



**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

USO DE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (VANT) EN EL MONITOREO DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

*Victor Manuel Gordillo Salinas, Héctor Flores
Magdaleno, Carlos A. Ortiz Solorio, Ramón Arteaga
Ramírez, Antonia Macedo Cruz y Juan Enrique
Rubiños Panta.*



Fecha 17/octubre/2018

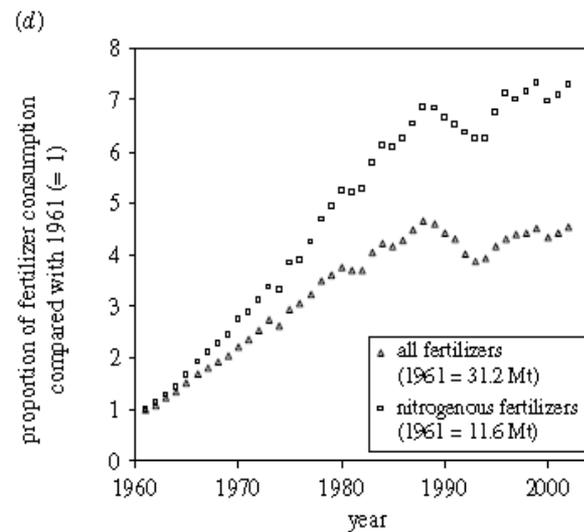
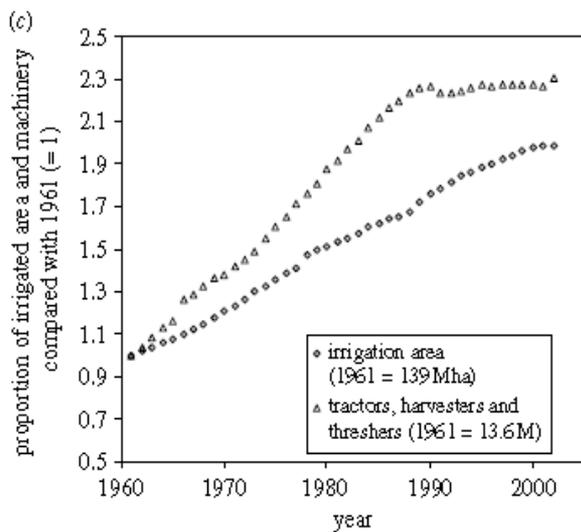
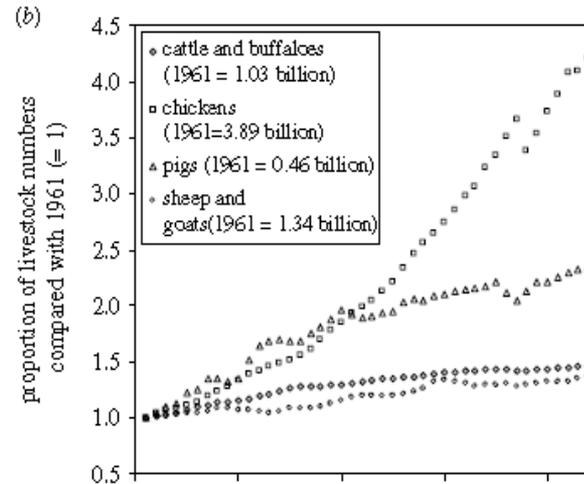
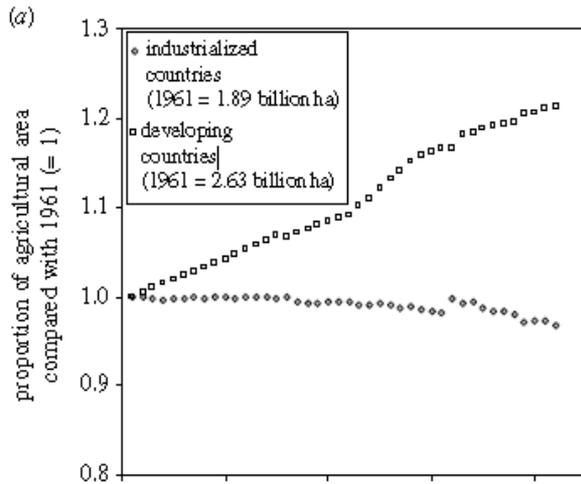




INTRODUCCIÓN

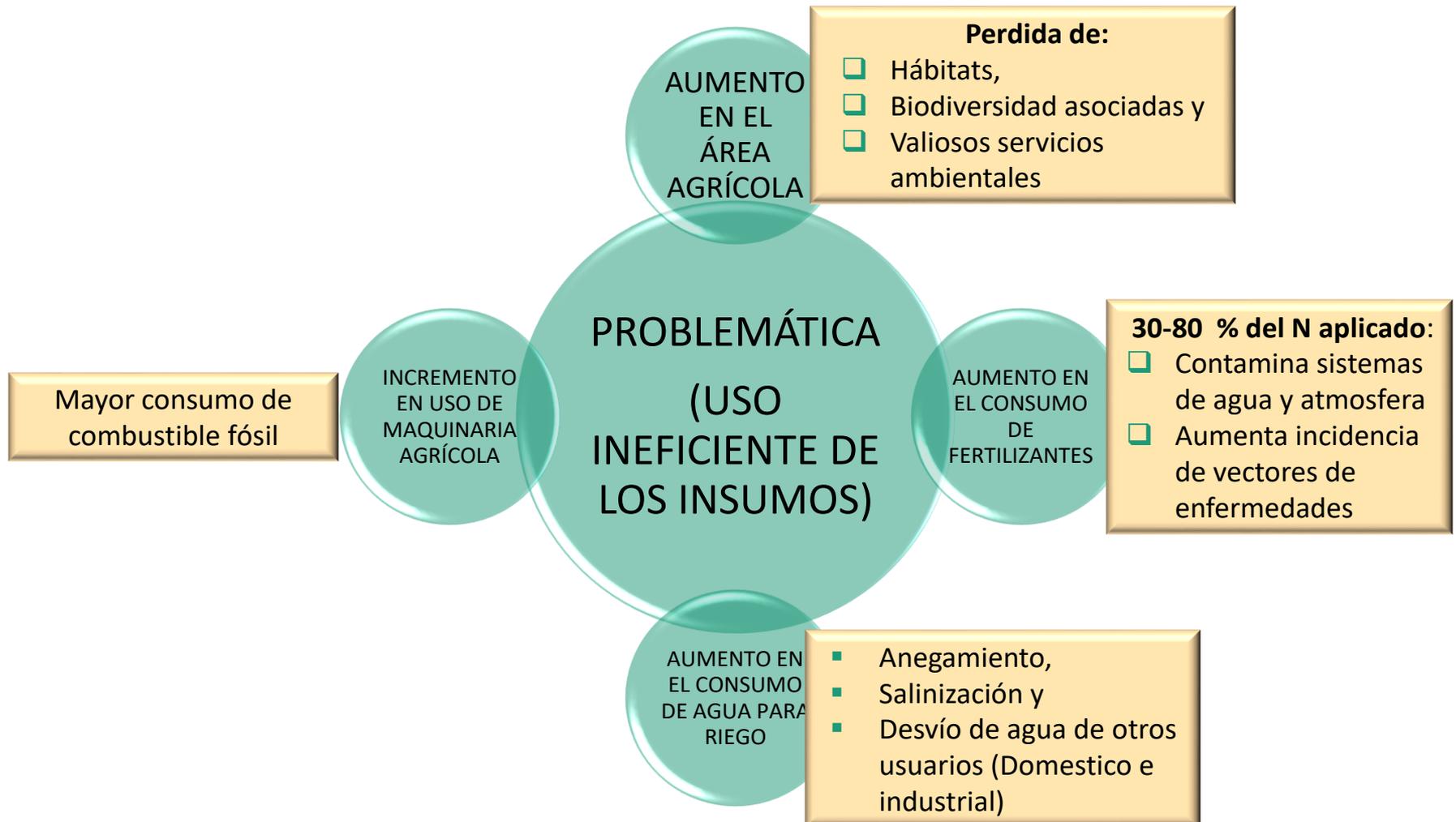
PANORAMA ACTUAL DE LA AGRICULTURA INTENSIVA A NIVEL MUNDIAL (1961- 2002).

- a) Área Agrícola
- b) Cabezas de Ganado
- c) Área irrigada y maquinaria agrícola
- d) Consumo de fertilizantes





PROBLEMÁTICA



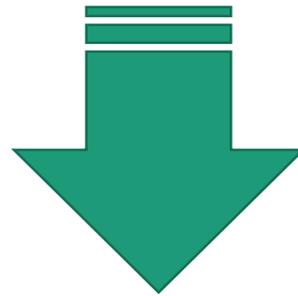


**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



RETO Y DESAFIO

“El aumento de la producción mundial de alimentos con una mayor protección del medio ambiente para el futuro”



**DESARROLLO SOSTENIBLE
O
SUSTENTABLE**



IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



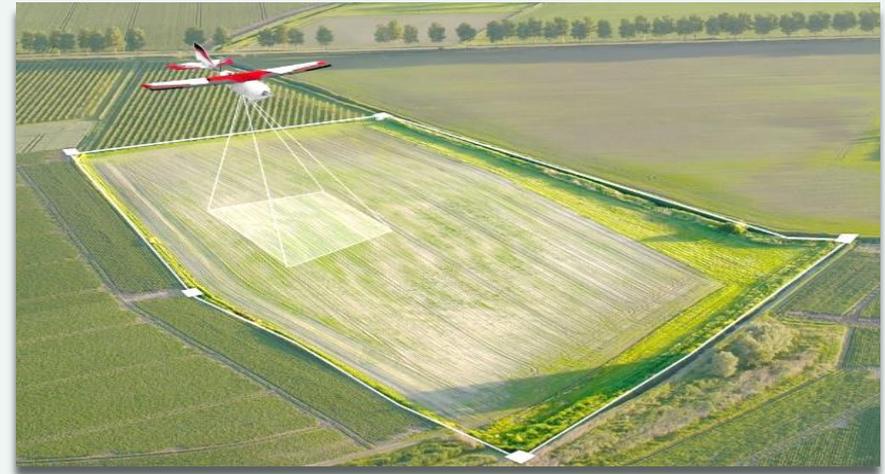


**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



OBJETIVO

Desarrollar modelos y validar la relación de los índices de vegetación derivados de la teledetección, capturados con sensores montados en VANT's, con datos experimentales de biomasa y CN en el cultivo de trigo, con la finalidad de detectar la heterogeneidad presente en la parcela de estudio .



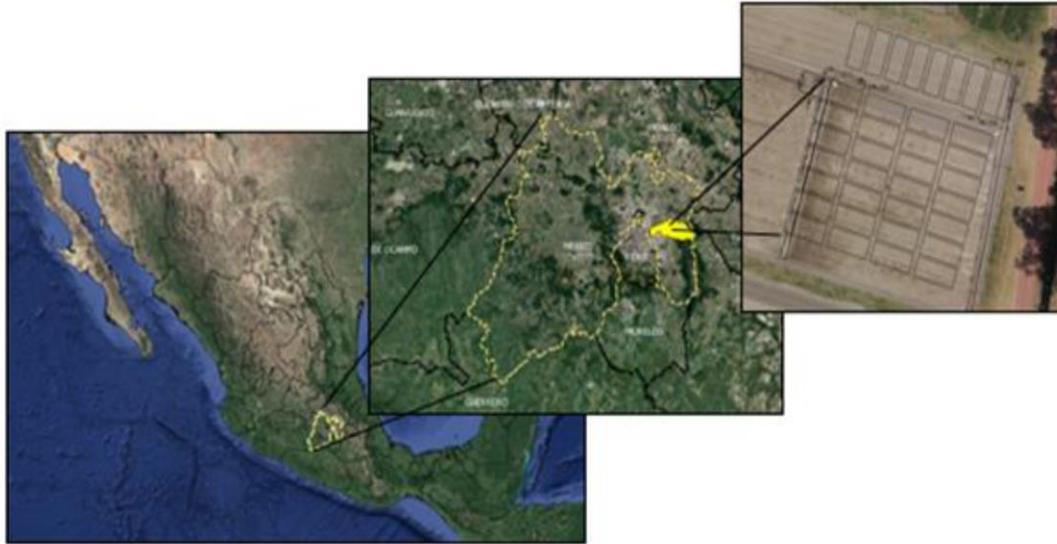


**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



MATERIALES Y MÉTODOS

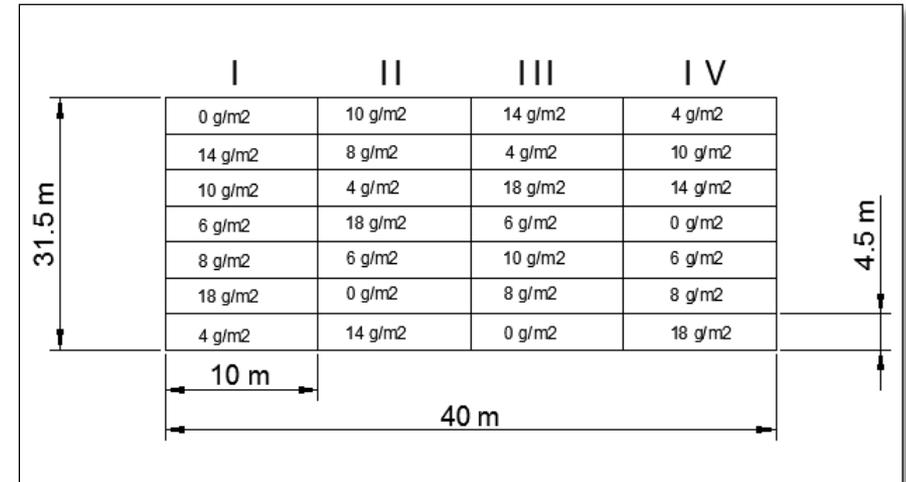
Área de Estudio



- **Colegio de Postgraduados, campus Montecillo**
- **Latitud Norte 19°27'40'' y Longitud 98°54'9''**
- **Altitud de 2240 msnm**
- **Templado con lluvias en verano y época seca en invierno**
- **Temperatura media anual=15.2 °C**
- **Precipitación media anual=650 mm**

Diseño y establecimiento del experimento

- Trigo del material genético Nana 2007 (INIFAP)
- Bloques completamente al azar con 7 tratamientos (0, 4, 6, 8, 10, 14 y 18 g/m²) y cuatro repeticiones.
- Riego por goteo
- Practicas de protección comunes (malezas-topik y Roya-Folicur)





**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT)

Multirotor 3DR X8 (coaxial)

Dispositivo	característica
Sistema de elevación	Propelas 2x4 (Arreglo Coaxial)
Hardware del autopiloto	Pixhawk v2.4.5
Firmware del autopiloto	Arducopter 3.2
GPS	GPS 3DR u-blox con Compás (LEA-6H module, 5 Hz update)
Controlador	FlySky FS-TH9X con módulo de telemetría FrSky
Capacidad de carga	800 g.
Tiempo de vuelo	15 minutos





IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



CÁMARA INFRARROJA

Canon S110 Modificada

Sensor	Ancho total	Pico de la longitud de onda (nm)
Canon S110 NIR	Azul: 400–495	Azul: 460
	Verde: 490–550	Verde: 525
	Infrarrojo Cercano: 680–760	Infrarrojo Cercano: 710





IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



FASE DE CAMPO

Fecha	Zadoks	T ₀	T ₄	T ₆	T ₈	T ₁₀	T ₁₄	T ₁₈
24-01-17	0	0	2	3	4	5	7	9
6-03-17	31	0	2	3	4	5	7	9

Aplicación de N

I. A la siembra

II. Final de elongación del tallo (Green-up,Z31)

- Fuente de Nitrógeno: Urea (46-00-00).
- Aplicación al voleo





**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Muestreo y medición de Biomasa y CN





IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Campañas de vuelo

Fecha	Zadoks*	n*	A *(m)	gcp*	Resolución (cm/pixel)	hora
29-03-2017	45	46	50	8	1.5	12:00
6-04-2017	55	57	50	8	1.59	11:30
12-04-2017	61	55	50	8	1.51	13:30
20-04-2017	69	33	50	8	1.39	12:30

* Zadoks= Nomenclatura de etapas fenológicas (Vaina engrosada, espigado, inicio antesis y fin de antesis).

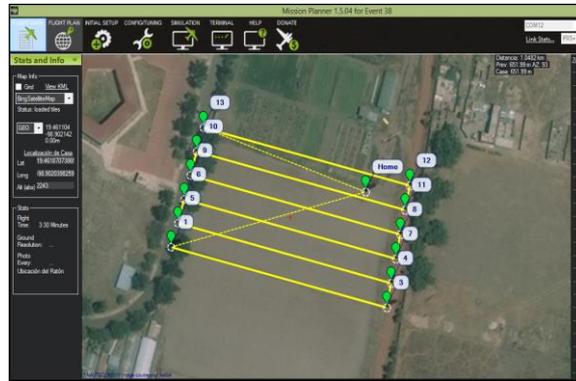
* n = Número de imágenes colectadas

* A = Altura sobre el nivel del suelo.

* gcp= Puntos de control en tierra.

Planeación de plan de vuelo

Mission Planner

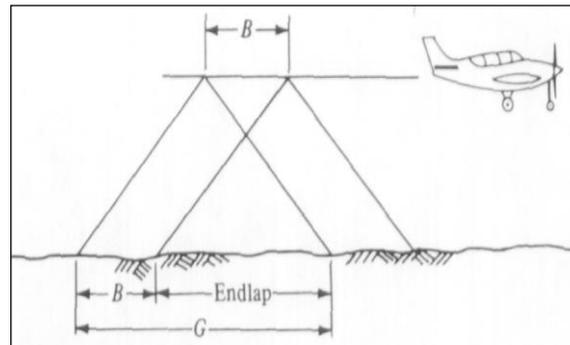


Stats			
Area:	12334 m ²	Pictures:	66
Distance:	0.79 km	No of Strips:	6
Distance between images:	11 m	Footprint:	73.1 x 54.8 m
Ground Resolution:	1.83 cm	Dist between lines:	18.27 m
		Grid Flight Time (est):	8:13 Minutes
		Photo every (est):	5.48 Seconds

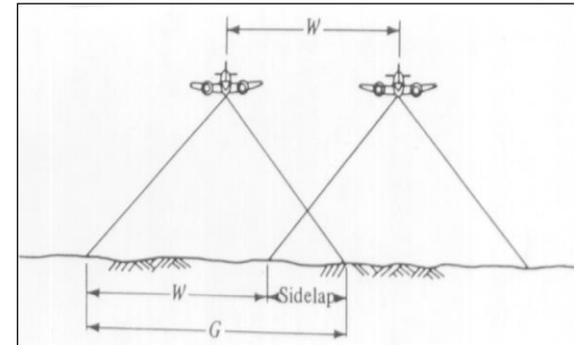
Simple	Grid Options	Camera Config	Simple	Grid Options	Camera Config	Simple	Grid Options	Camera Config
Simple Options Camera: Canon S110 Model: Iris Altitude (m): 50 Angle (deg): 286 <input checked="" type="checkbox"/> Camera top facing forward Flying Speed (est) (m/s): 3			Grid Options Distance between lines [m]: 25 OverShoot [m]: 0 OverShoot [m]: 0 StartFrom: Home Overlap [%]: 80.0 Sidelap [%]: 60.0			Camera Options Focal Length [mm]: 5.2 Image Width [Pixels]: 4000 Image Height [Pixels]: 3000 Sensor Width [mm]: 7.6 Sensor Height [mm]: 5.7 Load Sample Photo Save Calculated Values cm/pixel: 1.83 cm Field of View Horizontal [m]: 73.1 Field of View Vertical [m]: 54.8		
Display <input checked="" type="checkbox"/> Boundary <input checked="" type="checkbox"/> Markers <input checked="" type="checkbox"/> Grid <input type="checkbox"/> Internals <input type="checkbox"/> Footprints <input checked="" type="checkbox"/> Advanced Options			Copter Options Delay at WP (sec): 0.0 <input type="checkbox"/> Heading Hold <input type="checkbox"/> Unlock from grid					

Traslape

FRONTAL



LATERAL





**IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE**
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Puntos de control en tierra

Punto	x	y	z
6	510200.2	2151955.37	2234.39
19	510237.59	2151945.77	2234.42
26	510238.87	2151891.01	2234.93
29	510275.97	2151893.45	2234.83
31	510284.16	2151901.62	2234.88
35	510292.1	2151910.00	2234.89
38	510277.26	2151924.75	2234.7
39	510297.96	2151932.81	2234.86





IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Índices de Vegetación

Índice de vegetación	Ecuación	Fuente
GNDVI	$\frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN}$	(Gitelson et al., 1996)
BNDVI	$\frac{NIR - BLUE}{NIR + BLUE}$	(Yang et al., 2004)

Donde:

NIR= valores de la banda del infrarrojo cercano

GREEN= Valores de la banda del verde

BLUE= Valores de la banda del azul



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Procesamiento de imágenes y datos experimentales

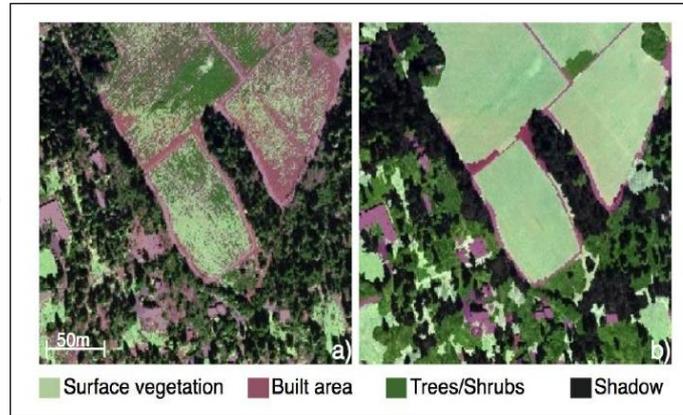
- Los datos de biomasa (materia seca) y contenido de nitrógeno fueron sometidos a un proceso de eliminación de valores atípicos (outliers) usando el rango intercuartil.
- Las imágenes fueron procesadas con el Software Pix4D, que entrega como entregables: Ortomosaico, nube de puntos, MDS, Mapas de reflectancia por cada banda.

Clasificación de imágenes

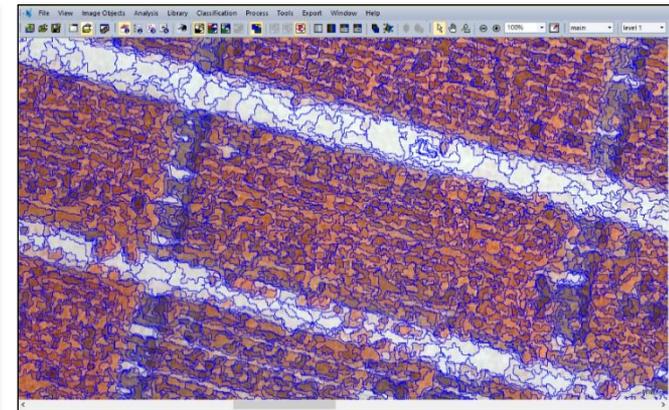
Clasificación orientada a objetos

- Evitar efecto de sal y pimienta
- Extraer pixeles puros de vegetación

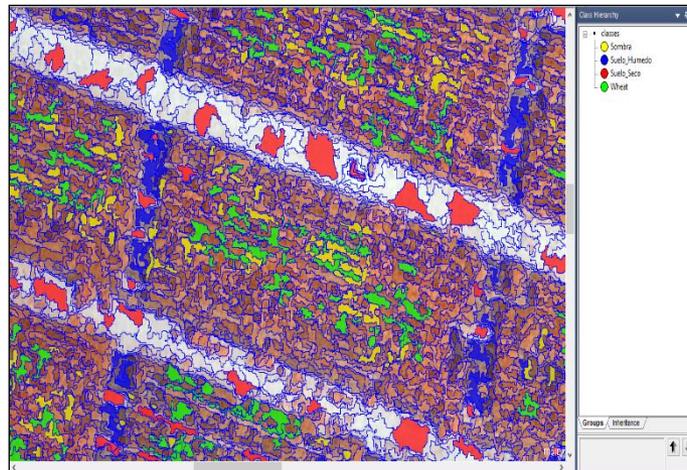
Sal y pimienta



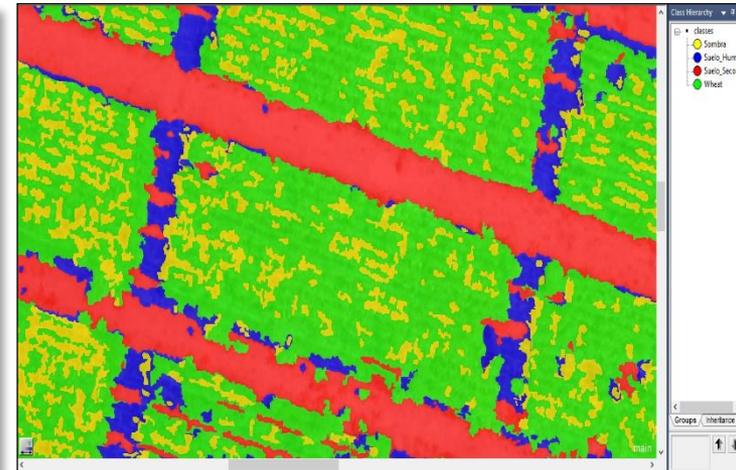
Segmentación



Zonas de entrenamiento

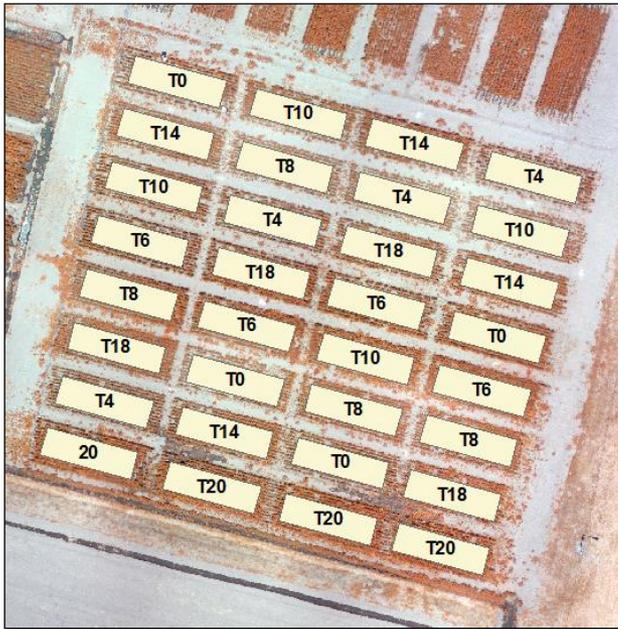


Clases



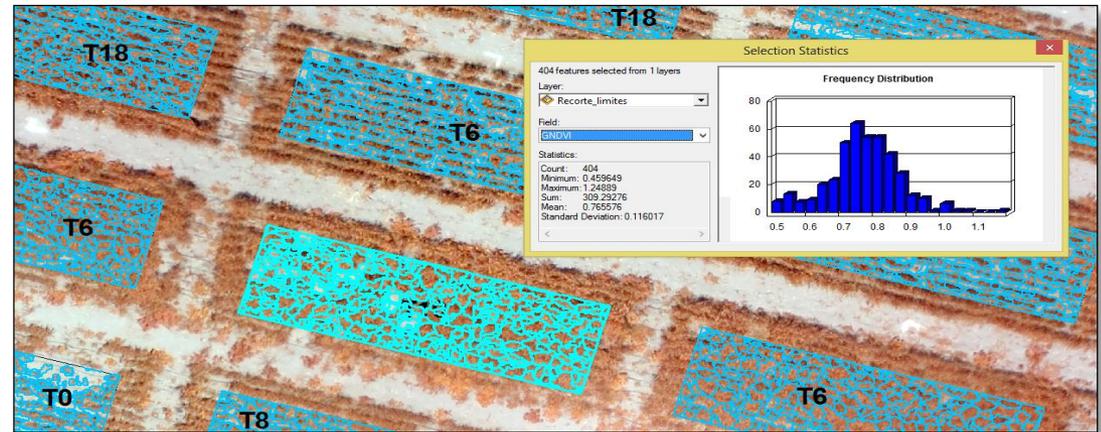
Extracción de valores promedio de los IV

AOI



Delimitar el área de interés de cada unidad experimental

Estadística



Extraer la estadística de cada unidad experimental.

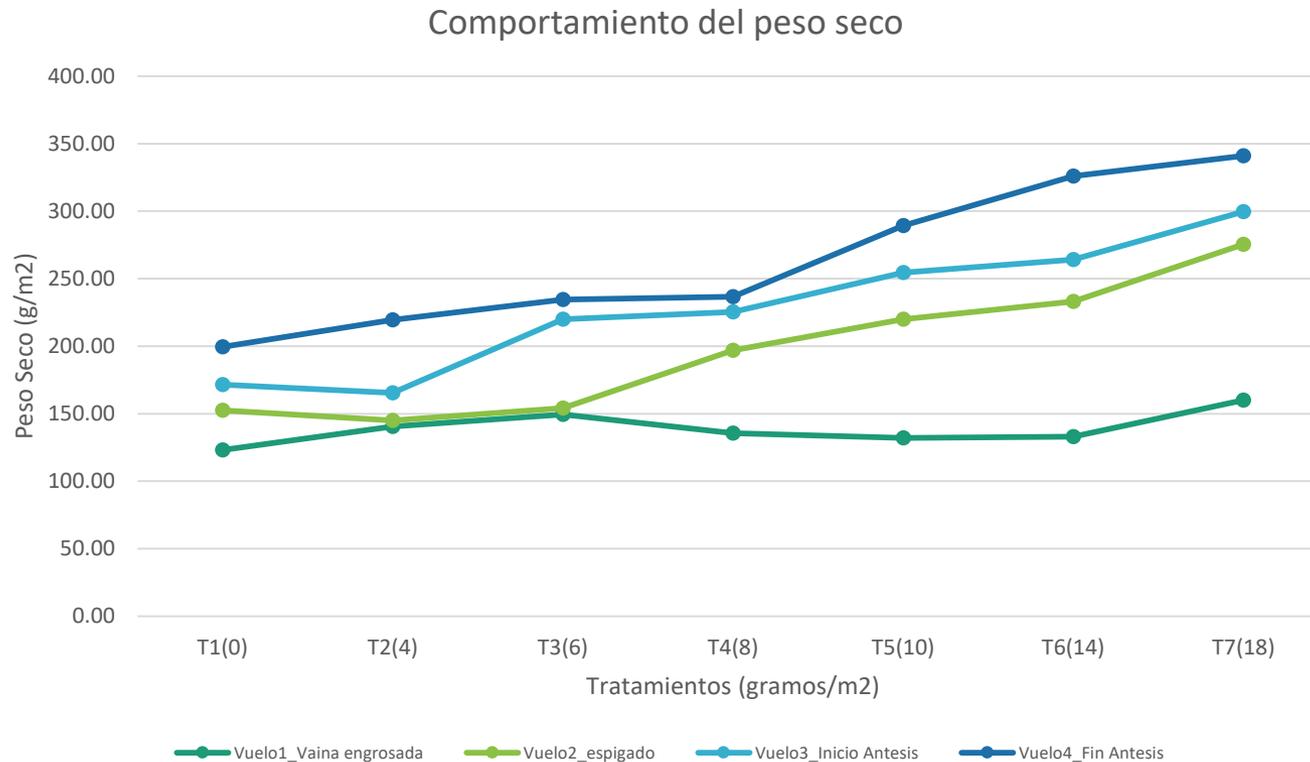


IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



RESULTADOS

Biomasa a través del tiempo

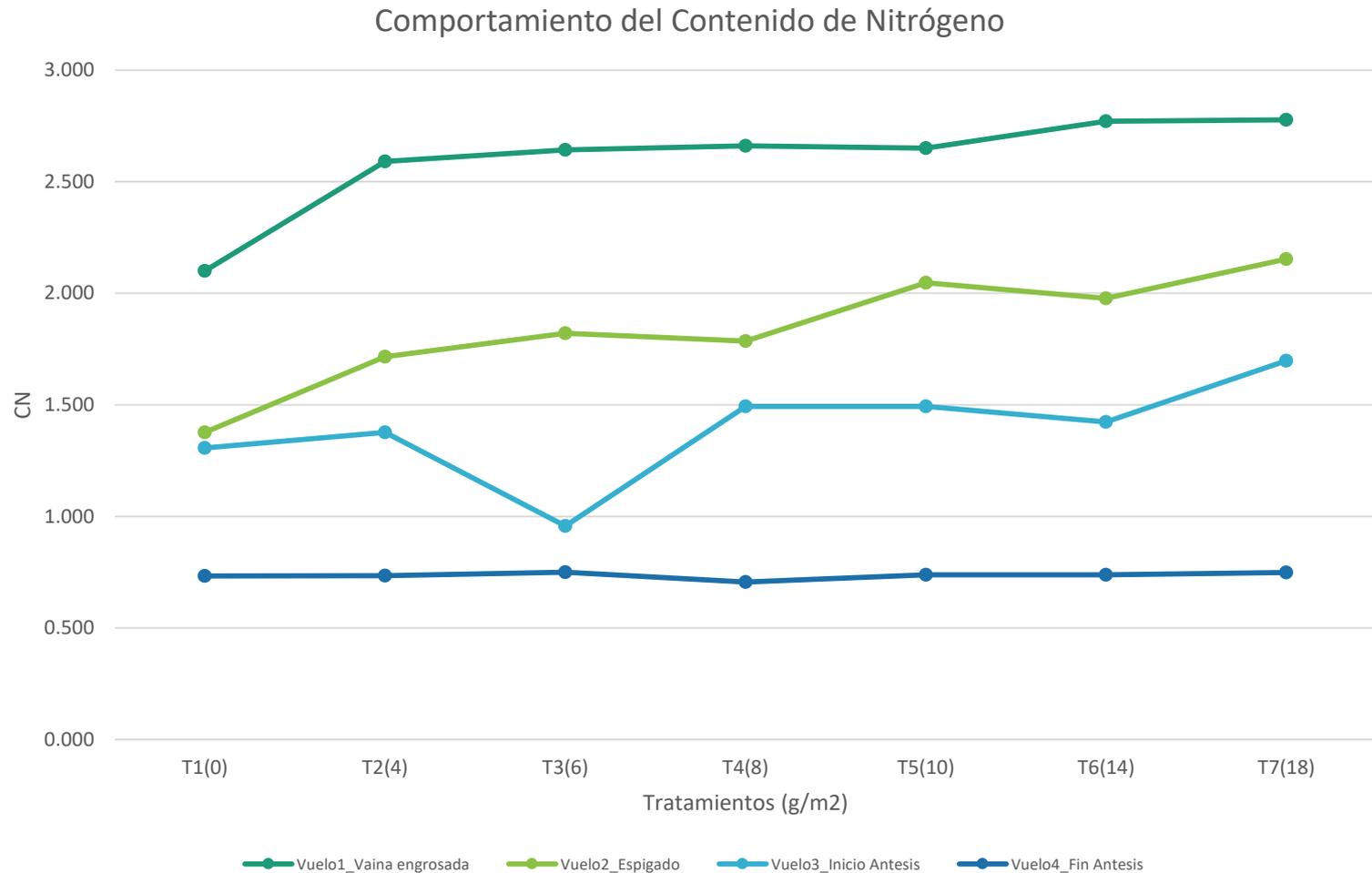




IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.

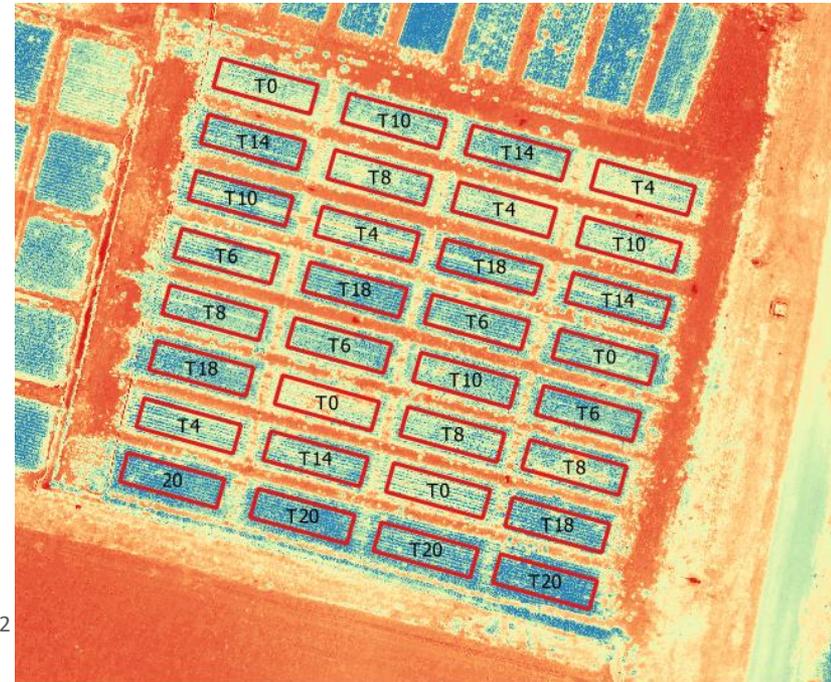
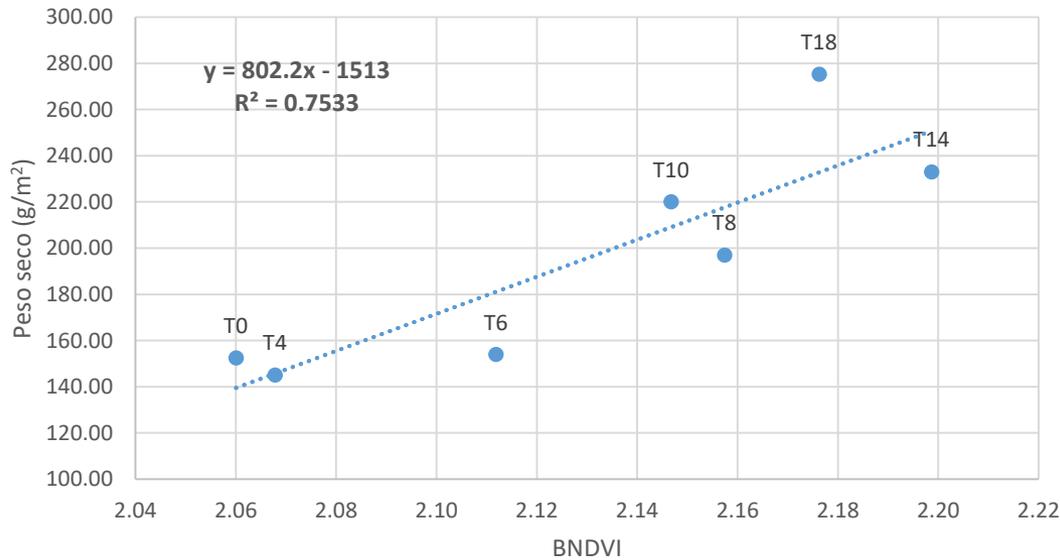


Comportamiento del CN a través del tiempo.



Relación entre BNDVI y Biomasa (Peso Seco)

Correlacion BNDVI vs Biomasa



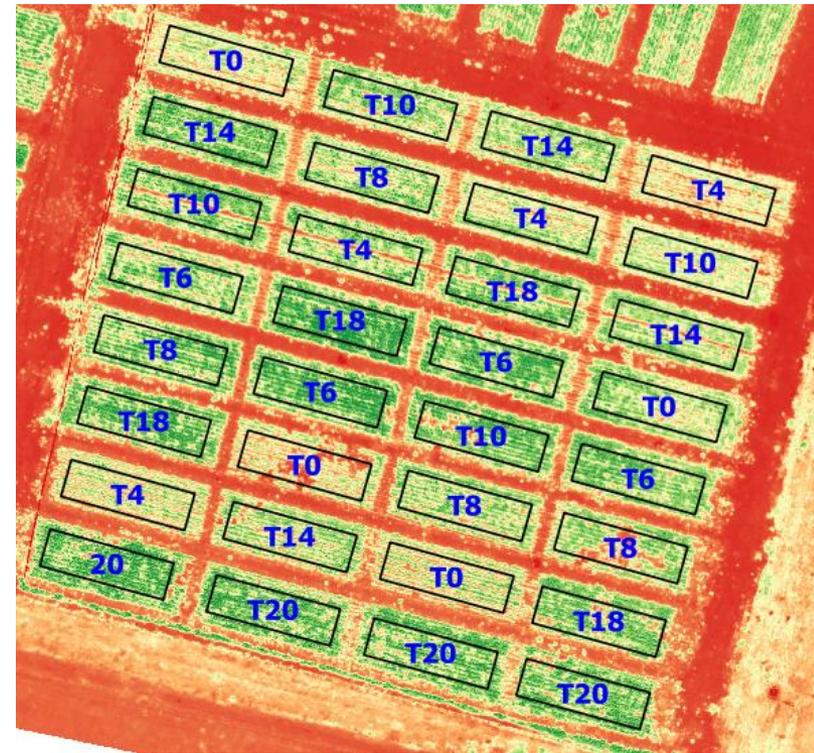
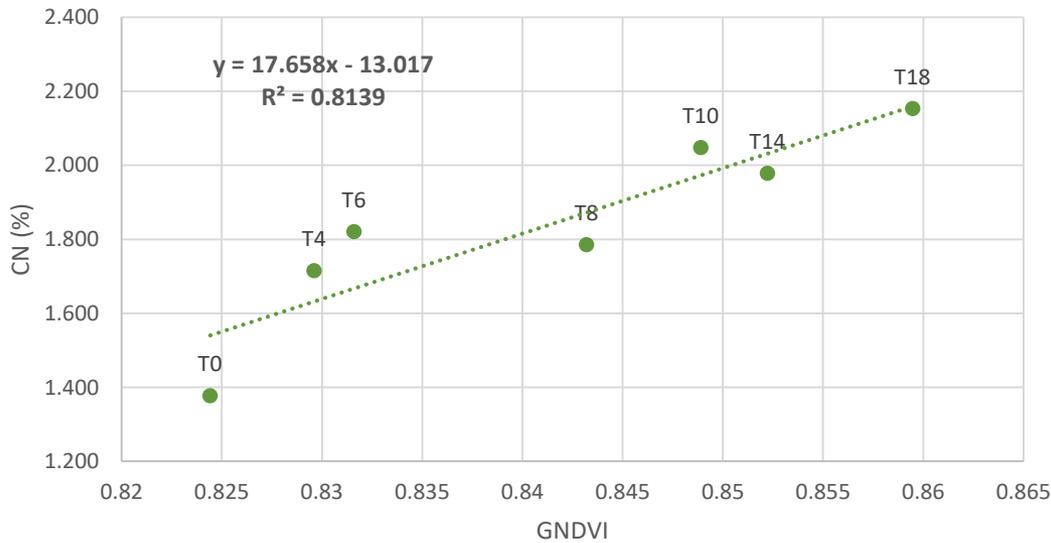


IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



Relación entre GNDVI y CN

Correlación GNDVI vs CN





IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



CONCLUSIONES

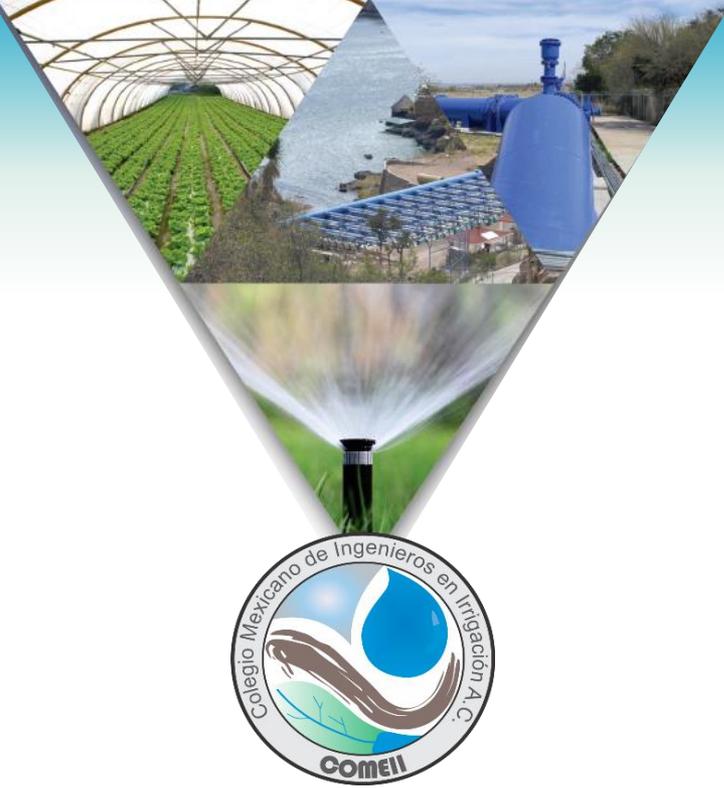
- Mediante el uso de cámaras comerciales modificadas de bajo costo montados en vehículos aéreos no tripulados, es posible evaluar el estado del nitrógeno y estimar la biomasa aérea del cultivo del trigo, con esto se hace mas accesible esta tecnología a mayor número de usuarios.
- El BNDVI como estimador confiable para predecir el peso seco, muestra buena relación lineal y positiva presentando un valor de R^2 de hasta 0.7533 durante la campaña de vuelo 2 (Espigado), por lo que se concluye basándose en el coeficiente de determinación que el índice BDNVI es aceptable en la estimación de la biomasa aérea del trigo



IV CONGRESO NACIONAL
DE RIEGO Y DRENAJE
Del 15 al 18 de Octubre del 2018, Aguascalientes, Ags.



- El GNDVI como estimador confiable para predecir contenido de Nitrógeno, muestra una relación muy aceptable, donde el mayor valor de $R^2=0.8139$ y se presenta en la campaña de vuelo 2 (Espigado), por lo que se concluye que el GNDVI como parámetro derivado de teledetección es asequible al momento de describir la variabilidad del contenido de nitrógeno en trigo.
- El GNDVI y BNDVI son sensibles a la variabilidad espacial y temporal del contenido de nitrógeno y biomasa aérea, quedando demostrado, que si las variables experimentales (CN y peso seco) sufren cambios debido a la disponibilidad del nitrógeno en el suelo, es posible detectar esta variabilidad , en el tiempo y en el espacio, usando los índices de vegetación.



Gracias

DR. VICTOR MANUEL GORDILLO SALINAS
 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
MANUEL_GORDILLO@TLALOC.IMTA.MX
 TELÉFONO: 777 329 3600 EXT.:864



SEDRAE
 SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL
 Y AGROEMPRESARIAL

SEMARNAT
 SECRETARÍA DE
 MEDIO AMBIENTE
 Y RECURSOS NATURALES

CONAGUA
 COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SAGARPA
 SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
 GANADERÍA, DESARROLLO RURAL
 PESCA Y ALIMENTACIÓN



inirap
 Instituto Nacional de Investigaciones
 Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
 DE AGUASCALIENTES**



AMERD
 ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE REGADÍO Y DRENADO, A.C.



SM GEODIM
 MODELOS DE INFORMACIÓN DE LA TIERRA