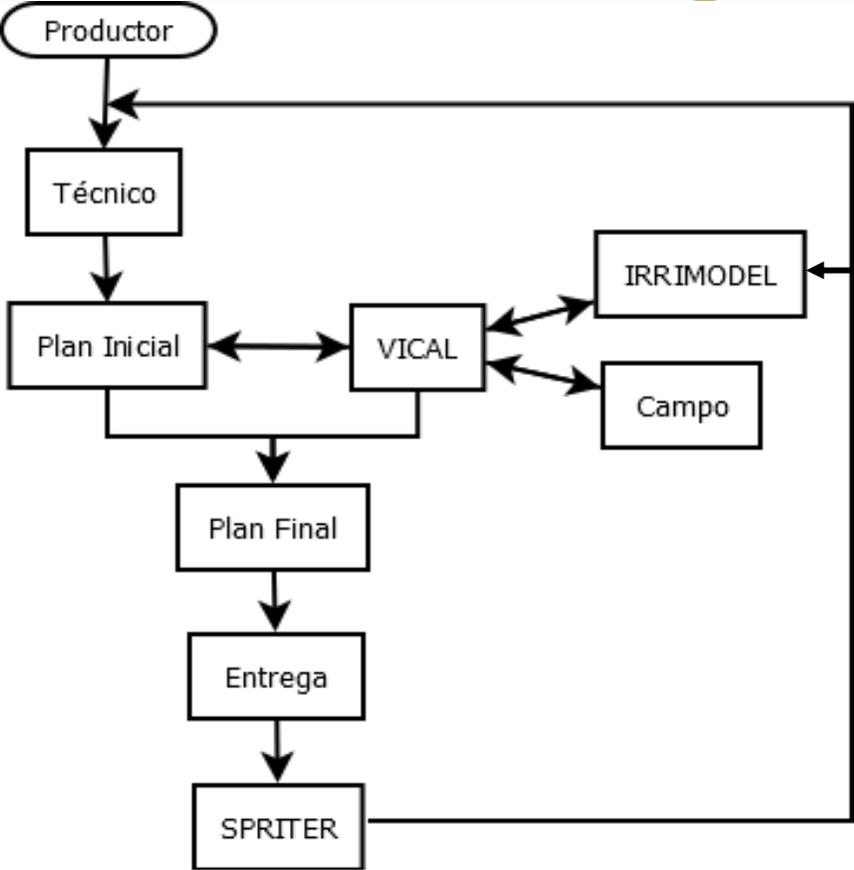
**Validación:** se realizó durante el ciclo OI 2021-2022 en nueve parcelas representativas del DR075 ubicadas en el módulo Batequis, II-3. Para automatizar el proceso se utilizó la plataforma VICAL con los modelos integrados, que es una adaptación de la plataforma Google Earth Engine (Jiménez-Jiménez et al., 2022).



# Transferencia y análisis de impactos (Primer año), OI 2022-2023

## Proceso

1. El productor solicita el riego al técnico responsable de la sección,
2. El técnico a su vez crea un plan semanal inicial con los productores que solicitaron el riego;
3. El plan inicial se verifica en la plataforma VICAL,
4. Se ajusta el plan inicial monitoreando las fases fenológicas de los cultivos con VICAL,
5. Verificar con la plataforma IRRIMODEL y en campo con TDR si se requiere,
6. Los riegos entregados y finalizados se registran en el programa SPRITER, donde se encuentra la base de datos del módulo de riego,
7. Actualizar el programa IRRIMODEL y
8. Repetir el proceso.





**Cuadro 2.** Parcelas piloto de maíz para transferencia de la tecnología en el módulo de riego Batequis II-3, DR075.

| Ubicación    | Parcelas  | Superficie   |             | Periodo de siembra |       | Genotipos                                    |
|--------------|-----------|--------------|-------------|--------------------|-------|--|
|              |           | ha           | % (sección) | inicio             | fin   |  |
| Sección 26   | 20        | 182.5        | 9.5         | 18/10              | 13/12 | Asgrow,<br>Monsanto,<br>Syngenta,<br>Pioneer |
| Sección 30   | 17        | 151.1        | 6.0         | 27/10              | 7/12  |  |
| <b>Total</b> | <b>37</b> | <b>333.6</b> | <b>7.8</b>  | ---                | ---   | ---  |

**Variables medidas:** fenología (VICAL), riegos aplicados (SPRITER), rendimiento y volumen ahorrado.

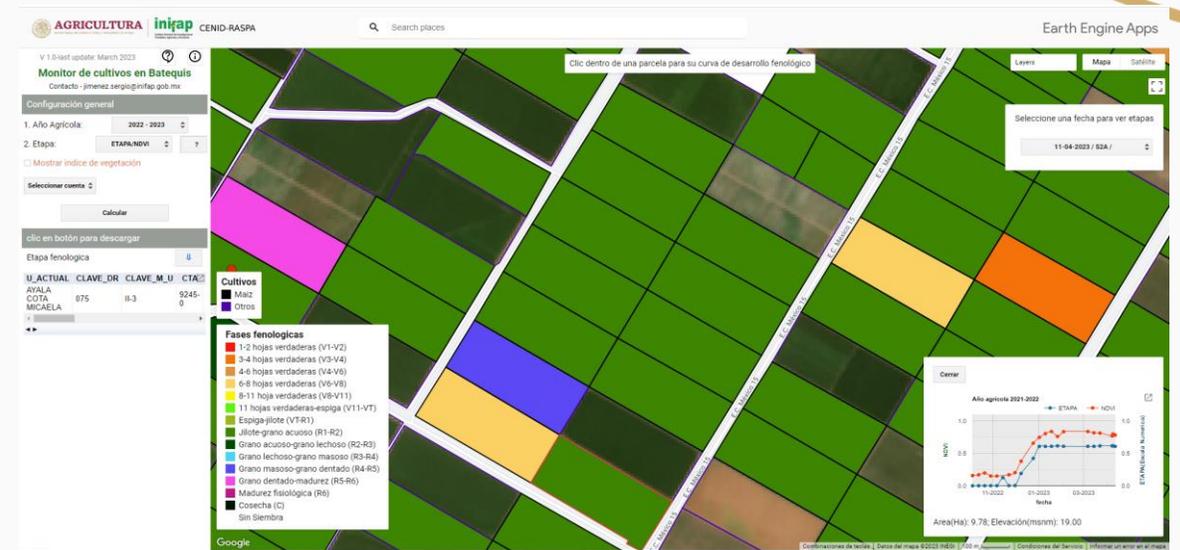
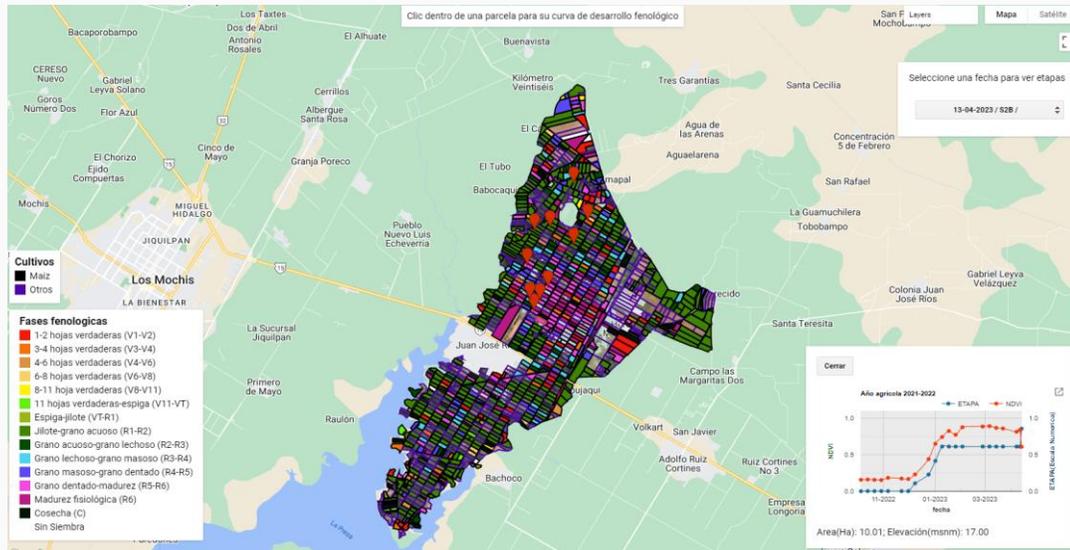
**Cuadro 3.** Etapa fenológica y grados día-desarrollo acumulados (GDDA) en la que se debe aplicar cada riego de auxilio en dos escenarios de disponibilidad hídrica (normal y escasez), en el DR075 (Sifuentes *et al.*, 2021),

| Normal  |                                |           | Escasez |                                |      |
|---------|--------------------------------|-----------|---------|--------------------------------|------|
| Auxilio | Fase                           | GDDA      | Auxilio | Fase                           | GDDA |
| 1A      | 4-6 hojas verdaderas (V4-V6)   | 400-500   | 1A      | 8-10 hojas verdaderas (V8-V10) | 600  |
| 2A      | 8-11 hojas verdaderas (V8-V11) | 600-700   | 2A      | Jilote (R1)                    | 850  |
| 3A      | Hoja bandera-jilote (VT-R1)    | 800-900   | 3A      | Grano lechoso-masoso (R3-R4)   | 1150 |
| 4A      | Grano lechoso-masoso (R3-R4)   | 1100-1200 |         |                                |      |

❑ Los GDD representan el calor que la planta utiliza en un día (oC) entre dos temperaturas umbrales de desarrollo, que para el caso de maíz fueron 10 y 30 oC. Los requerimientos de GDDA para las diferentes fases fenológicas para un híbrido en específico no cambian, lo cual permite pronosticar su aparición bajo cualquier condición climática.

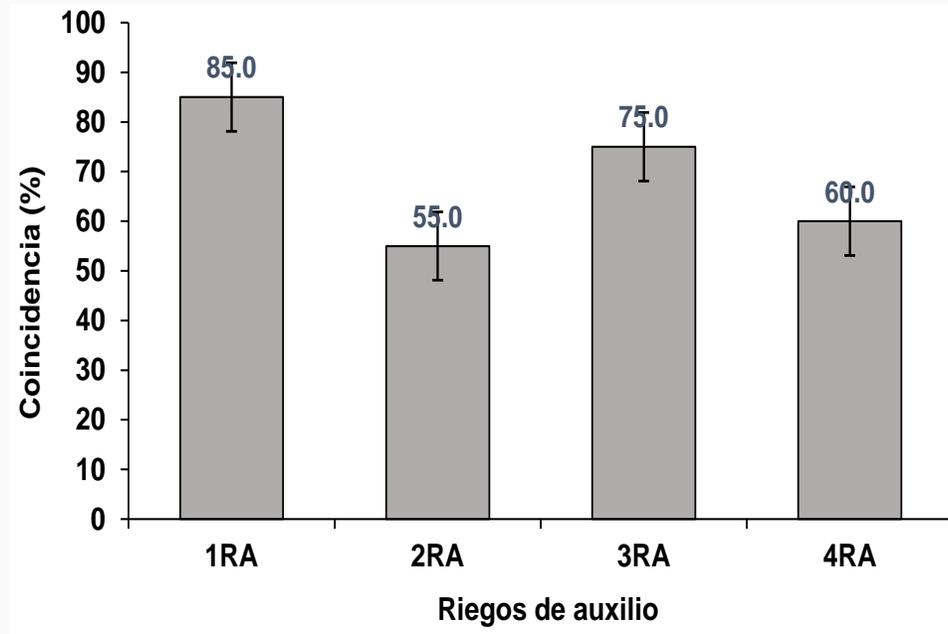
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Plataforma VICAL preparada

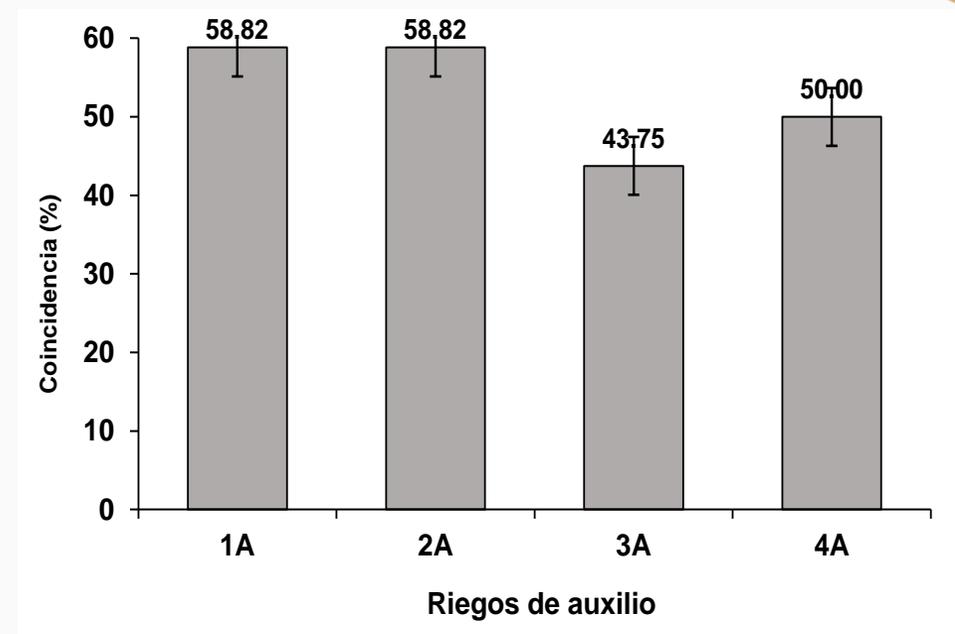


**Figura 2.** Plataforma VICAL para monitoreo de la fenología de maíz en el módulo Batequis II-3, DR075, para la mejora del servicio de riego.

## Grado de uso de la tecnología



(a)

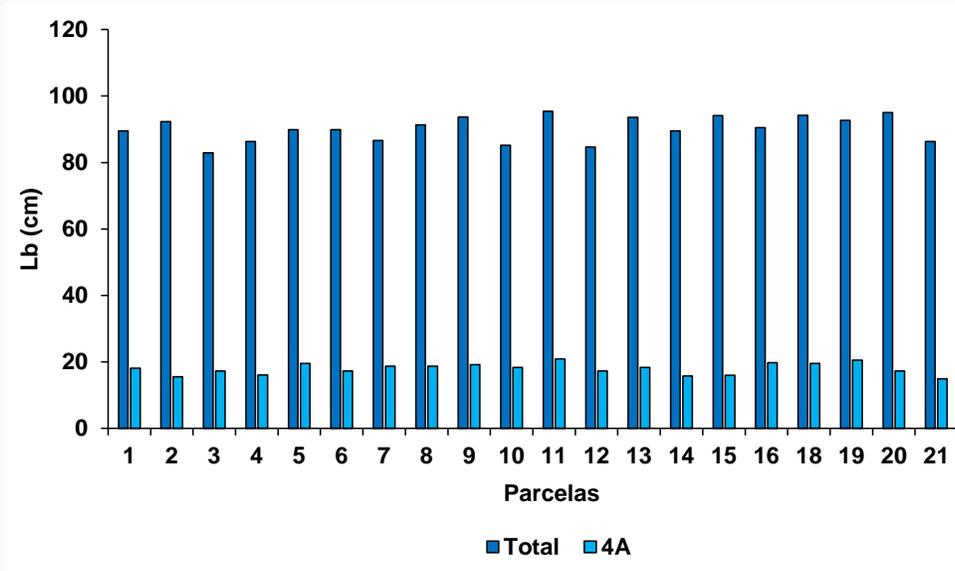


(b)

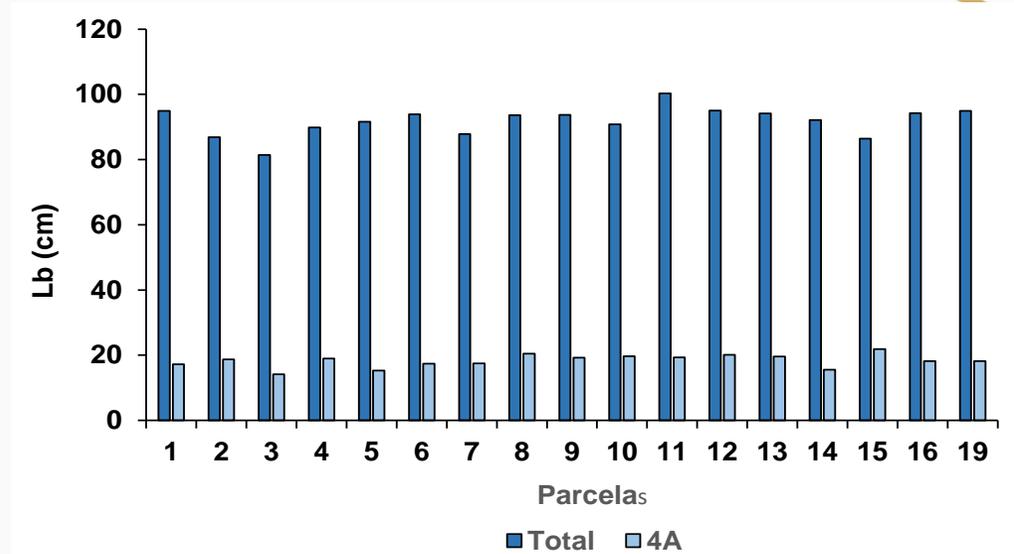
**Figura 3.** Grado de uso de la tecnología de monitoreo fenológico del maíz con imágenes satelitales en secciones piloto, 26 (a) y 30 (b) del módulo de riego Batequis II-3, DR075, durante el primer año de transferencia, ciclo OI 2022-2023. Que ambas graficos tenga el mismo rango (0 a 100).

S23 ,2 cm menos de Lb total y valores similares de Lb del 4A (18 cm), lo anterior representa un ahorro de 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

## Uso del agua



(a)



(b)

**Figura 4.** Lámina total aplicada y lámina aplicada en el cuarto riego de auxilio en parcelas de maíz de las secciones piloto 26 (a) y 30 (b), durante el primer año de transferencia de la tecnología de monitoreo fenológico del maíz con imágenes satelitales en el módulo de riego Batequis II-3, DR075, ciclo OI 2022-2023.



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



# CONCLUSIONES

Se definió un sistema a la medida para el proceso de transferencia de la tecnología “Monitoreo fenológico del maíz con imágenes satelitales en módulos de riego”, utilizando herramientas tecnológicas de última generación. El grado de uso de la tecnología en el primer año de transferencia en el MR Batequis II-3, DR075, fue satisfactorio evitando riegos innecesarios, sin embargo, se espera que a medida que se incremente su uso, los beneficios serán mayores. El ahorro de agua que se puede tener con la aplicación de esta tecnología permite establecer segundos cultivos y ciclos de verano, en beneficio del productor, módulo de riego y sociedad en general.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jiménez-Jiménez, S.I.; Marcial-Pablo, M.J.; Ojeda-Bustamante, W.; Sifuentes-Ibarra, E.; Inzunza-Ibarra, M.A.; y Sánchez-Cohen, I. (2022). VICAL: Global Calculator to Estimate Vegetation Indices for Agricultural Areas with Landsat and Sentinel-2 Data. *Agronomy* 2022, 12, 1518.

Ojeda, B. W.; González, C.J.M.; Sifuentes, I.E., Isidro, E. y Rendón, P.L. (2007). Using spatial information systems to improve water management in México. *Agricultural Water Management*. 89. pp 81-88.



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



# GRACIAS!

Ernesto Sifuentes Ibarra  
sifuentes.ernesto@inifap.gob.mx

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023

