

# Fotogrametría-UAV y Teledetección desde drones. Principios básicos, plataformas y sensores. Monitorización de cultivos extensivos para su manejo localizado.



*Francisco Agüera*

*Fernando Carvajal*

*Dpto. de Ingeniería. Universidad de Almería*

**UTILIZACIÓN DE DRONES  
EN AGRICULTURA**

**JORNADAS. Abril y mayo de 2016**

# Proyectos relacionados

*«Adquisición y análisis en tiempo cuasi-real de imágenes multispectrales para el manejo localizado del cultivo en agricultura de precisión. Disminución del impacto ambiental y optimización económica»*

*2009-2013*

*Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.*

*«Estudio, puesta a punto y aplicación de técnicas fotogramétricas desde plataformas aéreas no tripuladas. Aplicación a los proyectos de infraestructuras de transporte. Integración en un SIG para su consulta y explotación»*

*2014-2015*

*Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía*

*Consejería de Obras Públicas y Vivienda*

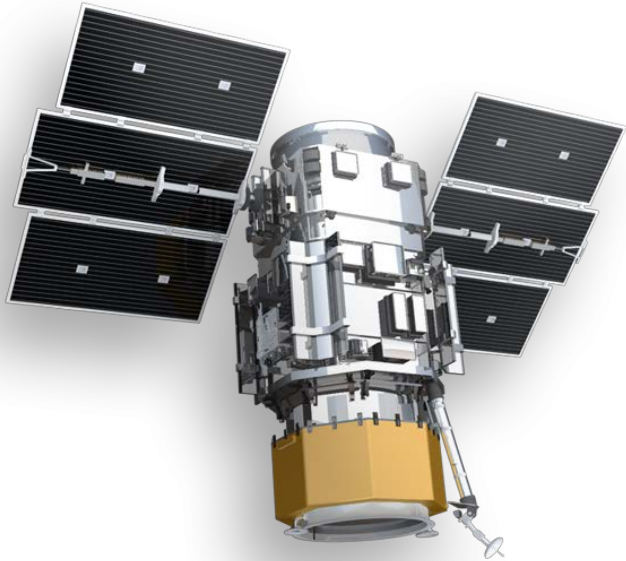
# Resultados prácticos

Creación de una spin-off (2014):

«Drones Ingeniería, Arquitectura y Medioambiente».

- Tercer premio del concurso de ideas y proyectos de base agroalimentaria del Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario ceiA3.
- Primer premio de la 13ª Edición a Iniciativas Emprendedoras, otorgado por el Consejo Social de la Universidad de Almería.
- Actualmente se encuentra funcionando y creciendo.

# Drones: plataformas para sensores



## Limitaciones:

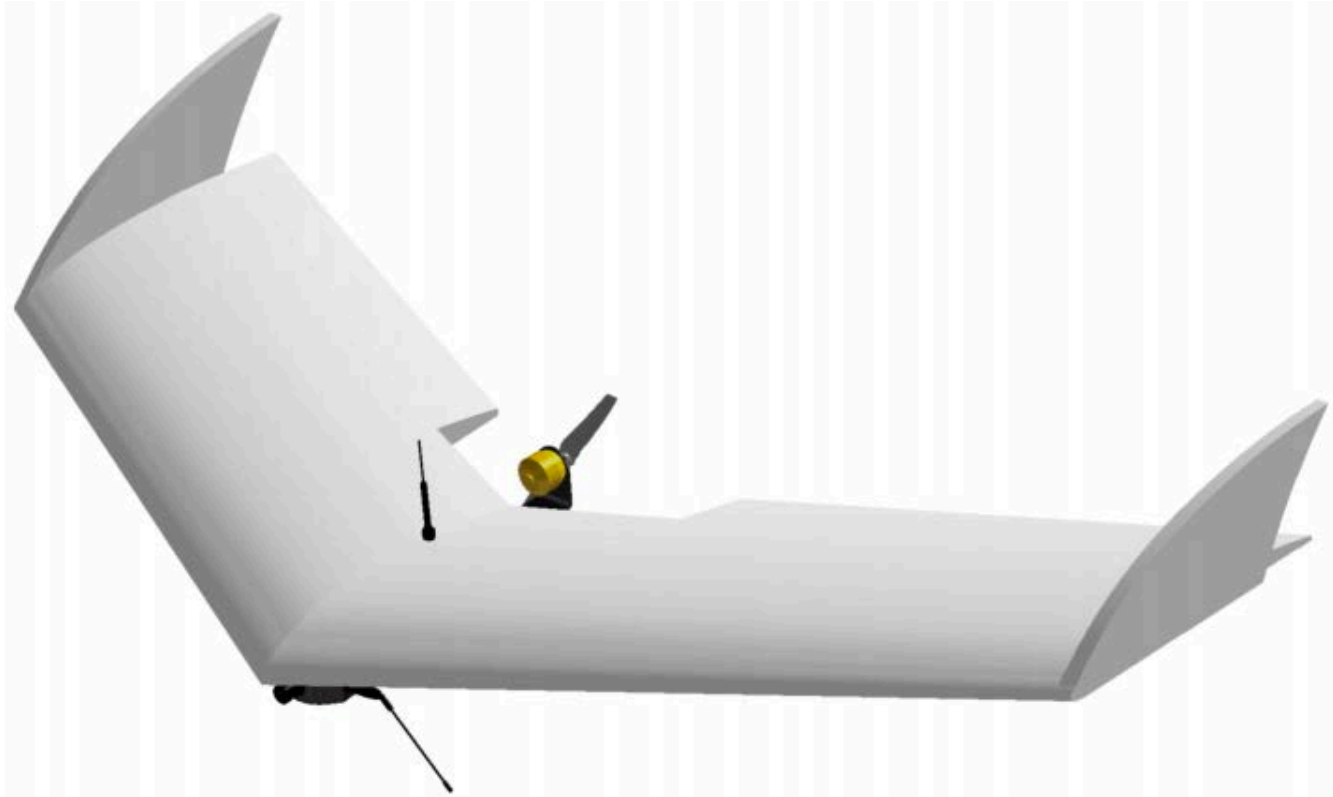
- Resolución espacial
- Resolución temporal

# Drones: tipos



ALA FIJA

# Drones: tipos


















ALA VOLADORA

# Drones: tipos



MULTICÓPTERO O  
ALA ROTATORIA

# Drones: tipos

			
Zona de aterrizaje			
Maniobrabilidad			
Capacidad de carga			
Autonomía			



# Sensores acoplables drones



RGB



# Sensores acoplables drones



Térmica



# Sensores Drones



LIDAR



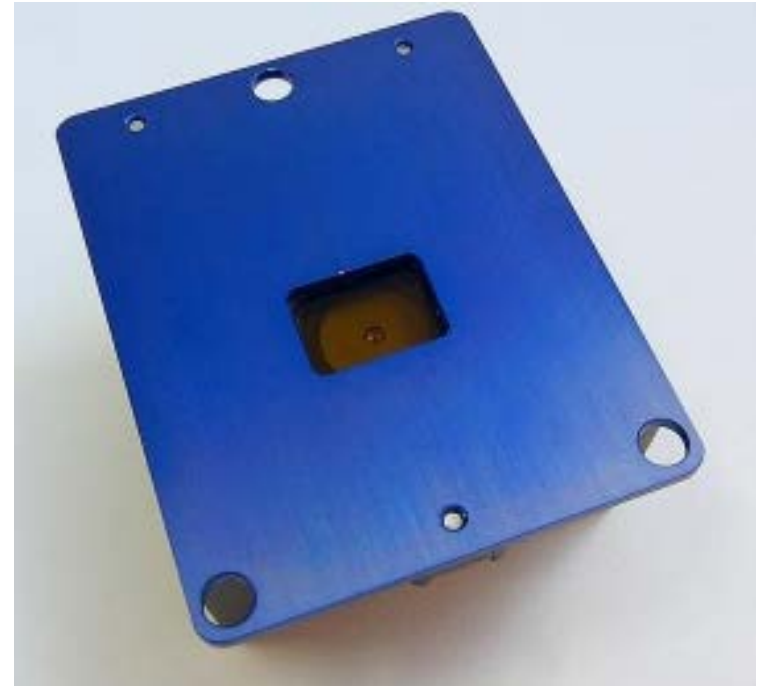
# Sensores Drones



RGNIR



# Sensores Drones



RGNIR

# Sensores Drones



MULTIESPECTRAL



# Sensores Drones



R-G-NIR-RE-RGB

# Sensores Drones



HIPERESPECTRAL



# Uso de los drones en agricultura

- **Principal objetivo del agricultor:** obtener el producto agrícola de una manera rentable.



# Uso de los drones en agricultura

**Coste de la tecnología:** abordable por la agricultura.

# Uso de los drones en agricultura

- **Tecnología:** permite al agricultor implementar nuevas estrategias en el manejo del cultivo.

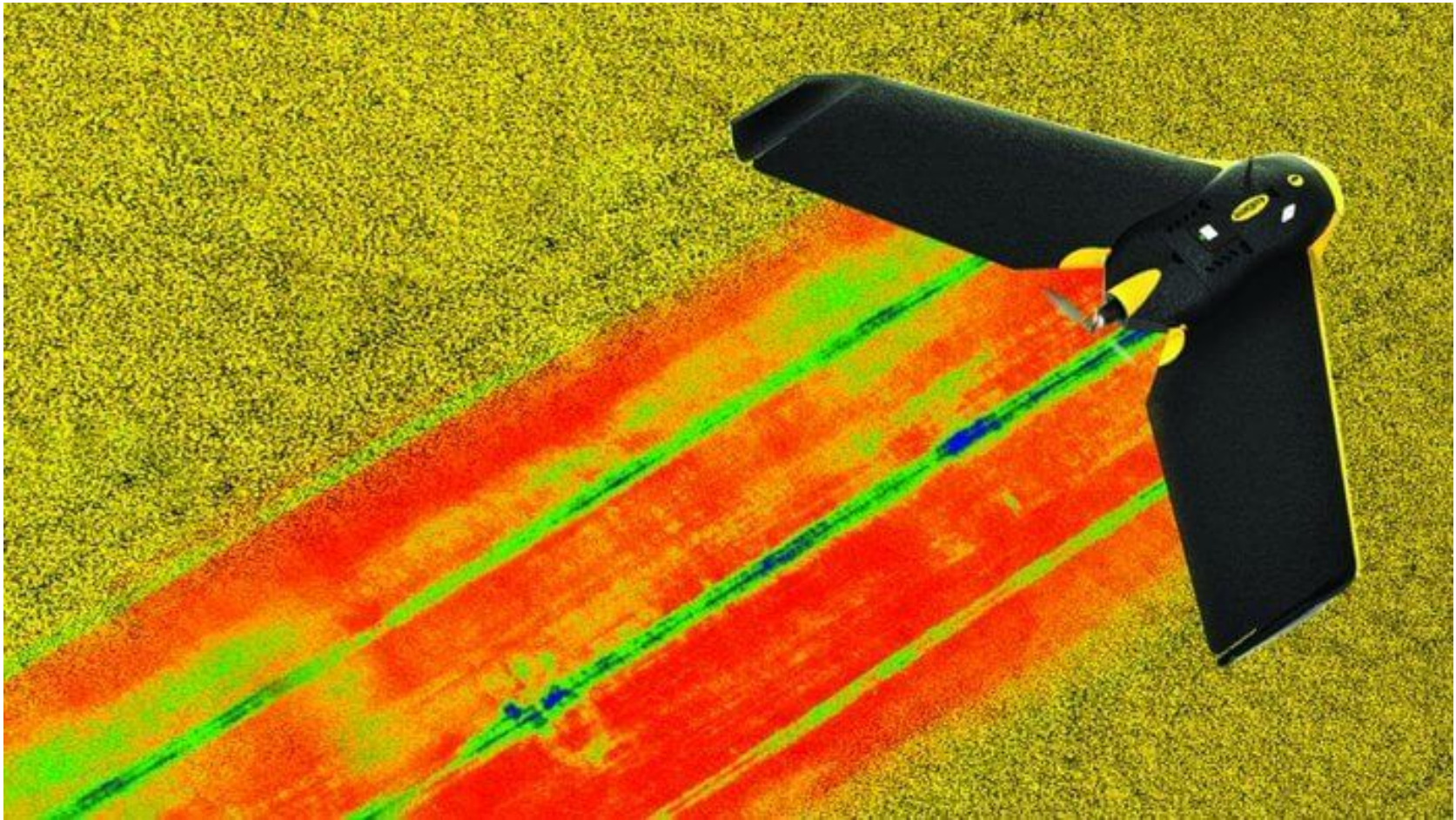
# Uso de los drones en agricultura

- **Agricultura de precisión:** Tiene en cuenta la variabilidad espacial dentro de la parcela de cultivo

# Uso de los drones en agricultura

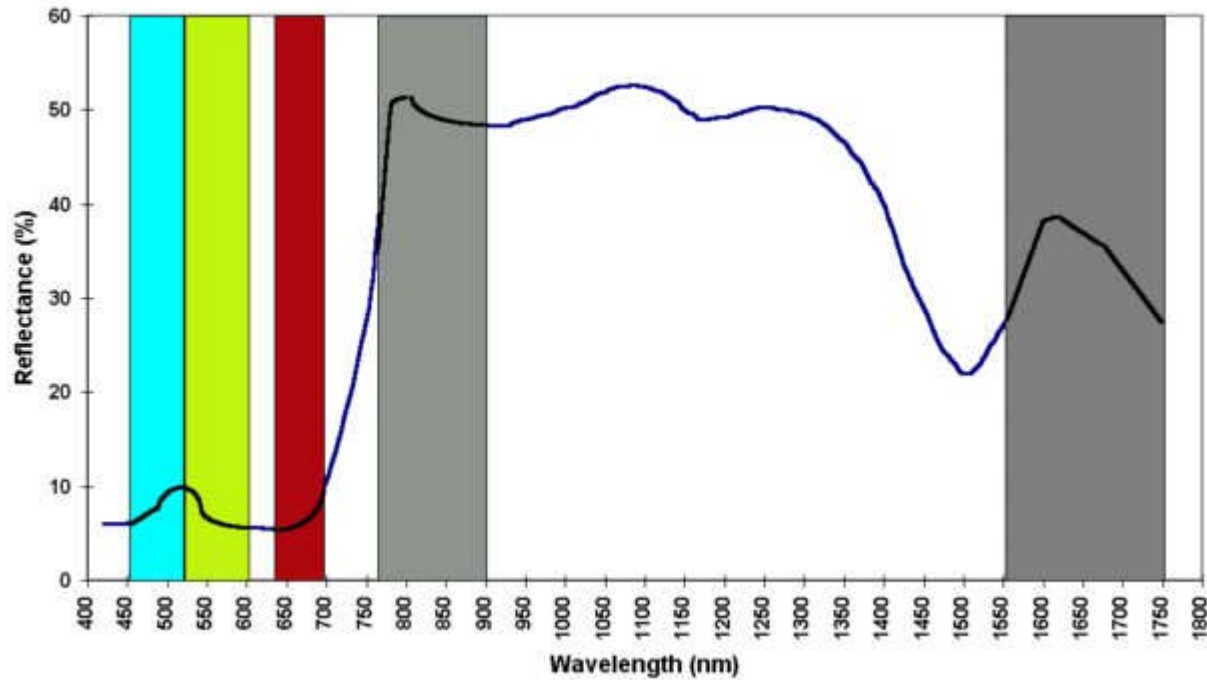


# Uso de los drones en agricultura



# Uso de los drones en agricultura

Curva de reflectancia característica de un cultivo sano



# Uso de los drones en agricultura

El estado de salud puede ser cuantificado con instrumentos ópticos

Esta cuantificación se puede realizar a lo largo de la sesión de cultivo y se puede conocer cómo se distribuye por la parcela

Esto puede ayudar a realizar una planificación del manejo localizado de la parcela

**Dónde** realizar el tratamiento?

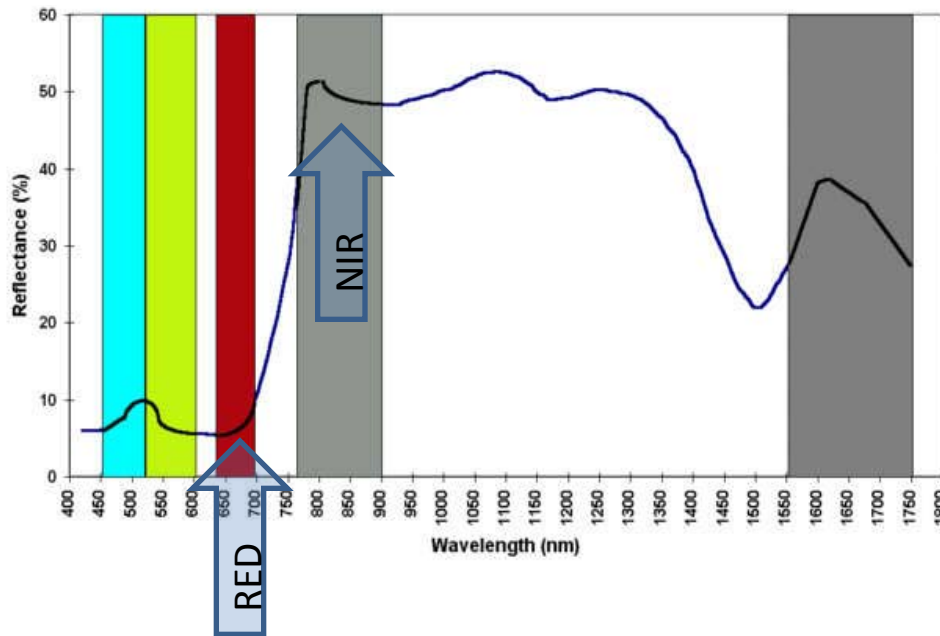
**Qué cantidad** de tratamiento es necesaria?



# Uso de los drones en agricultura

- **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**

Curva típica de reflectancia de un cultivo sano



$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Where:

Red: red reflectance

NIR: NIR reflectance

$$-1 \leq NDVI \leq 1$$

# Uso de los drones en agricultura

Various remote sensing indices related to vegetation cover and chlorophyll content.

Name	Type <sup>a</sup>	Abbrev.	Equation <sup>b</sup>	References
Ratio vegetation index (also called simple ratio)	Red–NIR	RVI	$R_n/R_r$	Jordan (1969) and Pearson and Miller (1972)
Normalized difference vegetation index	Red–NIR	NDVI	$(R_n - R_r)/(R_n + R_r)$	Rouse et al. (1974) and Tucker (1979)
Soil adjusted vegetation index	Red–NIR	SAVI	$(1 + 0.5)(R_n - R_r)/(R_n + R_r + 0.5)$	Huete (1988)
Modified soil adjusted vegetation index	Red–NIR	MSAVI	$0.5[2 \cdot R_n + 1 - \sqrt{(2 \cdot R_n + 1)^2 - 8(R_n - R_r)}]$	Qi et al. (1994)
Optimized soil adjusted vegetation index	Red–NIR	OSAVI	$(1 + 0.16)(R_n - R_r)/(R_n + R_r + 0.16)$	Rondeaux et al. (1996)
Enhanced vegetation index	Vis–NIR	EVI	$2.5(R_n - R_r)/(R_n + 6 \cdot R_r - 7.5 \cdot R_b + 1)$	Huete et al. (2002)
Triangular vegetation index	Vis–NIR	TVI	$0.5[120(R_n - R_g) - 200(R_r - R_g)]$	Broge and Leblanc (2000)
Second modified triangular vegetation index	Vis–NIR	MTVI2	$1.5[2.5(R_n - R_g) - 2.5(R_r - R_g)]/\sqrt{(2 \cdot R_n + 1)^2 - 6 \cdot R_n - 5 \cdot \sqrt{(R_r) - 0.5}}$	Haboudane et al. (2004)
Chlorophyll vegetation index	Vis–NIR	CVI	$R_n \cdot R_r / R_g^2$	Vincini et al. (2008)
Green normalized difference vegetation index	Green–NIR	gNDVI	$(R_n - R_g)/(R_n + R_g)$	Gitelson et al. (1996)
Chlorophyll index – green	Green–NIR	CI-G	$R_n/R_g - 1$	Gitelson et al. (2003)
Normalized green red difference index	Vis	NGRDI	$(R_g - R_r)/(R_g + R_r)$	Tucker (1979)
Green leaf index	Vis	GLI	$(2 \cdot R_g - R_r - R_b)/(2 \cdot R_g + R_r + R_b)$	Louhaichi et al. (2001)
Visible atmospherically resistant index	Vis	VARI	$(R_g - R_r)/(R_g + R_r - R_b)$	Gitelson et al. (2002)
Normalized difference red edge index	RE–NIR	NDREI	$(R_n - R_{re})/(R_n + R_{re})$	Gitelson and Merzlyak (1994)
Chlorophyll index – red edge	RE–NIR	CI-RE	$R_n/R_{re} - 1$	Gitelson et al. (2003)
MERIS total chlorophyll index	RE–NIR	MTCI	$(R_{750} - R_{710})/(R_{710} - R_{680})$	Dash and Curran (2004)
Modified chlorophyll absorption reflectance index	Red–RE	MCARI	$[(R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})](R_{700}/R_{670})$	Daughtry et al. (2000)
Transformed chlorophyll absorption reflectance index	Red–RE	TCARI	$3[(R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})](R_{700}/R_{670})$	Haboudane et al. (2002)
Triangular chlorophyll index	Red–RE	TCI	$1.2(R_{700} - R_{550}) - 1.5(R_{670} - R_{550}) \cdot \sqrt{(R_{700}/R_{670})}$	Haboudane et al. (2008)
Combined index with TCARI	Red–RE–NIR	TCARI/OSAVI	TCARI/OSAVI	Haboudane et al. (2004)
Combined index with MCARI	Vis–RE–NIR	MCARI/MTVI2	MCARI/MTVI2	Eitel et al. (2007, 2008)
Triangular greenness index	Vis	TGI	$-0.5[(\lambda_r - \lambda_b)(R_r - R_g) - (\lambda_r - \lambda_g)(R_r - R_b)]$	Hunt et al. (2011)

<sup>a</sup> Indices are grouped based on the major wavelengths used: NIR (n, 760–900 nm), red edge of chlorophyll absorption (re, 700–730 nm), red (r, 630–690 nm), green (g, 520–600 nm), blue (b, 450–520 nm), and visible (vis, 450–690 nm). Red–RE and RE–NIR indices typically use narrow bands, whereas Red–NIR and Vis indices may use either broad or narrow wavebands. Wavelength ranges for overlapping digital camera bands are: red 580–670 nm, green 480–610 nm, and blue 400–520 nm (Hunt et al., 2005).

<sup>b</sup>  $R_\lambda$  is the reflectance at wavelength  $\lambda$ ;  $R_n$ ,  $R_{re}$ ,  $R_r$ ,  $R_g$ , and  $R_b$  are the reflectances for NIR, RE, red, green, and blue bands, respectively.

# Uso de los drones en agricultura

$$K = A \exp(B \times I) + C$$

K: parámetro biofísico  
I: índice de vegetación  
A, B, C: coeficientes

# Uso de los drones en agricultura

Índice de vegetación (I) relacionado con parámetros biofísicos (K):

- Biomasa
- Estructura de la cubierta vegetal
- Índice de área foliar

Usa las bandas roja e infrarroja

Índice de vegetación (I) relacionado con parámetros biofísicos (K):

- Concentración de pigmento de la hoja
- Contenido en nitrógeno

Usa las bandas visibles (RGB)

# Uso de los drones en agricultura

K: parámetro biofísico

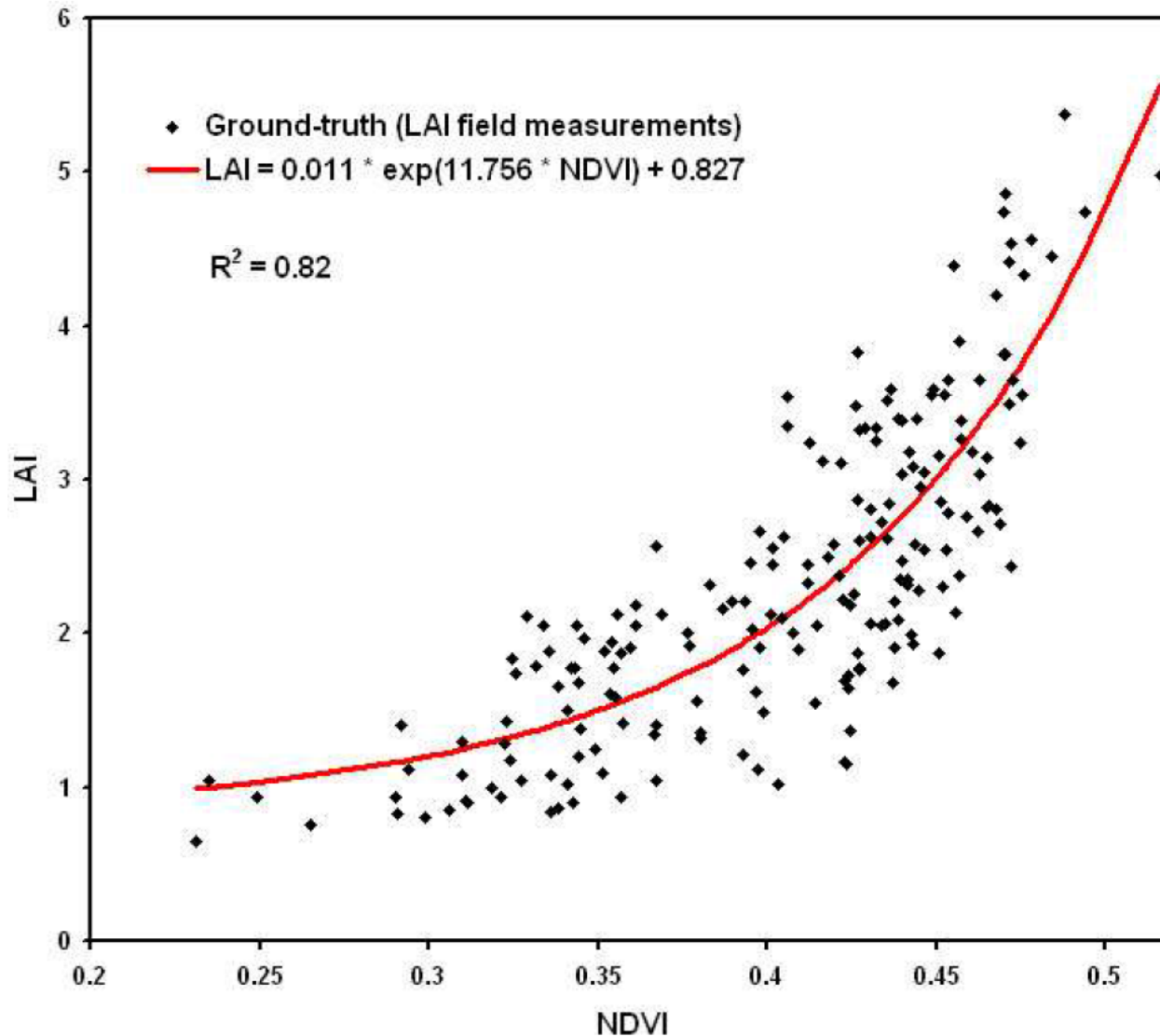
I: índice de vegetación

A, B, C: coeficientes

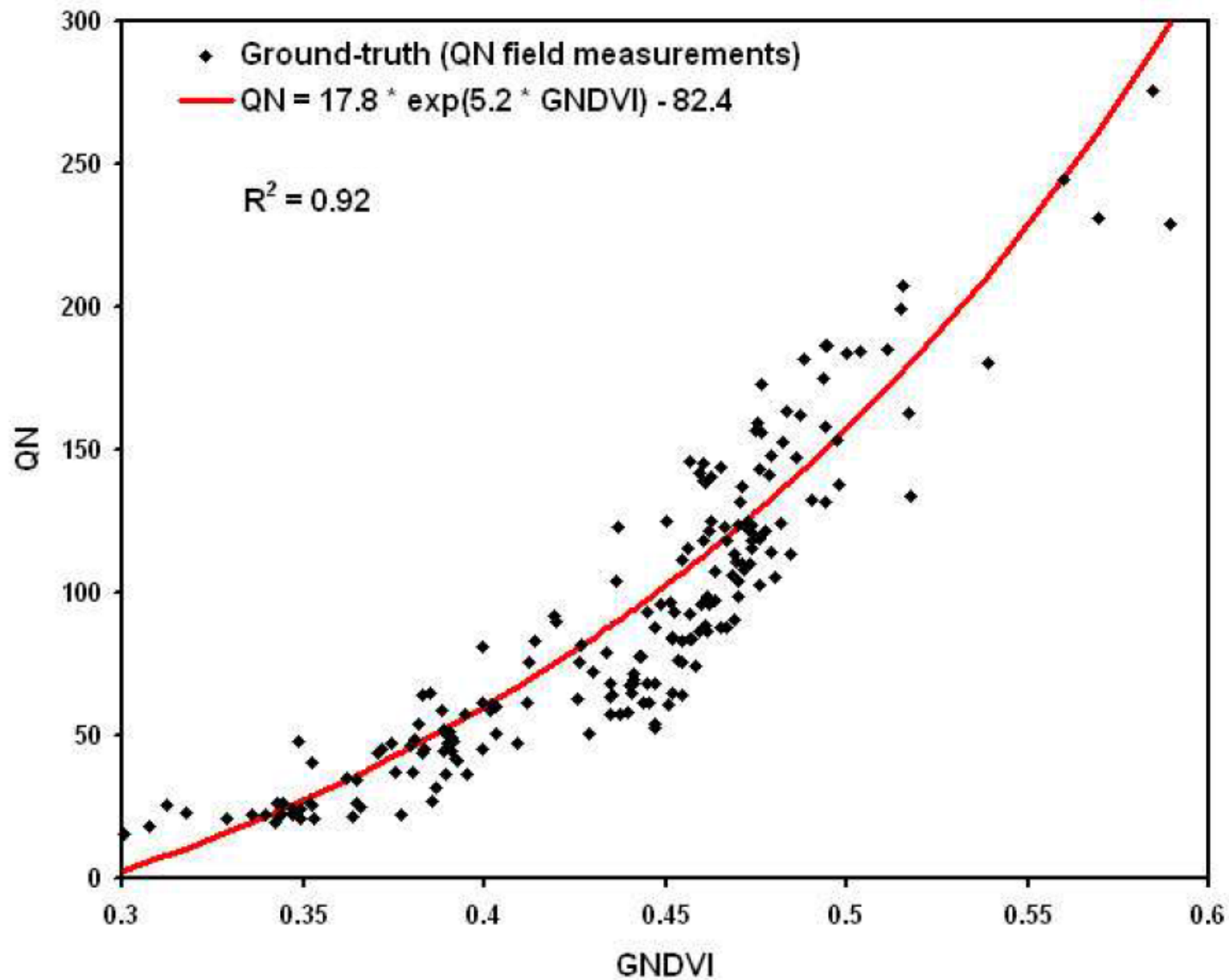
$$K = A \exp(B \times I) + C$$

Name of Indices	Index expression
NDVI (normalized difference vegetation index)	$(\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$
SAVI (soil-adjusted vegetation index)	$(1 - L)(\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R} - L)$ with $L=0.5$
GNDVI (green normalized difference vegetation index)	$(\text{NIR} - \text{G}) / (\text{NIR} + \text{G})$
GI (greenness index)	$(\text{R} - \text{V}) / (\text{R} + \text{V})$

# Uso de los drones en agricultura



# Uso de los drones en agricultura



# Uso de imágenes multitemporales para la monitorización de un cultivo de girasol





Proyecto P08-TEP-3870

Junta de Andalucía (Spain)

co-financed with FEDER funds of the  
European Union.



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Infraestructura de  
investigación y desarrollo  
Tecnológico en una tecnología  
específica



**JUNTA DE ANDALUCÍA**

CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA



**Andalucía  
se mueve con Europa**

# Objetivo

**Estudiar la viabilidad de un sistema compuesto por un UAV y una cámara multispectral (R-G-NIR) para adquirir imágenes a lo largo del ciclo de un cultivo de girasol y relacionar la información deducida de éstas con diferentes índices de cultivo.**



# Materiales y Métodos

- **Parcela de ensayo**

- **Localización:** Córdoba, Sur de España
- **Suelo:** deep sandy-loam (Typic Xerofluvent)
- **Clima:** altas temperaturas en verano, la mayoría de la lluvia cae en primavera y otoño.

# Materiales y Métodos

## • Parcela de ensayo

### - Riego (25 mayo):

R1: 100%.

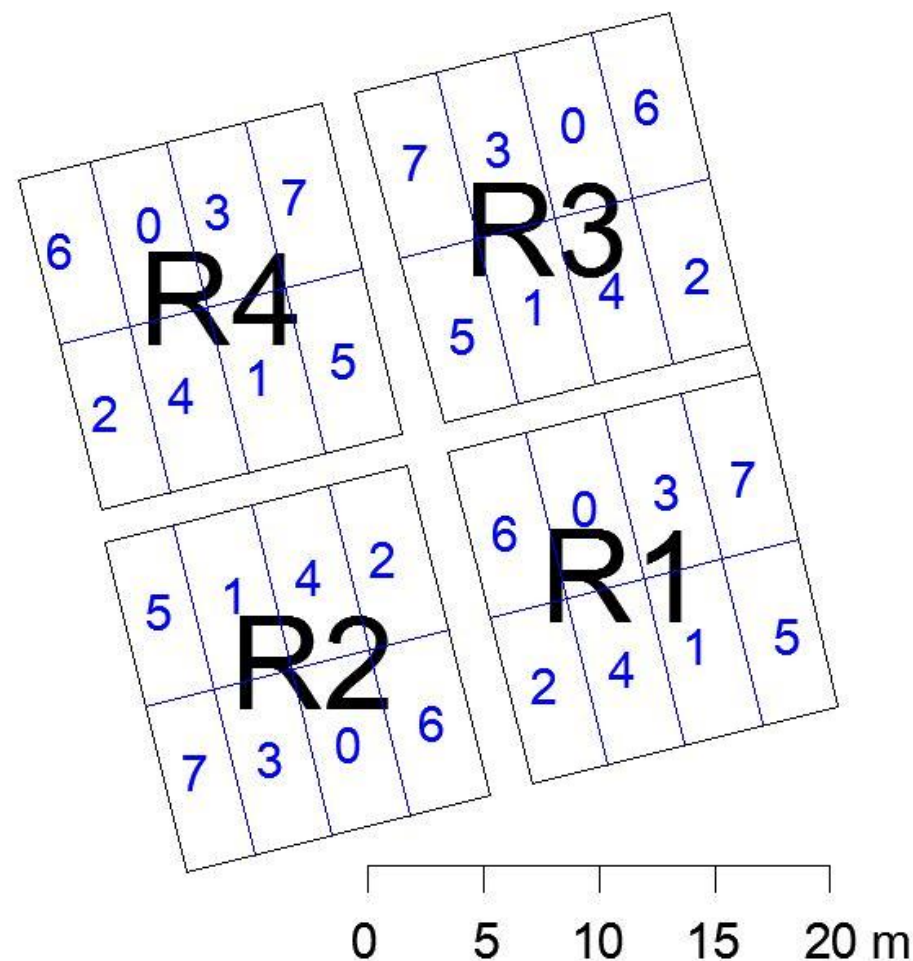
R2: 100% hasta antesis.

R3: 50%.

R4: no riego.

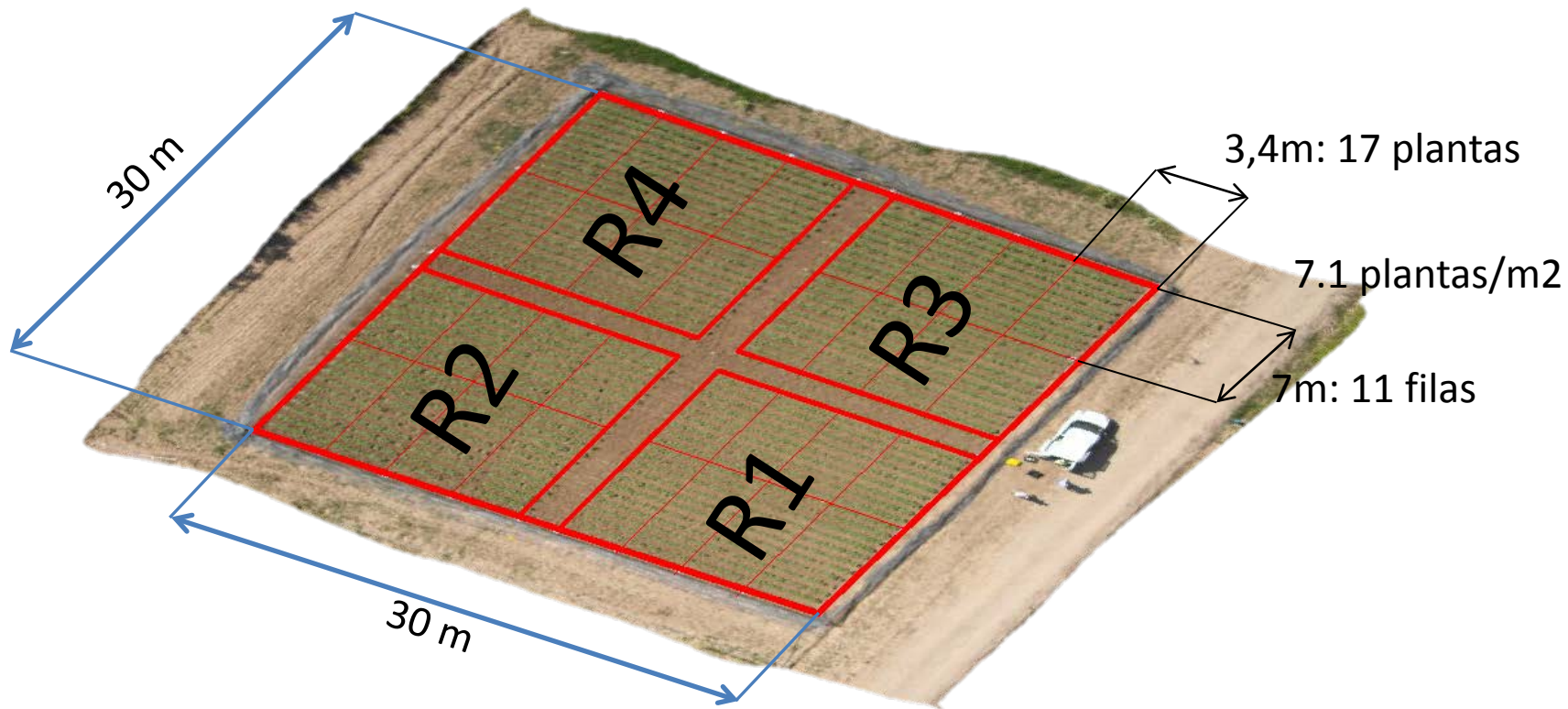
### - Nitrógeno aplicado

0 a 7: 10 x kg/ha



# Material es y Métodos

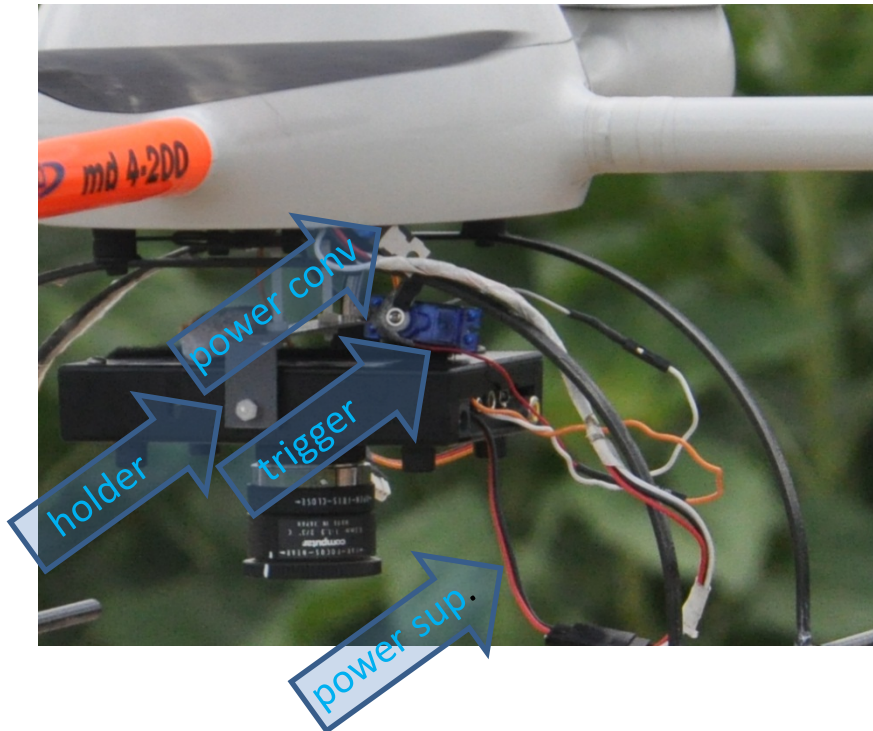
- Parcela de ensayo



# Materialles y Métodos

- **Imágenes:**

- ADC Lite Tetracam:  
(520-920 nm, R-G-NIR)
- UAV md4-200  
Microdrones



# Materialles y Métodos



# Materiales y Métodos





# Materiales y Métodos

- **imágenes**

Seis imágenes en cuatro fechas durante la sesión del cultivo:

- 27 de abril x1



# Materiales y Métodos

- **Imágenes**

Seis imágenes en cuatro fechas durante la sesión del cultivo:

- 19 mayo x 2



# Material es y Métodos

- **Imágenes**

Seis imágenes en cuatro fechas durante la sesión del cultivo:

- 30 mayo x 1



# Materiales y Métodos

- **Imágenes**

Seis imágenes en cuatro fechas durante la sesión del cultivo:

- 23 junio x 2



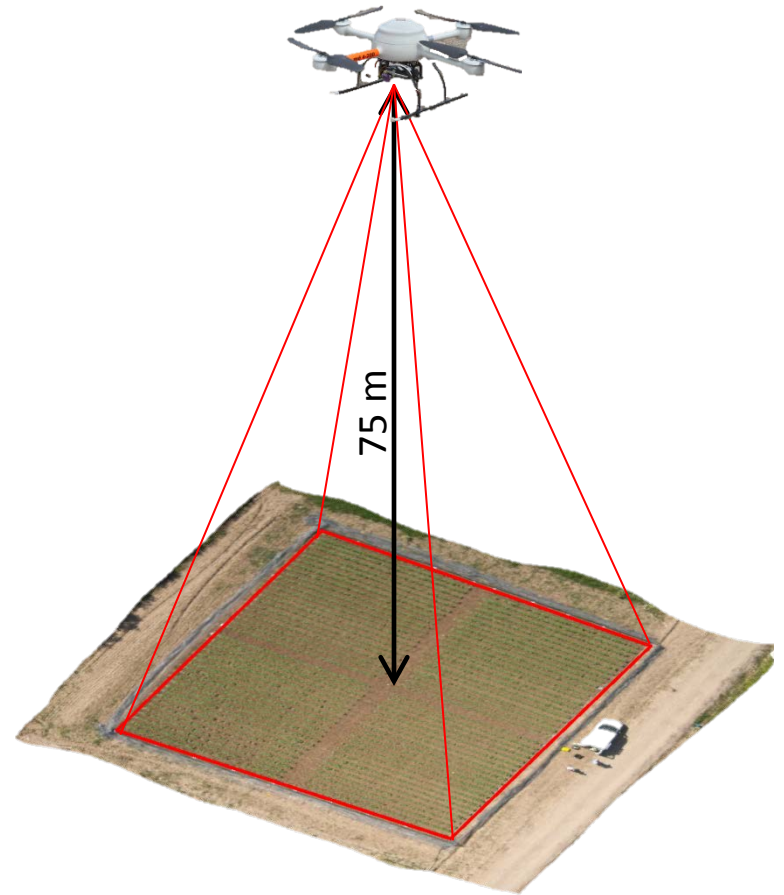
# Materiales y Métodos

- **Medidas ópticas  
(Imágenes)**

Seis imágenes de la finca durante la sesión del cultivo:

- 27 abril
- 19 mayo
- 30 mayo
- 23 junio

Altura de vuelo: 75 m



# Material es y Métodos

- **Medidas ópticas (imágenes)**

- 27 abril x 1
- 19 mayo x 2
- 30 mayo x 1
- 23 junio x 2

Altura de vuelo 75 m

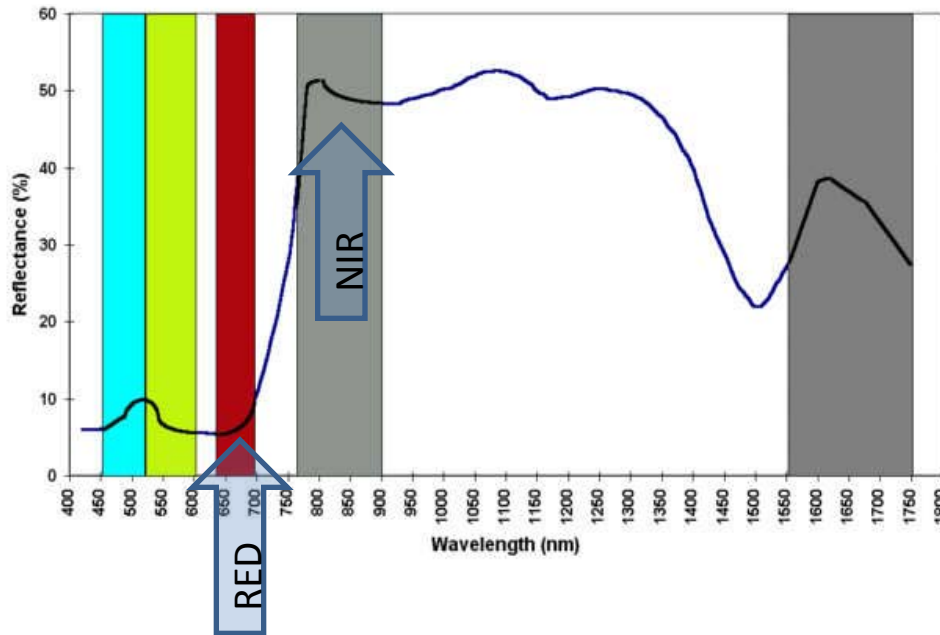
Imagen de georreferencia



# Materiales y Métodos

- **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**

Curva típica de reflectancia de un cultivo sano



$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Where:

Red: red reflectance (637 nm)

NIR: NIR reflectance (744 nm)

$$-1 \leq NDVI \leq 1$$

# Resultados y discusión

- Análisis de las imágenes

1



27th, April, 2011

2

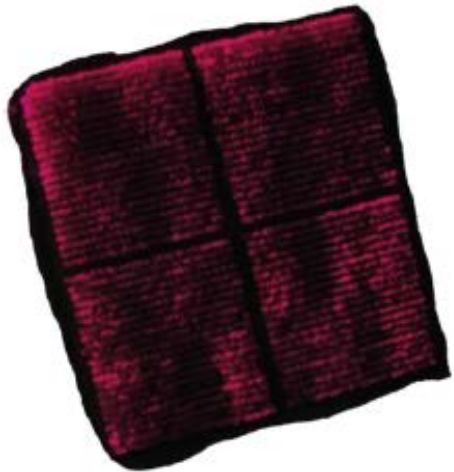


19th, May, 2011

3



4



30th, May, 2011

5



23rd, June, 2011

6





# Resultados y discusión

- Análisis de las imágenes

19 mayo

1



1x1 cm

2



30x30 cm

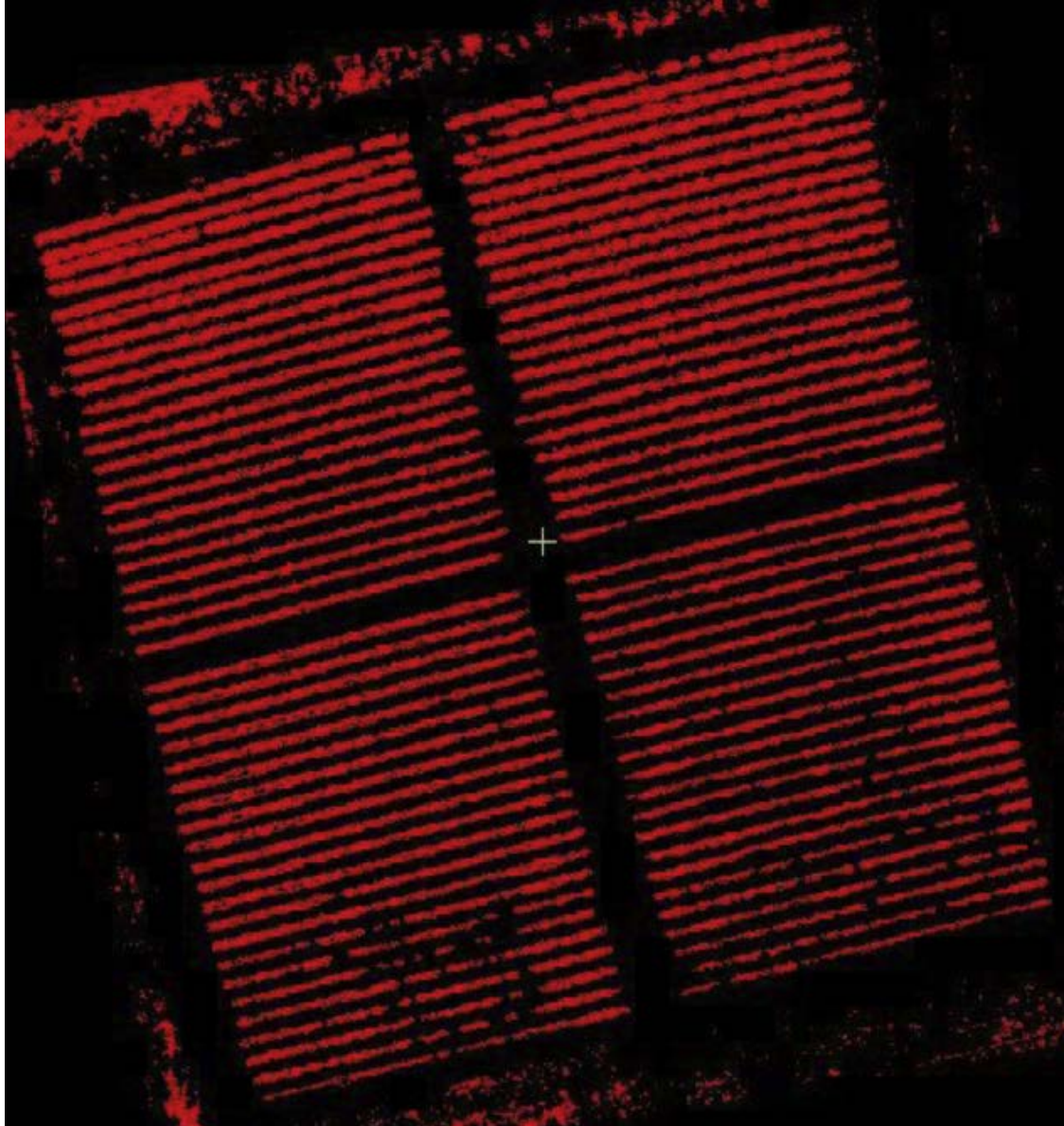
3



100x100 cm

# Resultados y discusión

- Análisis de las imágenes (clasificación)



# Resultados y discusión

## Coeficientes de correlación lineal NDVI vs rendimiento en grano

Date	Resolution Time	<u>1 × 1 cm</u> Classified	<u>1 × 1 cm</u> Not classified	<u>30 × 30 cm</u> Classified	<u>30 × 30 cm</u> Not classified	<u>100 × 100 cm</u> Not classified
27 March	midday	0.136	0.150	0.060	0.120	0.125
19 May	midday	0.744	0.739	0.691	0.775	0.511
19 May	afternoon	0.770	0.698	0.775	0.690	0.765
30 May	afternoon	0.736	0.816	0.708	0.818	0.739
23 June	midday	0.750	0.861	0.737	0.844	0.651
23 June	afternoon	0.834	0.673	0.625	0.719	0.715

# Resultados y discusión

## Coeficientes de correlación lineal NDVI vs biomasa

Date	Resolution Time	$1 \times 1$ cm Classified	$1 \times 1$ cm Not classified	$30 \times 30$ cm Classified	$30 \times 30$ cm Not classified	$100 \times 100$ cm Not classified
27 March	midday	0.171	0.145	0.048	0.136	0.129
19 May	midday	0.748	0.897	0.681	0.864	0.595
19 May	afternoon	0.953	0.922	0.762	0.764	0.765
30 May	afternoon	0.684	0.820	0.557	0.737	0.607
23 June	midday	0.773	0.573	0.722	0.849	0.686
23 June	afternoon	0.398	0.420	0.565	0.672	0.745

# Resultados y discusión

## Coeficientes de correlación lineal NDVI vs contenido en N

Date	Resolution Time	<u>1 × 1 cm</u> Classified	<u>1 × 1 cm</u> Not classified	<u>30 × 30 cm</u> Classified	<u>30 × 30 cm</u> Not classified	<u>100 × 100 cm</u> Not classified
27 March	midday	0.088	0.100	0.043	0.156	0.126
19 May	midday	0.773	0.954	0.675	0.796	0.656
19 May	afternoon	0.980	0.967	0.813	0.735	0.796
30 May	afternoon	0.800	0.897	0.838	0.863	0.823
23 June	midday	0.772	0.527	0.602	0.705	0.591
23 June	afternoon	0.445	0.478	0.549	0.447	0.446

# Conclusiones

- El NDVI, calculado a lo largo de la sesión de cultivo, está relacionado con el rendimiento en grano, biomasa y contenido en nitrógeno de la parte aérea de la planta, excepto en los estados de desarrollo muy tempranos.
- Las correlaciones entre el NDVI y los índices de rendimiento no se ven afectados por la resolución de la imagen ni por el proceso de clasificación.

# Conclusiones

- Se pueden detectar problemas que aparezcan en el cultivo, localizando las zonas con un bajo valor de NDVI, lo cual permite al agricultor usar técnicas de agricultura de precisión.
- El sistema compuesto por el UAV y el sensor R-G-NIR y la metodología descrita se han mostrado de utilidad para poder aplicar técnicas de Agricultura de Precisión (manejo localizado)

Proyecto P08-TEP-3870

Junta de Andalucía (Spain)

co-financed with FEDER funds of the  
European Union.



**Unión Europea**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Infraestructura de  
investigación y desarrollo  
Tecnológico en una tecnología  
específica



**JUNTA DE ANDALUCIA**

CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA



**Andalucía  
se mueve con Europa**



