



# Quinto Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



IMTA  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

# SENSORES ESPECTRALES Y LA DETERMINACIÓN DE PRONÓSTICOS DE RENDIMIENTO

DR. VICTOR MANUEL GORDILLO SALINAS,  
M.C. ALONDRA VILLEDA MONSALVO  
DR. LEONARDO TIJERINA CHAVEZ

Fecha de presentación **19/septiembre/2019**  
**Mazatlán, Sinaloa, México**



SINALOA  
GOBIERNO DEL ESTADO



CONAGUA  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



AURPAES, S.C.  
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego  
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



SADER  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y DESARROLLO RURAL



SINALOA  
SECRETARÍA DE  
AGRICULTURA  
Y GANADERÍA

AMERD  
ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE RIEGO Y DRENAJE A.C.



IMTA  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA

inifap  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ANUR  
ASOCIACIÓN NACIONAL DE  
USUARIOS DE RIEGO, A.C.



UNIVERSIDAD  
DE LOS MOCHIS



# Introducción

## ODS



***“La producción agrícola tendrá que aumentar aproximadamente un 50% en 2050”***



***“Terminar con el hambre y garantizar el acceso de todas las personas, a alimentos seguros, nutritivos y suficientes durante todo el año”***

SATISFACER LA  
DEMANDA DE  
ALIMENTOS

- Población creciente hasta 2050 (Estabilización de la población)

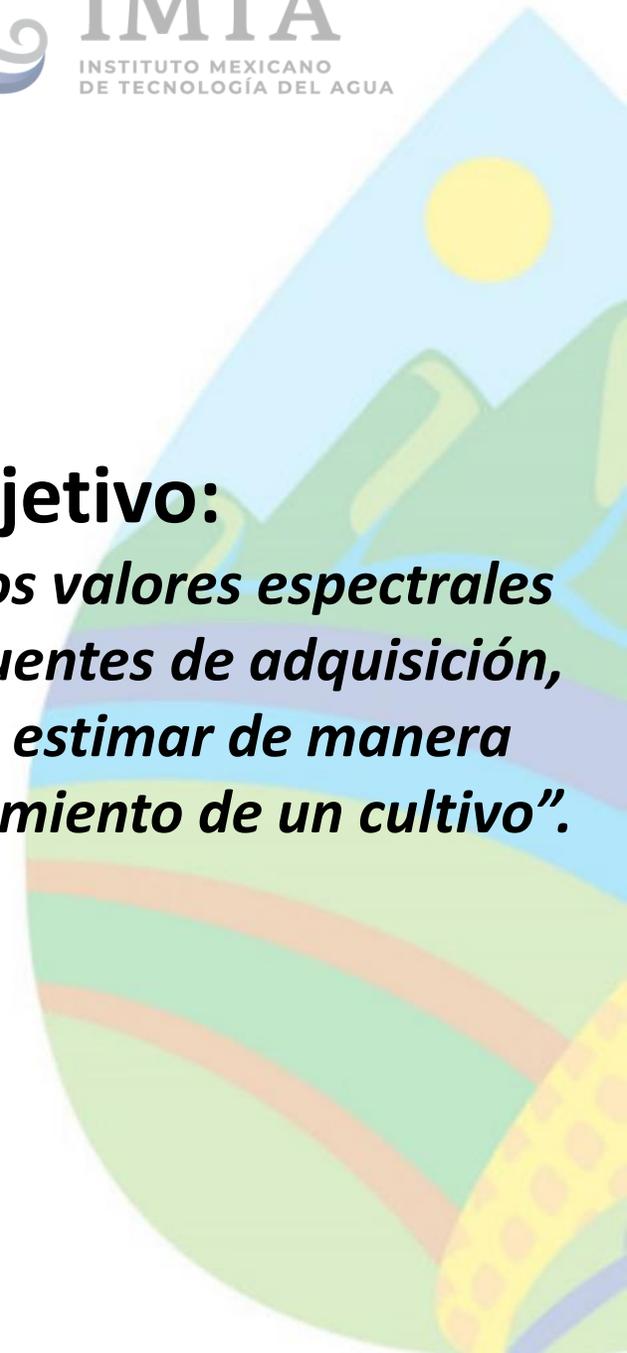
SEGUIMIENTO Y  
PRONÓSTICO DE  
RENDIMIENTO DE  
CULTIVOS (Confiable  
y eficiente)

- Uso de técnicas no destructivas basados en sensores espectrales

INDICADOR DEL  
FUNCIONAMIENTO  
DE LAS ACCIONES

## Objetivo:

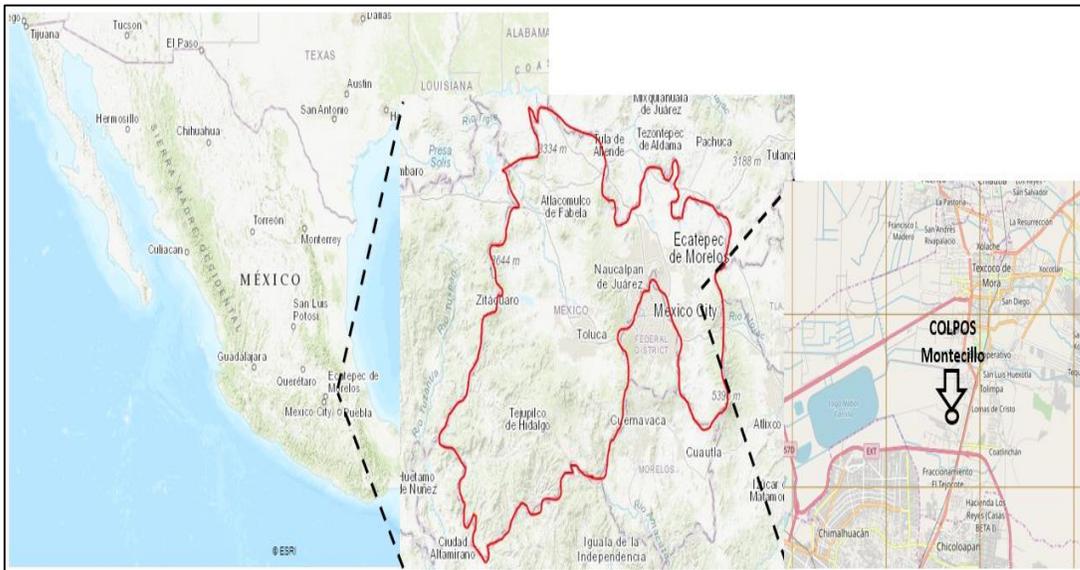
***“Determinar si los valores espectrales desde distintas fuentes de adquisición, son capaces de estimar de manera confiable el rendimiento de un cultivo”.***



# Materiales y Métodos

- Ubicación y diseño del experimento

## Colegio de Postgraduados: Campus Montecillo



**Cultivo de Trigo con una densidad de 100 Kg de semilla por ha.**

		I	II	III	IV		
31.5 m		0 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>	14 g/m <sup>2</sup>	4 g/m <sup>2</sup>	4.5 m	
		14 g/m <sup>2</sup>	8 g/m <sup>2</sup>	4 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>		
		10 g/m <sup>2</sup>	4 g/m <sup>2</sup>	18 g/m <sup>2</sup>	14 g/m <sup>2</sup>		
		6 g/m <sup>2</sup>	18 g/m <sup>2</sup>	6 g/m <sup>2</sup>	0 g/m <sup>2</sup>		
		8 g/m <sup>2</sup>	6 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>	6 g/m <sup>2</sup>		
		18 g/m <sup>2</sup>	0 g/m <sup>2</sup>	8 g/m <sup>2</sup>	8 g/m <sup>2</sup>		
		4 g/m <sup>2</sup>	14 g/m <sup>2</sup>	0 g/m <sup>2</sup>	18 g/m <sup>2</sup>		
		10 m	40 m				

**Bloques al Azar: 7 tratamientos y 4 repeticiones**

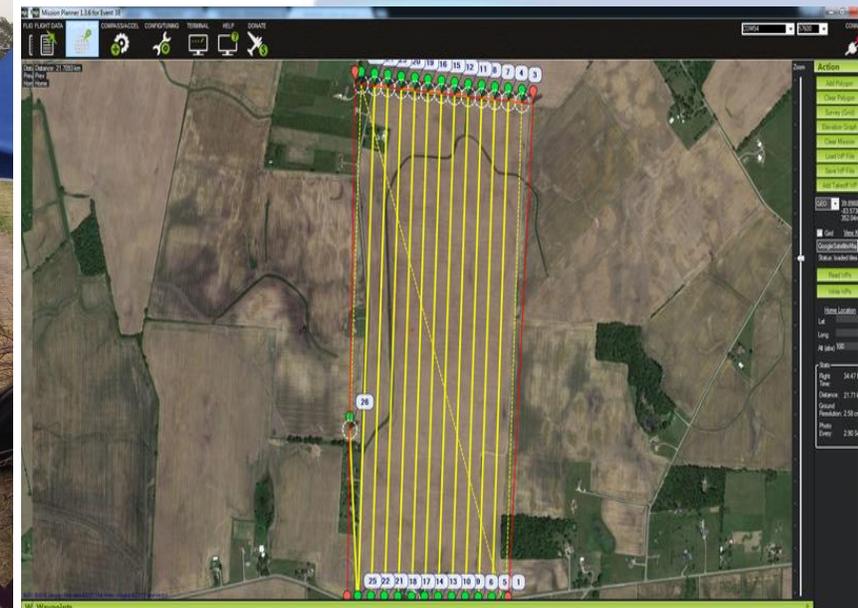
- Sensores espectrales

### GREENSEEKER (NDVI-activo)

### UAV CON SENSOR IR



### SPAD 502+ (Dos diodos emisores de luz-650 y 940 nm)



# MEDICIONES DE CAMPO

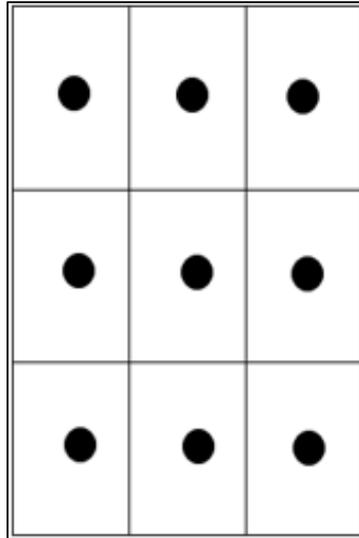
La captura de datos con los tres sensores se realizaron en la etapa fenológica de vaina engrosada y espigado

9 mediciones en cada  
unidad experimental  
(SPAD y GreenSeeker)

Campaña de vuelos  
UAV + Cámara Infrarroja

Rendimiento de Grano

Promedio  
de lecturas



Traslape: 80 x70%  
Alt. de vuelo: 60 m  
Resolución: 1.5 cm



## • Procesamiento de la información

Las lecturas de los sensores SPAD 502+ y el GreenSeeker se graficaron directamente con los datos de rendimiento de grano.

Las imágenes del UAV y el sensor tuvieron el siguiente procesamiento:



- Ortomosaico
- Nube de Puntos
- MDE
- Mapas de reflectancia

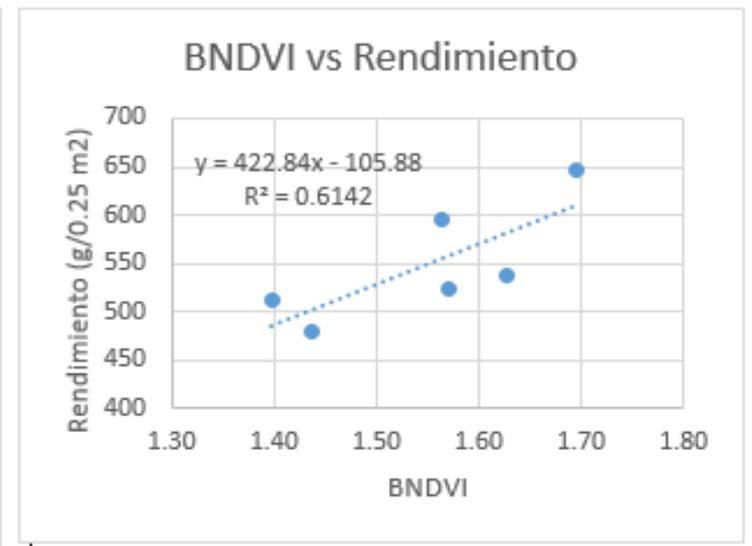
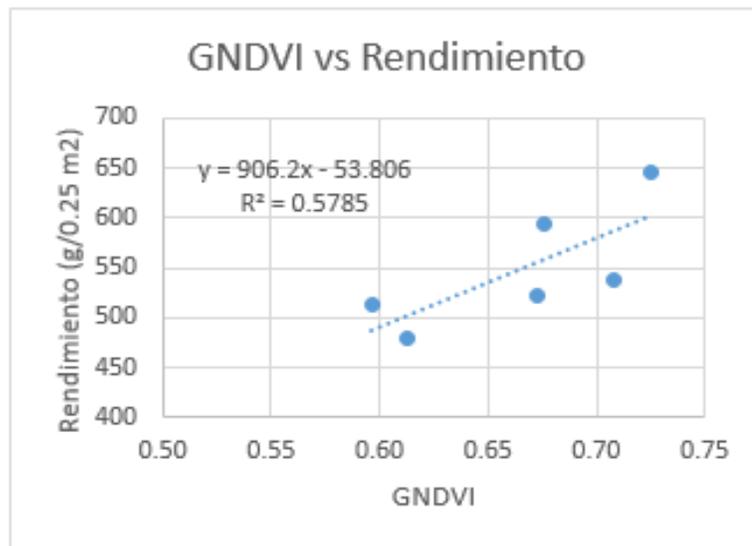
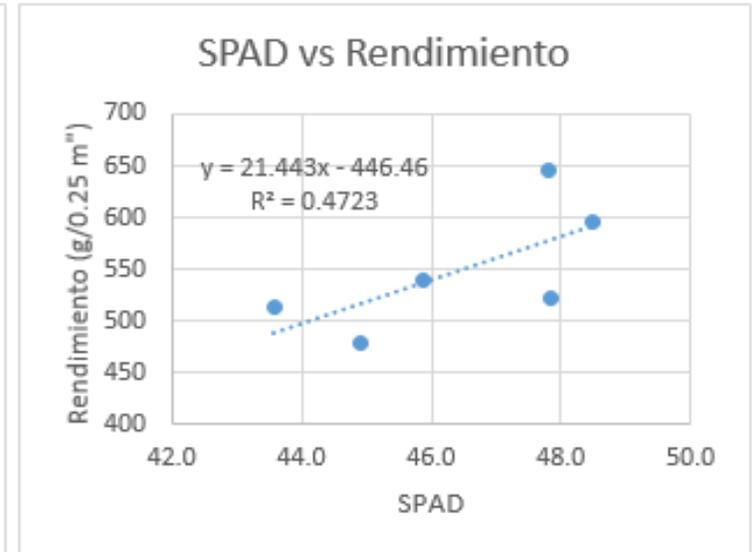
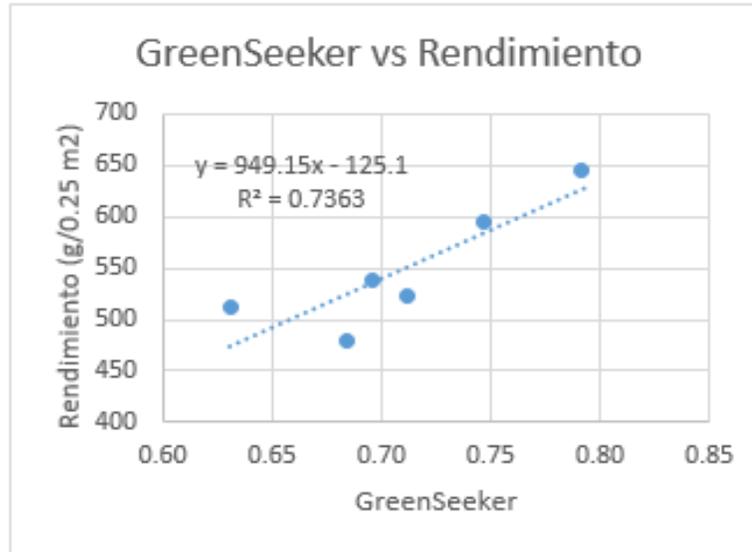
Banda	Pico de la longitud de onda
Banda 1 (Azul)	460 nm
Banda 2 (Verde)	525 nm
Banda 3 (IR)	710 nm



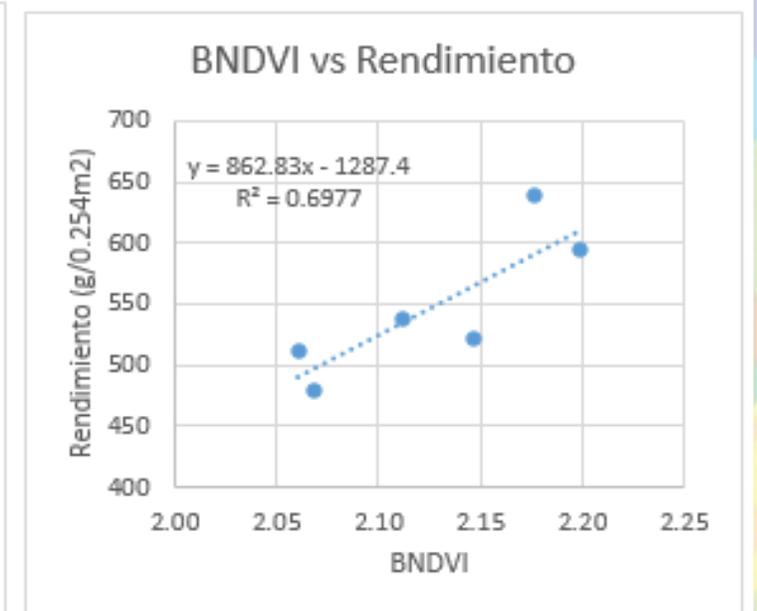
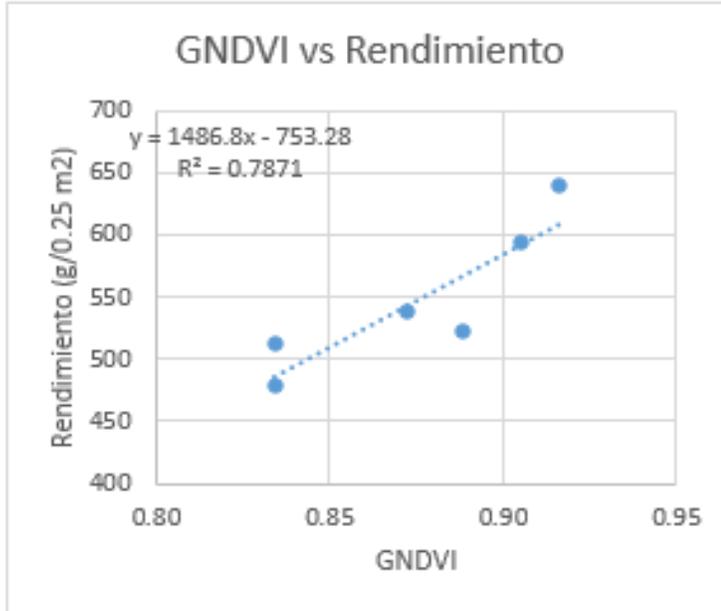
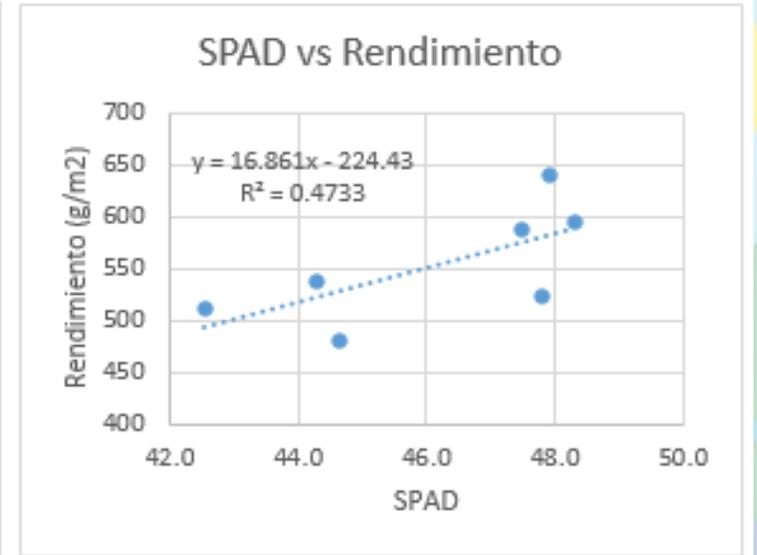
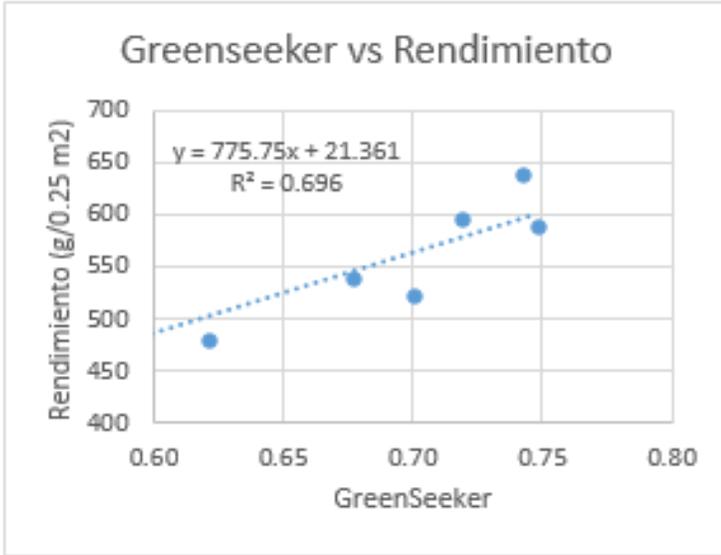
Indice de vegetación	Relación
GNDVI	$\frac{IR - G}{IR + G}$
BNDVI	$\frac{IR - B}{IR + B}$

# Resultados y Discusión

**Relación de los valores de los sensores espectrales con el rendimiento de grano del trigo en la etapa fenológica de vaina engrosada**



# Relación de los valores de los sensores espectrales con el rendimiento de grano del trigo en la etapa fenológica de Espigado





- Monostori et al. (2015), evaluó lecturas de SPAD con el rendimiento de grano del trigo de invierno, encontrando una fuerte correlación positiva entre las dos variables, Wu et al. (2017) demostró que la biomasa tuvo relaciones positivas significativas con el rendimiento de grano, la tasa fotosintética del dosel, lecturas del SPAD y la eficiencia de la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR, siglas en ingles).
- Bu et al. (2017) Realizo un experimento para predecir usando imágenes satelitales y los comparó con las predicciones desde sensores ópticos activos como: GreenSeeker (GS) y Crop Circle (CC) , concluyeron que los datos del GS, CC e imágenes satelitales se relacionaron con el rendimiento de los cultivos, lo cual coincide con otros estudios realizados (Caturegli et al. 2015; Genc et al., 2009; Bausch and Khosla , 2010), recomiendan usar UAV.



- Sulik y long (2016), evaluaron índices espectrales de sensores multiespectrales (NDYI, NDVI y BNDVI) que correlacionan con el rendimiento de semilla de la canola, encontrando un comportamiento variable dependiendo de la etapa fenológica, NDYI es mejor en floración y los otros dos índices mejor antes de floración.

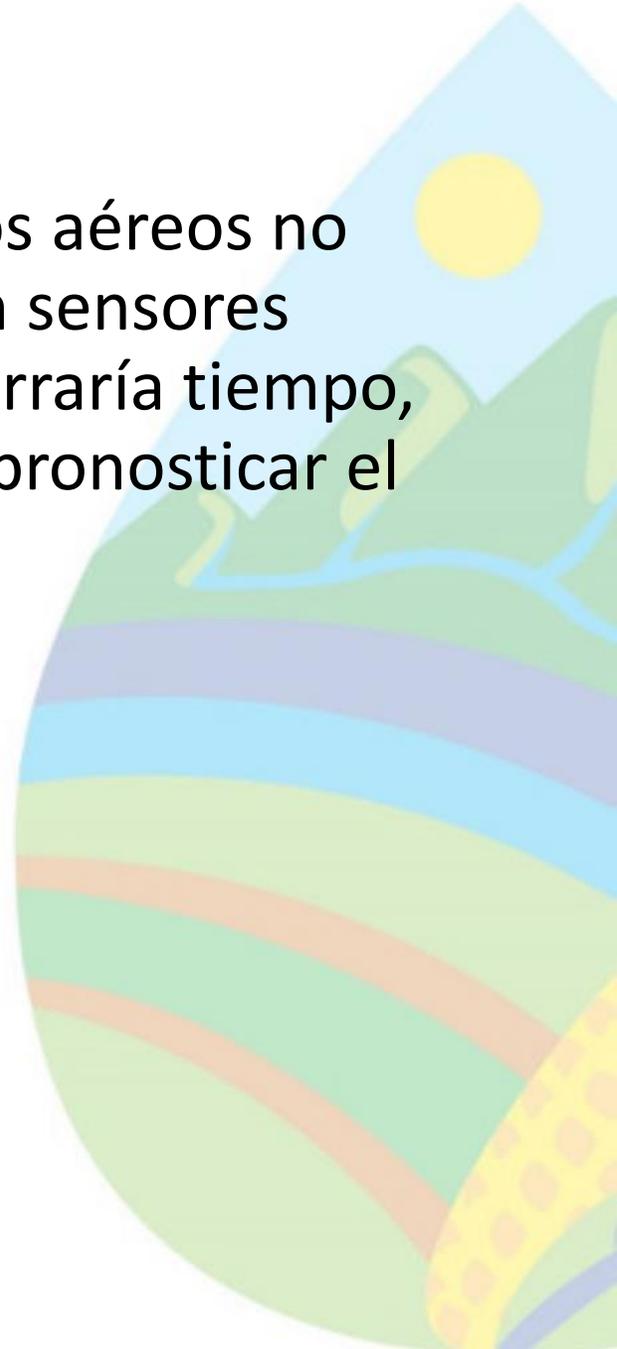


# Conclusiones

- Los valores dados por los sensores son relacionados linealmente positivos con la variable rendimiento, los sensores espectrales tanto próximos como aéreos presentan sensibilidad al cambio o condición de la clorofila presente en el cultivo de trigo.
- El sensor GreenSeeker fue mejor en la estimación del rendimiento para la etapa más temprana del cultivo, la cual corresponde a vaina engrosada mientras que los índices de vegetación derivados del sensor infrarrojo montado en el VANT mostraron mejor comportamiento para la etapa más cercana a la floración, el índice espectral GNDVI fue el mejor con un  $R^2=0.7871$ .



- Los índices derivados de sensores montados en vehículos aéreos no tripulados presentan valores similares a los medidos con sensores ópticos en tierra, con la ventaja de que este sistema ahorraría tiempo, y costos para la adquisición de parámetros que puedan pronosticar el rendimiento temprano de los cultivos.



GRACIAS



Quinto  
Congreso Nacional  
de Riego y Drenaje  
**COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



**AURPAES, S.C.**  
Asociación Nacional de Asociaciones de Producers Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

## Contacto

Dr. Victor Manuel Gordillo Salinas

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

[manuel\\_gordillo@tlaloc.imta.mx](mailto:manuel_gordillo@tlaloc.imta.mx)

