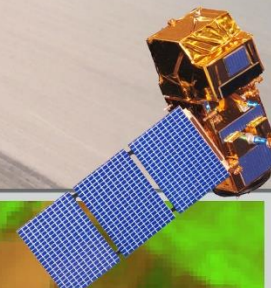
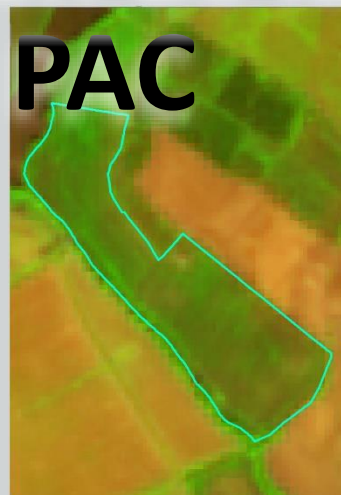




Aplicación de la teledetección y las nuevas tecnologías a la Monitorización de las



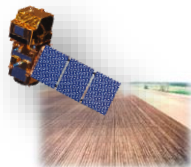
Ayudas de la PAC



La observación remota aplicada al seguimiento de los ecosistemas

Valsain, 26 de abril de 2022

Francisco Javier Rojo Revilla
Subdirección de Infraestructuras Agrarias
rojrevfr@itacyl.es



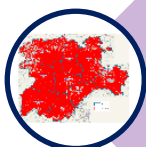
Presentación

Introducción



Qué es la Monitorización
Qué es posible monitorizar
Qué **NO** se puede monitorizar

Monitorización en Castilla y León



Precedentes
Implantación progresiva
Principios básicos

Conceptos básicos



Elementos que intervienen
Partes implicadas en el proceso

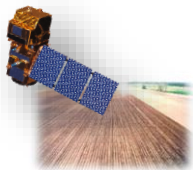
Aspectos destacables en relación con la Teledetección



Interrelación entre Segmentos
Machine Learning
Clasificación automática no supervisada
Análisis basado en índices
Concurrencia de Markers
Alerta Temprana
Apoyo a las Acciones complementarias



Integración con SATIVUM



Introducción

Qué es la Monitorización

MONITOR: el que advierte, aconseja o hace recordar (*latín*)

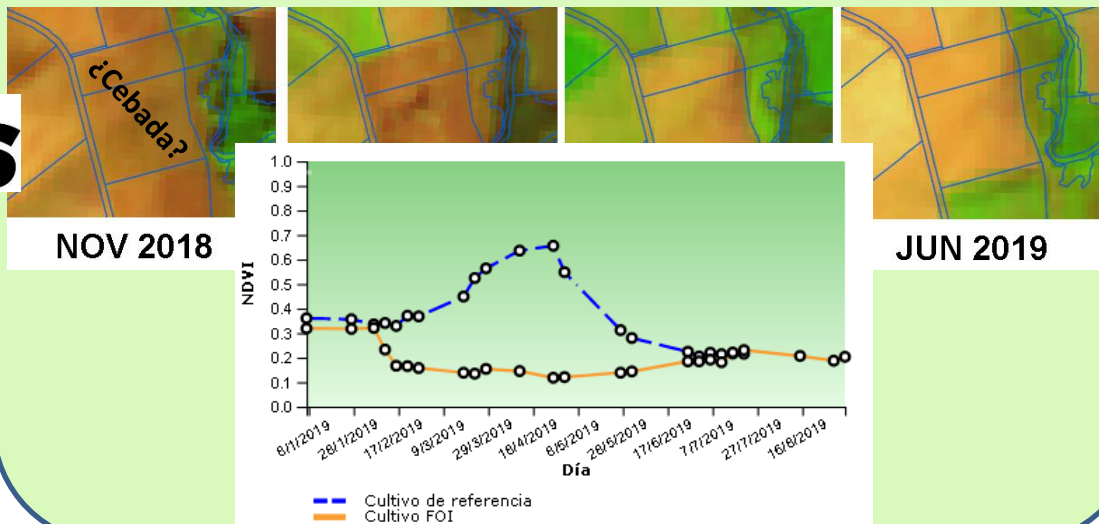
Monitorizar → **SEGUIR la evolución a lo largo del tiempo**

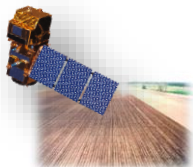
Inspección en campo
1 Inspección in situ



VS

Monitorización
Seguimiento durante toda la campaña



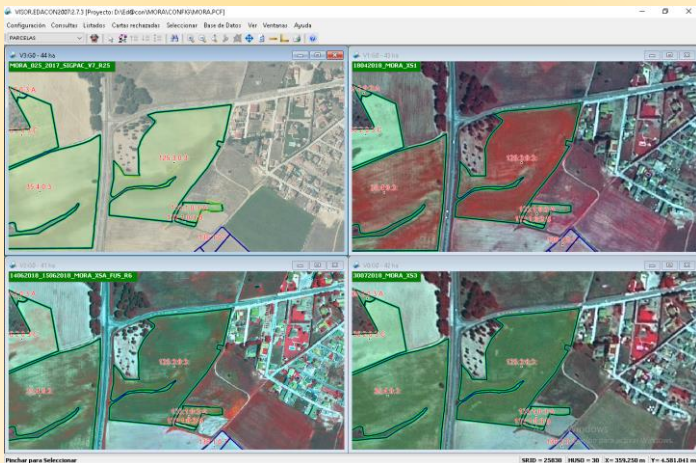


Introducción

Qué es la Monitorización

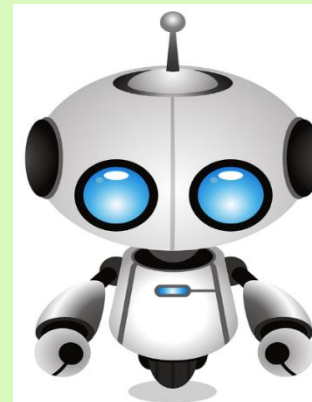
Monitorizar → teledetección AUTOMÁTICA

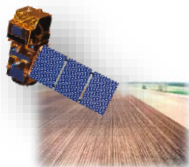
**Teledetección Clásica
Fotointerpretación**



VS

**Monitorización
Scripting+Machine
Learning+ Deep Learning**





Introducción

Qué es la Monitorización

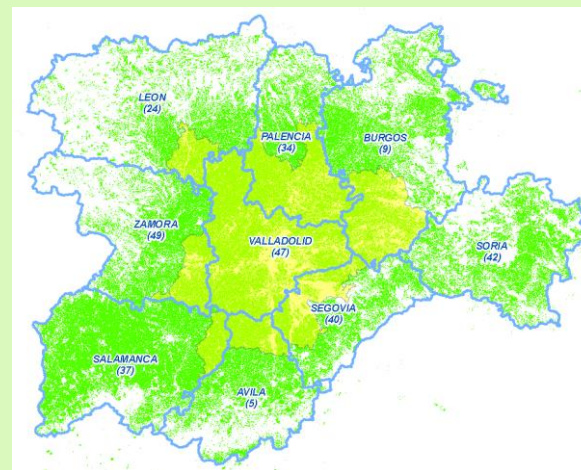
Monitorizar → TODA la superficie con Ayudas

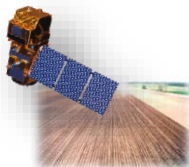
CST
5% muestra



VS

Monitorización
100% de la superficie





Introducción

Qué es la Monitorización

Monitorizar → **detectar indicios con alta
PROBABILIDAD**

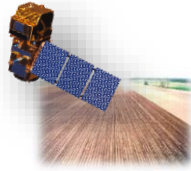
Inspección en campo
Hecho constatado



vs

Monitorización
Indicio muy probable





Introducción

Qué es la Monitorización

Monitorizar → **detectar incidencias y proponer MODIFICACIONES**

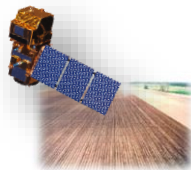
Inspección en campo
Enfoque Punitivo



VS

Monitorización
Enfoque Colaborativo

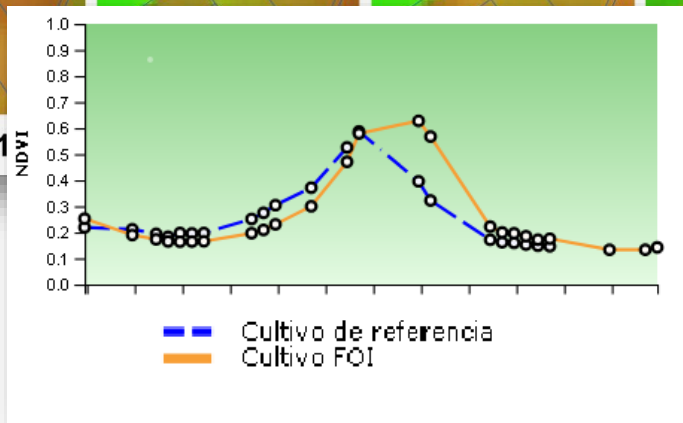
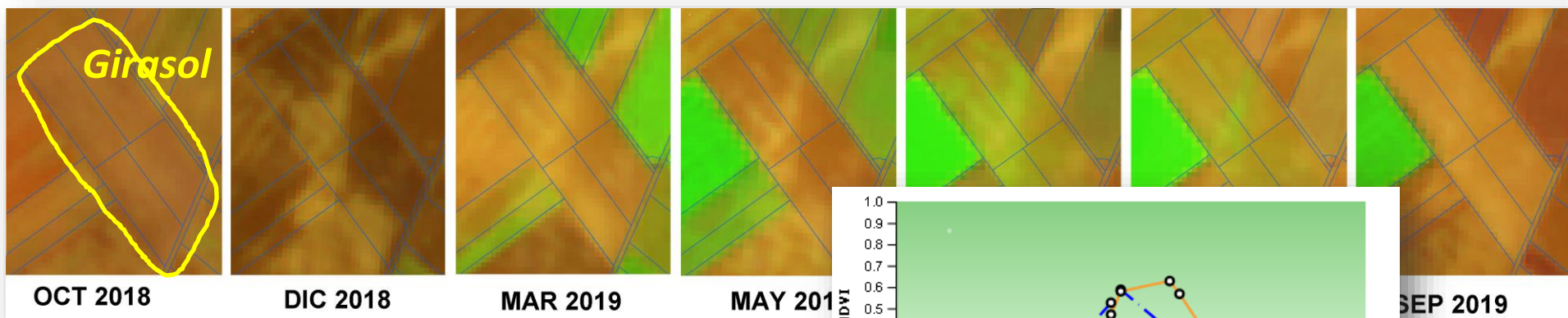




Introducción

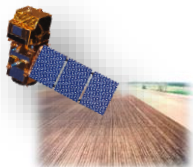
Qué es posible monitorizar

- **Evidencias puntuales** en un momento de la campaña
- **Evidencias** que se producen **en un lapso de tiempo**
- **Compatibilidad de la cubierta** del terreno observado respecto del cultivo declarado (análisis de la serie temporal)
- **Homogeneidad** en la cubierta (análisis de la serie temporal)



Evaluación de:

- **Actividad Agraria**
- **Otros requisitos específicos**

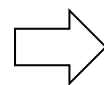
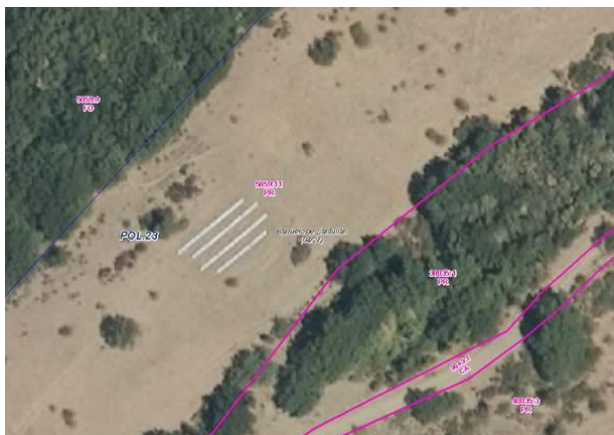


Introducción

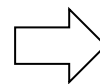
Qué NO se puede monitorizar

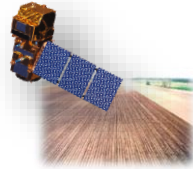
Baja Resolución (tamaño de píxel 10 m.) → no hay capacidades métricas

Asentamiento
Apícola



Olivar (nº de
árboles, marco de
plantación)

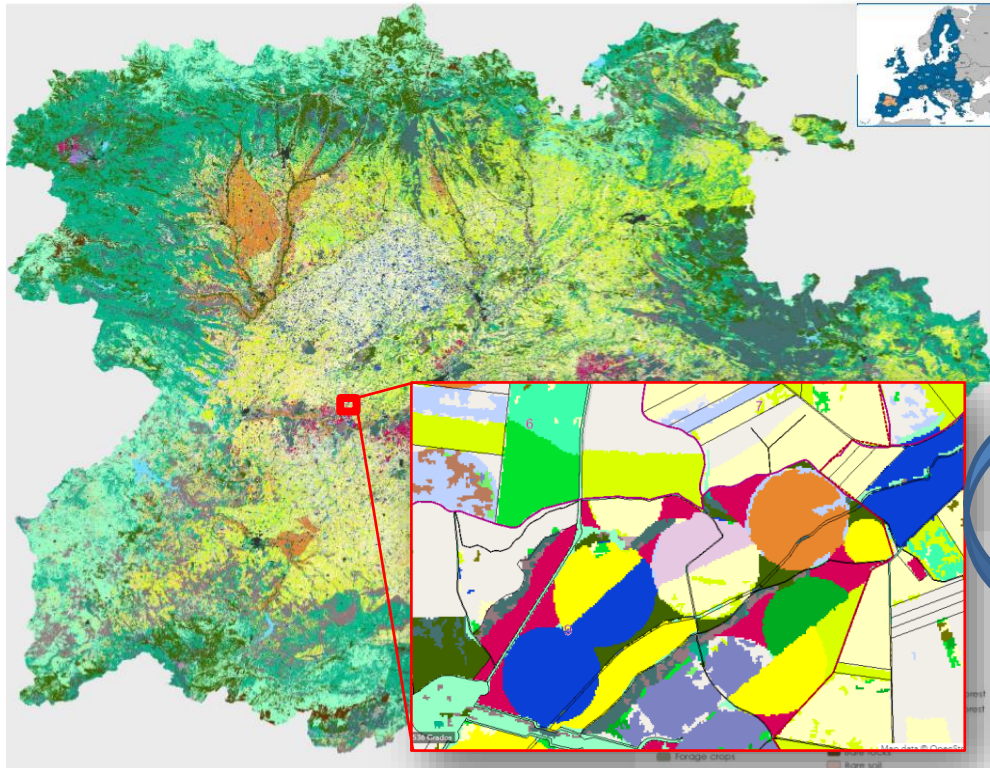




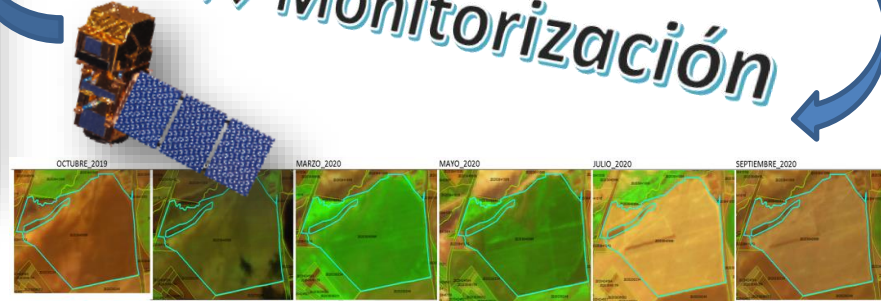
Monitorización en Castilla y León

Precedentes

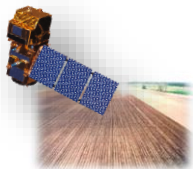
2014



Control sobre el Terreno
↔ Monitorización



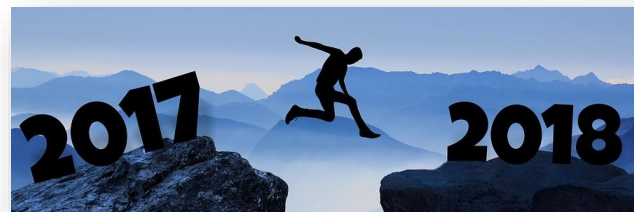
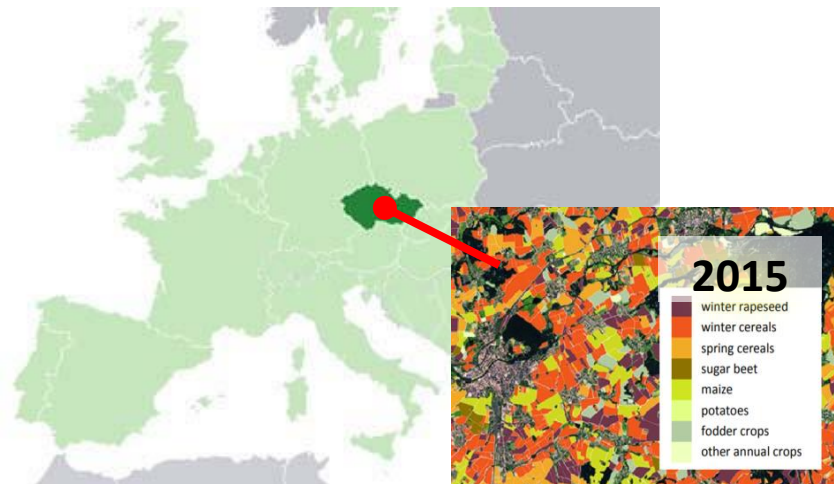
<http://mcsncyl.itacyl.es/>



Monitorización en Castilla y León

Precedentes

2017

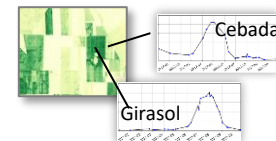


sen4cap

common agricultural policy



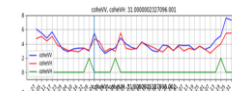
Índices de vegetación



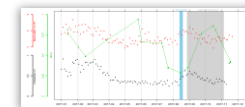
Identificación de cultivo



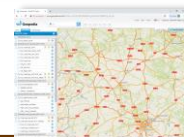
Detección de siegas

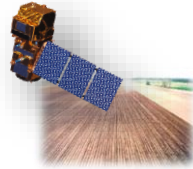


Actividad agraria (SIE)



Visor geográfico





Monitorización en Castilla y León

Precedentes



$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \delta(x-a) dx$$

$$p(x, y, z) = \sum_{i=1}^n p_i(x) \delta(x - a_i)$$

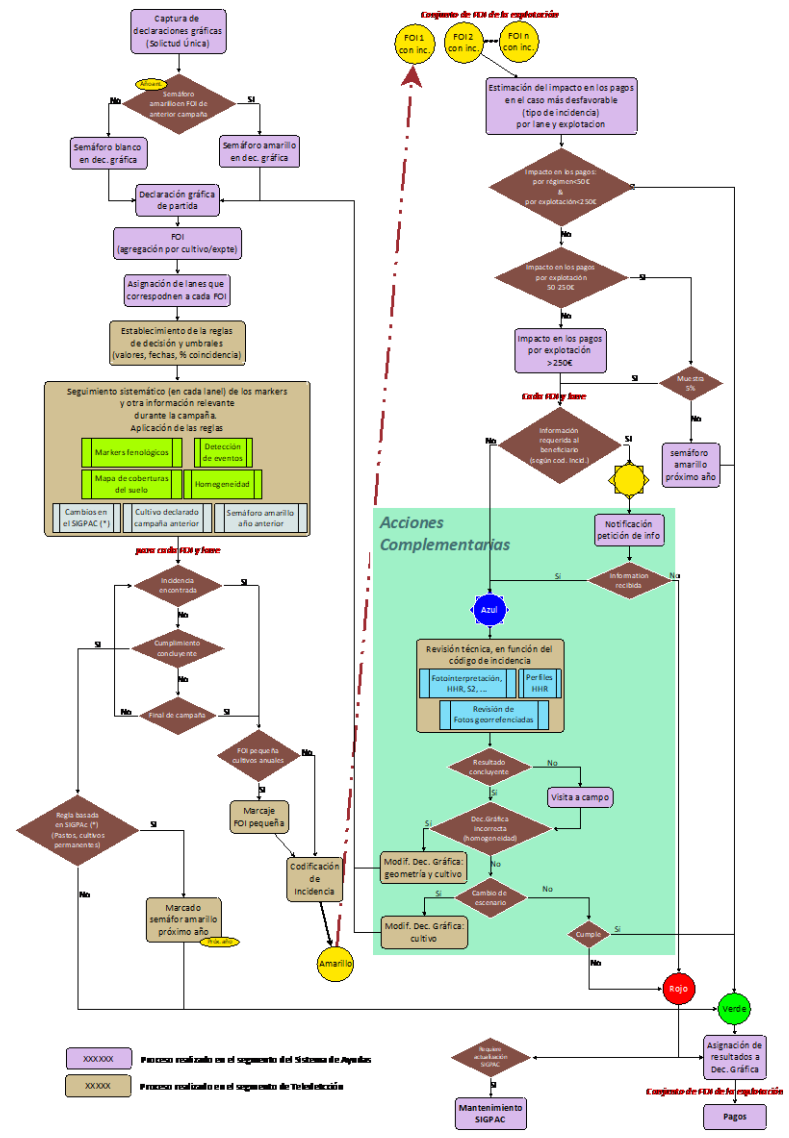
$$TC(Q, g, m) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_i \cdot c_j \cdot D_{ij} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_j} \right)$$

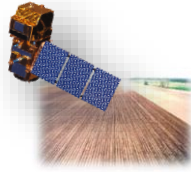
$$\frac{d}{dx} \left(\frac{a+b(x)}{c+d(x)} \right) = \frac{d}{dx} \left[\frac{Ap(x, \phi)}{AN(x, \phi)} \right]$$



```

00 unsigned int levam(
01 const size_t len1 = s1.size(), prevcol(const
vector<unsigned int> col(len2), i++)
for (unsigned int i = 0; i < prevcol.size(); i++) {
prevcol[i] = 1;
for (unsigned int j = 0; j = len2; j++) {
col[j] = 1;
for (unsigned int k = 0; k < prevcol[i] + j; k++) {
prevcol[i] + col[j] == s2[k] ? k : 1; }
col.swap(prevcol);
}
return prevcol[len2];
}
    
```

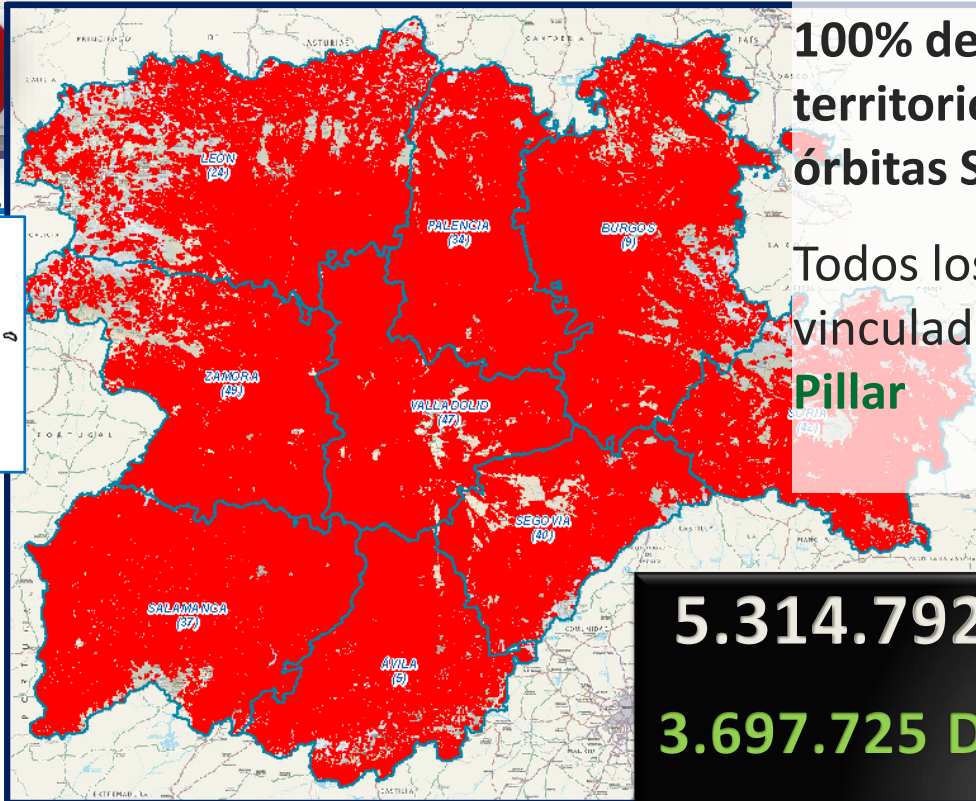




Monitorización en Castilla y León

Implantación progresiva (Phase-In)

2021



100% de la superficie declarada en el territorio de Castilla y León (3 órbitas S2)

Todos los regímenes de ayudas vinculados a superficies: **1^{er}** y **2^o**

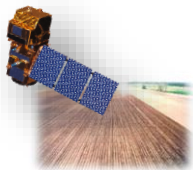
Pillar

5.314.792 ha

3.697.725 Dec./2.403.784 ParcAgr

63,708 Solicitantes

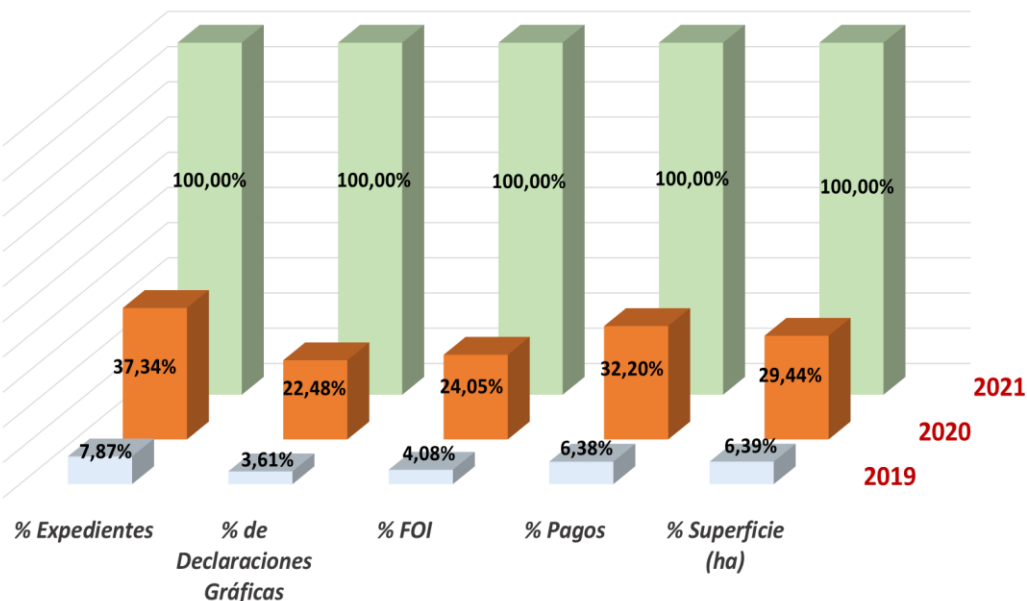
1.000.000.000 €



Monitorización en Castilla y León

Implantación progresiva (Phase-In)

Evolución en 3 años



de Ayudas

- 1) BPS / SFS / YFS
- 2) Diversificación
- 3) SIE
- 4) Pastos Permanentes
- 5) Proteaginosas
- 6) Oleaginosas
- 7) Legumbres de Calidad

Pago Básico

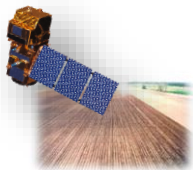
Pago Verde

Ayudas Asociadas

1^{er} Pilar
desde 2019

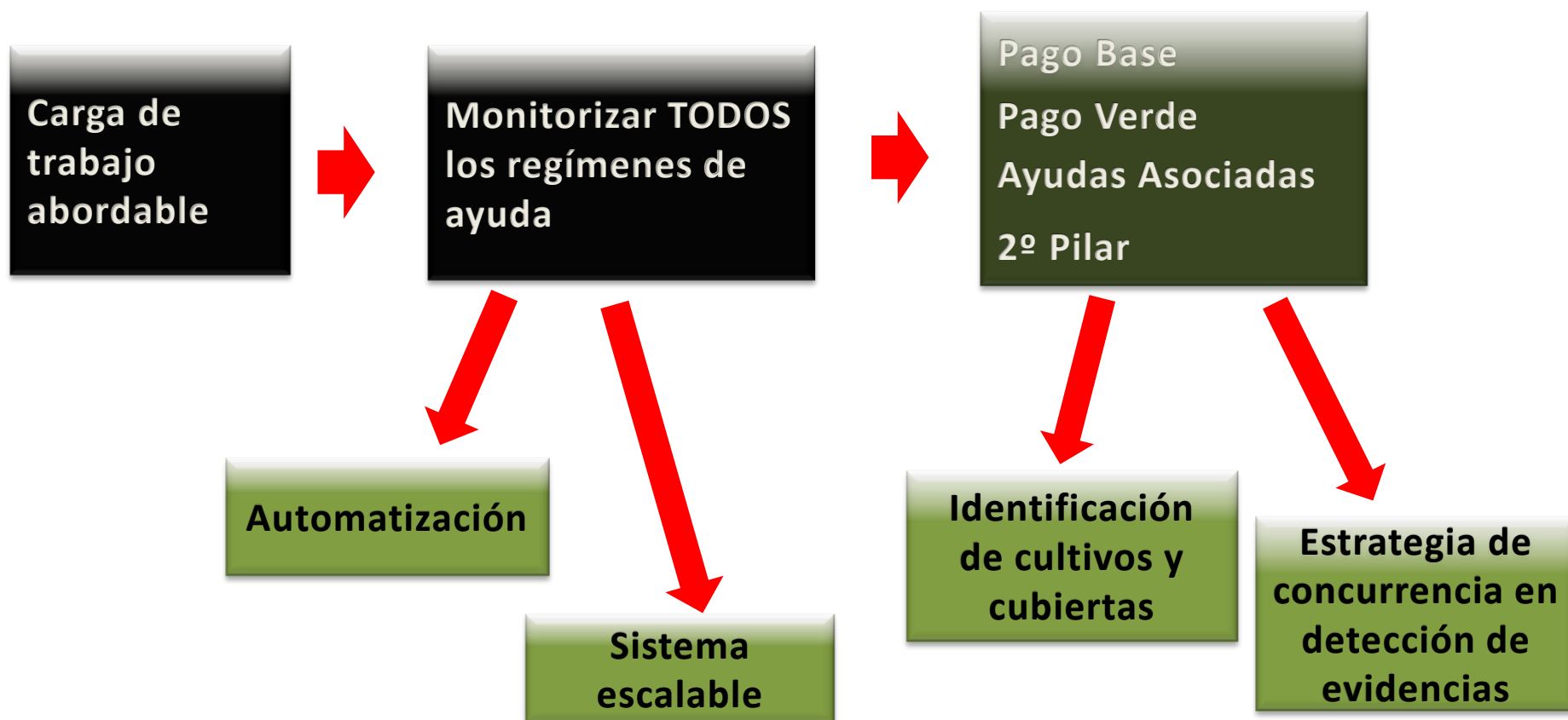
2^o Pilar
desde 2020

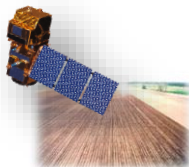
Carera
ra y Algarrobo
s Extensivos Secano
grada
industriales Sostenibles
ajeras Pastables
ológica
aciones Naturales



Monitorización en Castilla y León

Principios básicos del Sistema automático





Monitorización en Castilla y León

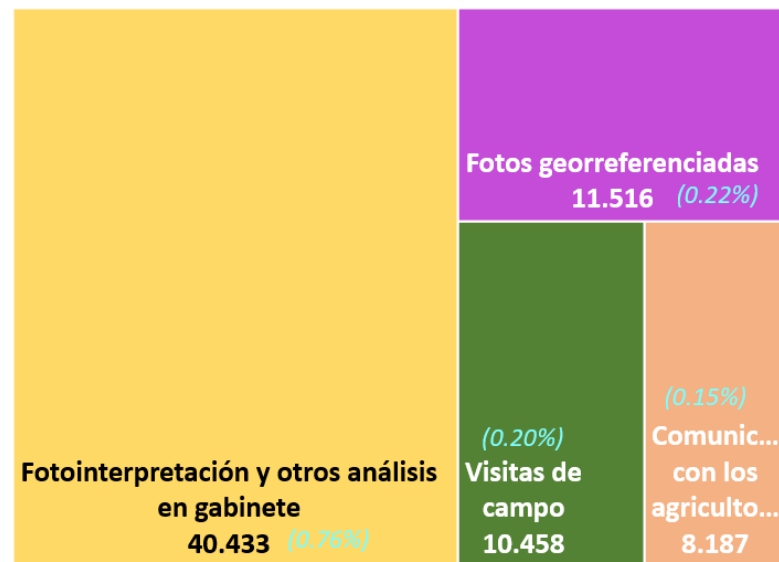
Principios básicos del Sistema automático

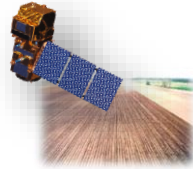
Objetivo: reducir la carga administrativa (y disponer de un sistema más estandarizado y reproducible)

Declaraciones gráficas



Area (ha)

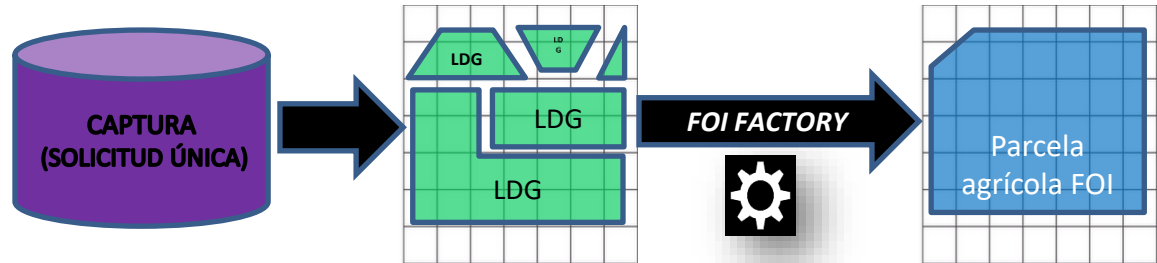




Conceptos Básicos

Elementos que intervienen

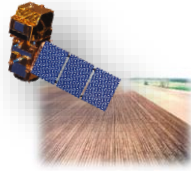
Parcela Agrícola → Unidad de Manejo
(FOI): *Feature Of Interest*



CyL

LDG	FOI	Dif.
3.669.962	2.403.286	1.266.676

% reducción	% eliminado
65,49%	34,51%



Conceptos Básicos

Elementos que intervienen

Escenarios → Comportamiento esperado (orienta las detecciones)

*Cultivos anuales de
Invierno*

*Cultivos anuales de
Verano*

*Cultivos herbáceos
plurianuales*

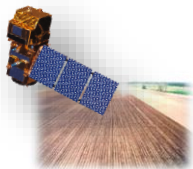
*Barbechos
blanco/cubierta*

*Cultivos leñosos
permanentes*

*Pastos
permanentes*

*Superficies
Forestadas*

*Declaradas NO
Admisibles*



Conceptos Básicos

Elementos que intervienen

LANE: Cada una de las líneas de ayuda o conjunto de compromisos que dan lugar a una decisión de pago

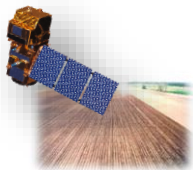
1 Parcela Agrícola → varias Lanes



para cada LANE:
1 evaluación
↳ 1 SEMÁFORO



Lane	Descripción	Nº de Registros	% s/total registros	Superficie implicada (ha)	% s/total superficie
BPS	PAGO BASE	816.102	43,13%	1.545.346,82	42,40%
SFS	RÉGIMEN DE PEQUEÑOS AGRICULTORES	13.015	0,69%	14.177,53	0,39%
DIV	PAGO VERDE - REQUISITOS DE DIVERSIFICACIÓN	798.379	42,19%	1.526.886,62	41,90%
FLW	PAGO VERDE - REQUISITOS EN BARBECHOS	53.445	2,82%	83.190,25	2,28%
NFC	PAGO VERDE - REQUISITOS EN CULTIVOS FIJADORES DE NITRÓGENO	13.112	0,69%	33.382,08	0,92%
GRA	PAGO VERDE - REQUISITOS EN PASTOS PERMANENTES	912	0,05%	3.565,71	0,10%
PMS	PASTOS MEDIOAMBIENTALMENTE SENSIBLES	938	0,05%	3.616,57	0,10%
FOR	PAGO VERDE - FORESTACIONES SIE	33	0,00%	74,10	0,00%
PRO	AYUDA ASOCIADA A LOS CULTIVOS PROTEICOS	54.165	2,86%	137.654,78	3,78%
OLE	AYUDA ASOCIADA A LAS OLEAGINOSAS	53.995	2,85%	127.636,83	3,50%
LGC	AYUDA ASOCIADA A LAS LEGUMBRES DE CALIDAD	1.563	0,08%	5.753,25	0,16%
REM	AYUDA ASOCIADA A LA REMOLACHA AZUCARERA	5.476	0,29%	12.166,85	0,33%
NUT	AYUDA ASOCIADA A LOS FRUTOS DE CÁSCARA Y LAS ALGARROBAS	557	0,03%	821,42	0,02%
AG1	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS AGROECOSISTEMAS EXTENSIVOS DE SECANO	3.731	0,20%	14.507,28	0,40%
AG2	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS AGROECOSISTEMAS EXTENSIVOS DE SECANO - FECHA MÍNIMA RECOLECCIÓN	1.328	0,07%	5.345,83	0,15%
PI1	AYUDA AGROAMBIENTAL A LA PRODUCCIÓN INTEGRADA	364	0,02%	553,34	0,02%
RM1	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - COMPROMISO OBLIGATORIO	4.778	0,25%	10.908,48	0,30%
RM2	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - NITRATOS	365	0,02%	1.094,24	0,03%
RM3	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - ROTACION REMOLACHA 3 HOJAS	583	0,03%	1.686,02	0,05%
RM4	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - ROTACION REMOLACHA 4 HOJAS	4.111	0,22%	8.959,81	0,25%
RM5	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - ROTACION LPOC	10.236	0,54%	26.356,10	0,72%
RM6	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - COMPROMISO VOLUNTARIO	519	0,03%	1.881,06	0,05%
RM7	AYUDA AGROAMBIENTAL A LOS CULTIVOS INDUSTRIALES - ROTACION RESTO CULTIVOS	583	0,03%	1.686,02	0,05%
SF1	AYUDA AGROAMBIENTAL A LAS SUPERFICIES FORRAJERAS PASTABLES	186	0,01%	1.045,67	0,03%
AE1	AYUDA AGROAMBIENTAL A LA AGRICULTURA ECOLÓGICA - CULTIVOS ECOLÓGICOS	9.533	0,50%	20.962,96	0,58%
AE2	AYUDA AGROAMBIENTAL A LA AGRICULTURA ECOLÓGICA - CULTIVOS ECOLÓGICOS Y NO ECOLÓGICOS EN LA EXPLOTACIÓN	8.356	0,44%	16.801,79	0,46%
AE3	AYUDA AGROAMBIENTAL A LA AGRICULTURA ECOLÓGICA - PASTOS	264	0,01%	281,57	0,01%
CZL	AYUDA AGROAMBIENTAL A LAS ZONAS CON LIMITACIONES NATURALES	30.894	1,63%	29.875,44	0,82%
NAD	SUPERFICIES DECLARADAS NO ADMISIBLES	4.861	0,26%	8.292,97	0,23%
TOTAL		1.892.384	100,00%	3.644.511,39	100,00%



Conceptos Básicos

Elementos que intervienen

MARKER: cualquier evidencia sobre la parcela y el cultivo, que sea **útil para la toma de decisiones**

ESA
Copernicus
Hub

S2

Mapa
Cultivos
CyL (pixel)

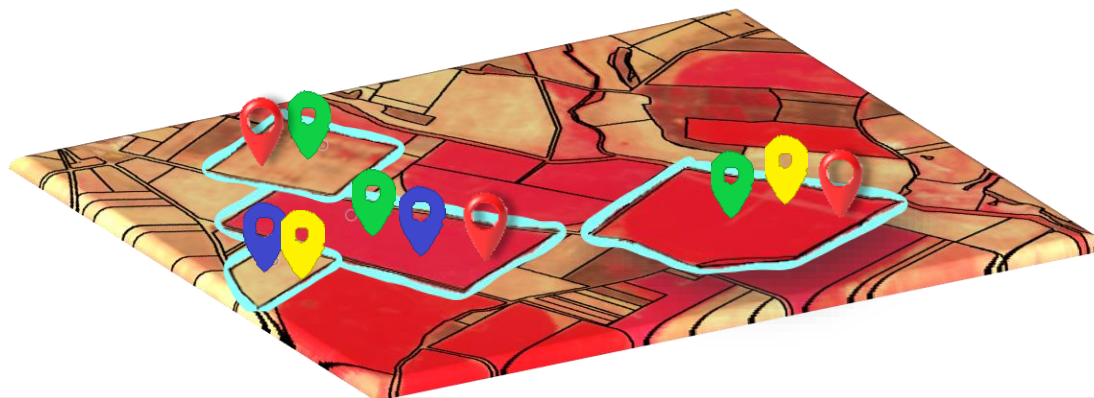
Cultivos de
los 2 años
previos

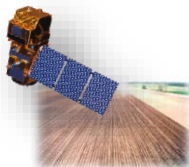
Mapa de
Cultivos
SEN4CAP
(Parcela)

SIGPAC

Otros
Registros
Agrarios

EXTRACCIÓN Y AGREGACIÓN A NIVEL DE PARCELA AGRÍCOLA



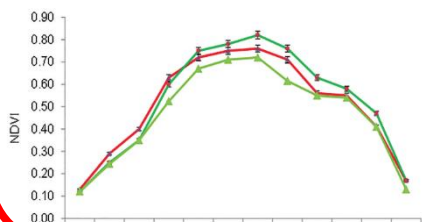


Conceptos Básicos

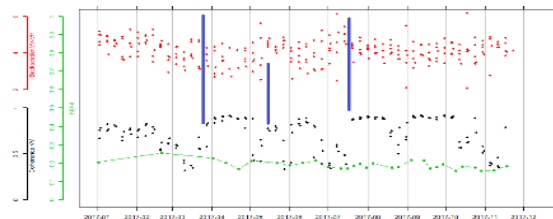
Elementos que intervienen

6 familias de MARKERS

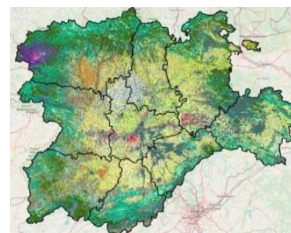
Markers
Fenológicos



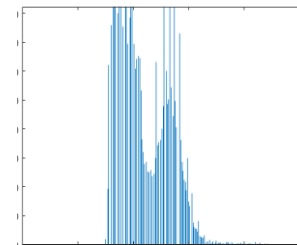
Detección de
eventos



Identificación
de cultivos



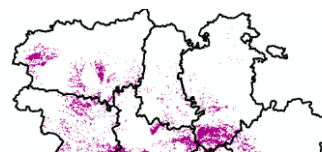
Homogeneidad



SIGPAC



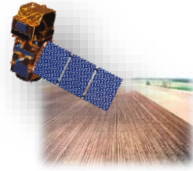
Otros Registros



74 Markers definidos (agrupados en 7 familias)

68 implementados

57 en explotación en la campaña 2020

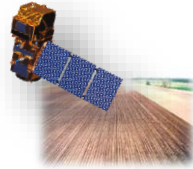


Conceptos Básicos

Elementos que intervienen

MARKER: cualquier evidencia sobre la parcela y el cultivo, que sea **útil para la toma de decisiones**





Conceptos Básicos

Elementos que intervienen

REGLAS: combinación de Markers a evaluar para cada Parcela Agrícola en función del régimen de ayudas (Lane) → 1 SEMÁFORO

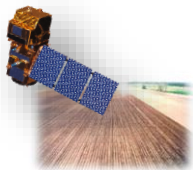
ESCENARIOS (FOI)

		C. Herb. Invierno <i>CHI</i>	C. Herb. Verano <i>CHV</i>	Alfalfa y Esparceta <i>CHP</i>	Barbecho SIN cubierta vegetal <i>BSO</i>	Barbecho CON cubierta vegetal <i>FLC</i>	Cultivos permanentes <i>PCR</i>	Pastos permanentes <i>GRA</i>
LANES	<i>BPS</i> <small>(BPS-SFS-YFS)</small>	REGLA CHI-BPS	REGLA CHV-BPS	REGLA CHP-BPS	REGLA BSO-BPS	REGLA FLC-BPS	REGLA PCR-BPS	REGLA GRA-BPS
	<i>SIE</i> <small>(FLW-NFC)</small>	REGLA CHI-SIE	REGLA CHV-SIE	REGLA CHP-SIE	REGLA BSO-SIE	REGLA FLC-SIE		
	<i>DIV</i>	REGLA CHI-DIV	REGLA CHV-DIV	REGLA CHP-DIV	REGLA BSO-DIV	REGLA FLC-DIV	REGLA PCR-DIV	REGLA GRA-DIV
	<i>GRA</i>							REGLA GRA-GRA
	<i>PRO</i>	REGLA CHI-PRO	REGLA CHV-PRO	REGLA CHP-PRO				
	<i>OLE</i>	REGLA CHI-OLE	REGLA CHV-OLE					
	<i>LGC</i>	REGLA CHI-LGC						
	<i>REM</i>		REGLA CHV-REM					
	<i>NUT</i>						REGLA PCR-NUT	

SEMÁFOROS

MARKERS





Aspectos destacables sobre teledetección

Machine Learning: análisis automático de series temporales

Herramienta de identificación de cultivos y otras cubiertas (naturales o artificiales)

Herramienta básica para la evaluación de requisitos de diferentes regímenes de ayudas PAC:

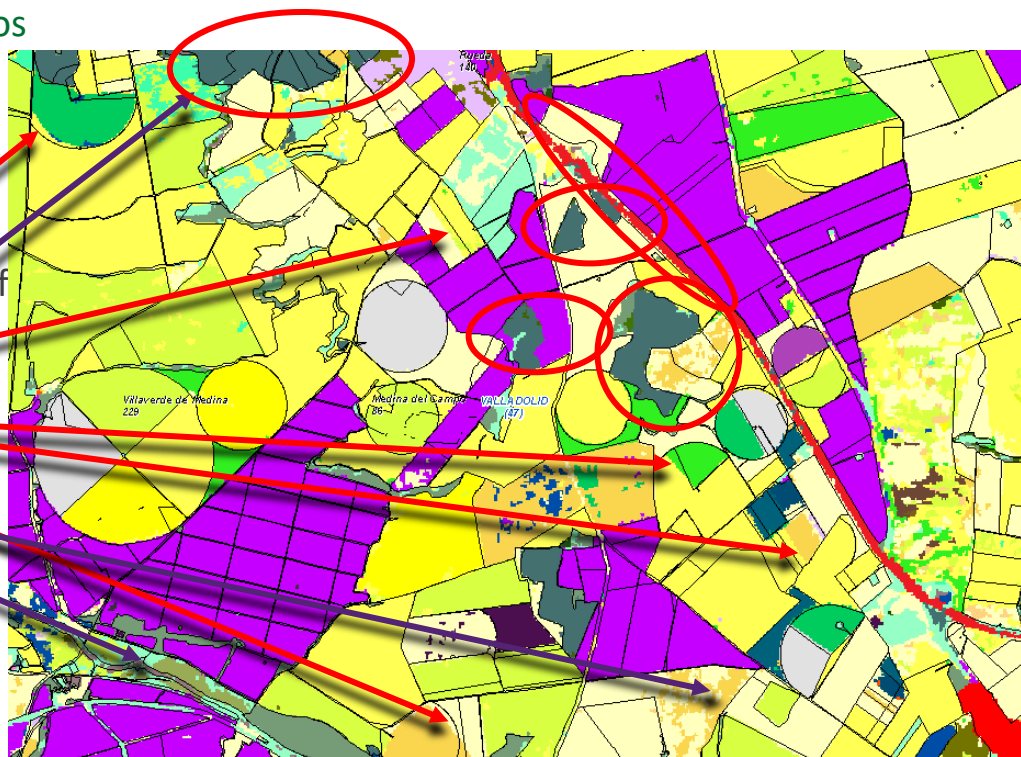
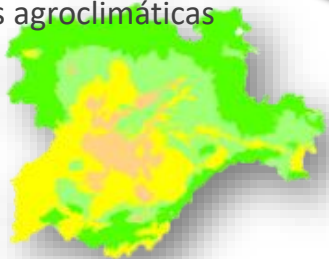
- Validar Cultivos → Actividad Agraria vs. Cubiertas no Admisibles
- Requisitos específicos de cultivo/grupo de cultivos
- Cultivos en años previos → No riesgo abandono
- Diversificación/Rotación de cultivos
- Regadío/Secano

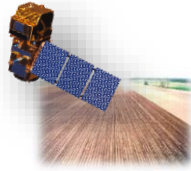
Cultivos mayoritarios: 51 clases (cubren >99,9% superf)

Orientada a píxel → mejores prestaciones

- Cardinalidad
- Heterogeneidad

Segmentación por zonas agroclimáticas





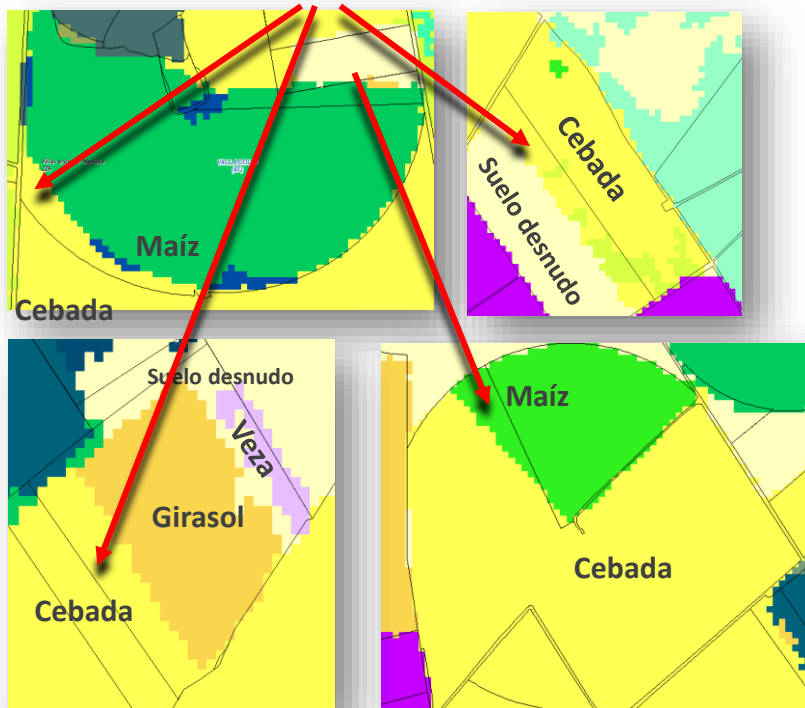
Aspectos destacables de la teledetección

Machine Learning

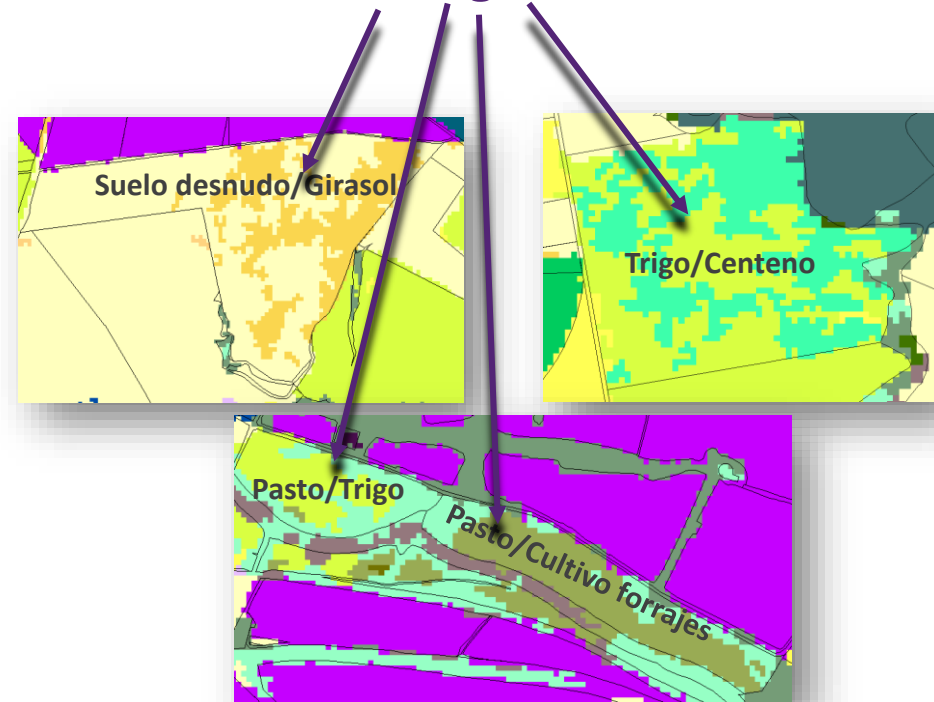
Herramienta de identificación de cultivos y otras cubiertas (naturales o artificiales)

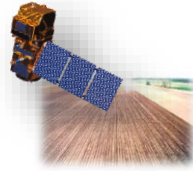
Evaluación sobre ráster a nivel de píxel

Cardinalidad



Heterogeneidad





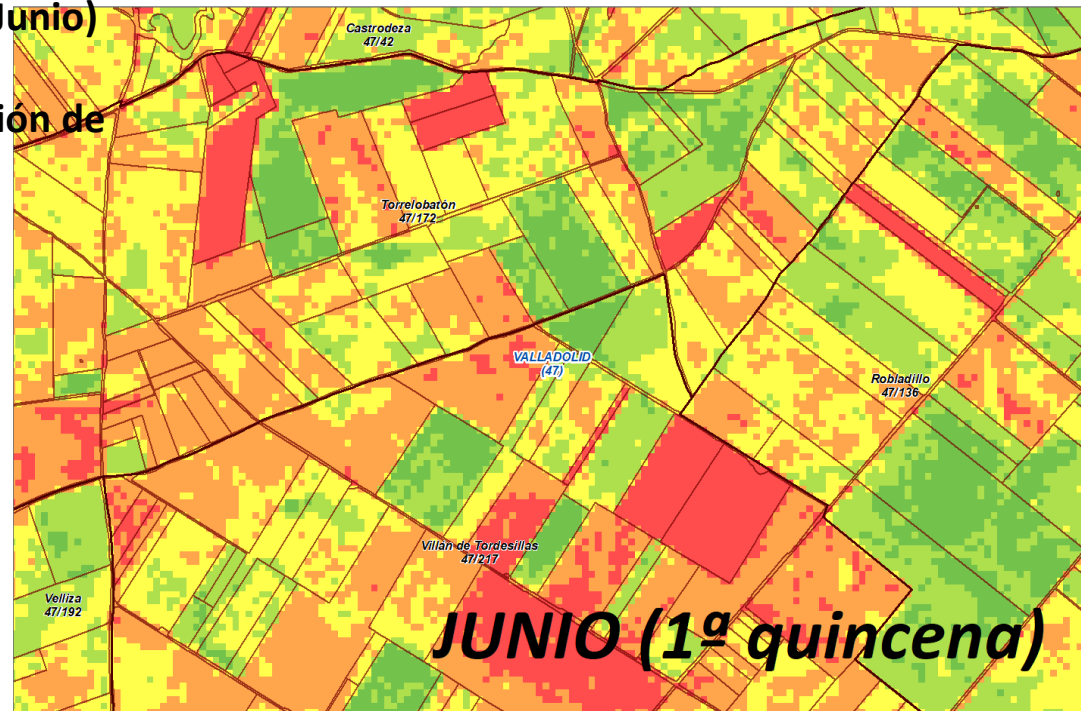
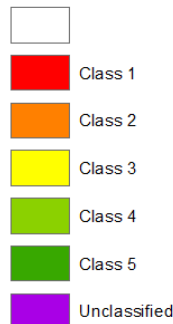
Aspectos destacables de la teledetección

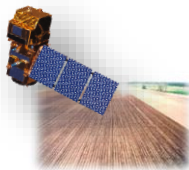
Clasificación automática no supervisada

Marker 507: HOMOG_NDVI_MAP: Homogeneidad en la parcela agrícola declarada, a partir de la clasificación automática basada en NDVI de dos fechas de primavera

- ✓ 5 Clases vs. 8 Clases → 5 clases ↑
- ✓ Imágenes NDVI de 2 fechas:
 - 1) relativamente próximas
 - 2) época primaveral (Abril y 1ª quincena Junio)
 - 3) persistencia de la heterogeneidad
 - 4) caracterización geométrica: identificación de la incidencia en Cardinalidad

5 Clases



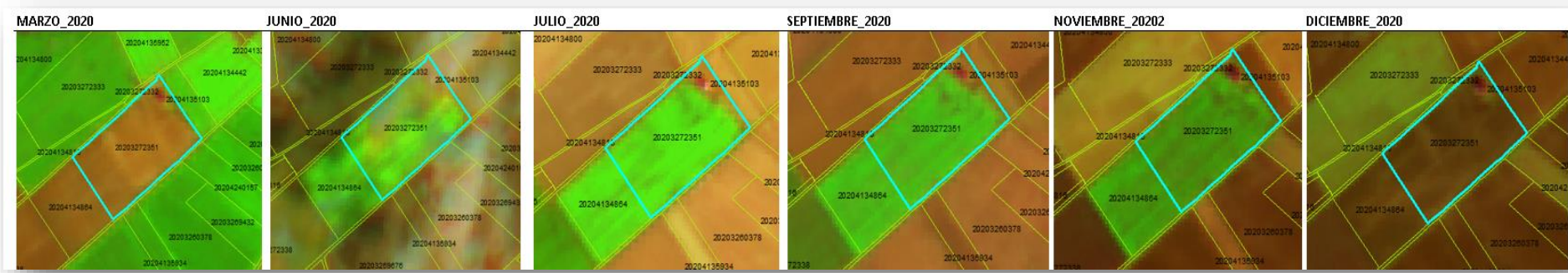
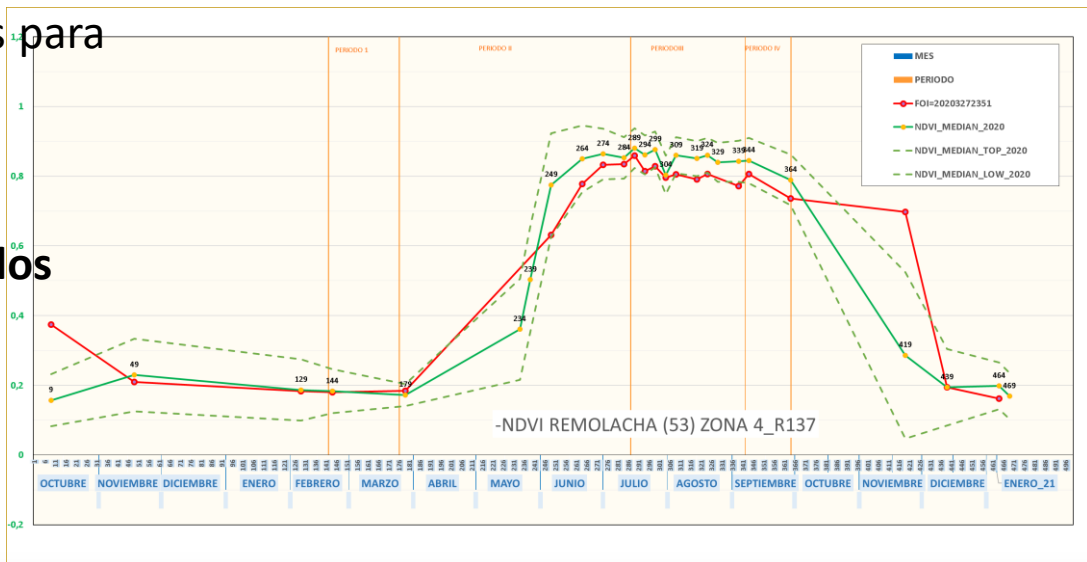


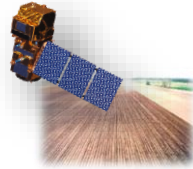
Aspectos destacables de la teledetección

Scripting para análisis basado en índices

Análisis de índices de vegetación: NDVI fundamentalmente

- ✓ Generación de Signatures: modelos para cada Cultivo/Zona/Órbita
- ✓ Median_NDVI
- ✓ Balance de Median_NDVI
- ✓ Análisis de la correlación por periodos
- ✓ Validación de cultivos
- ✓ Detección de eventos



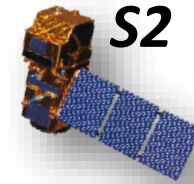


Aspectos destacables de la teledetección

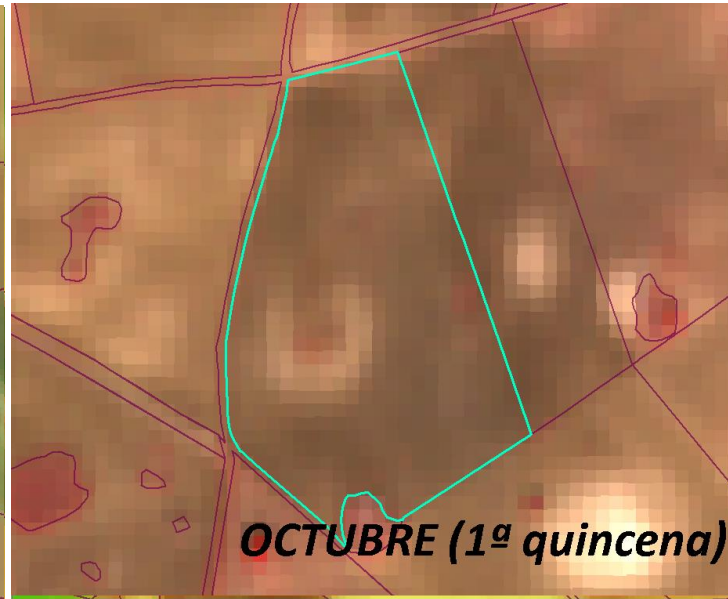
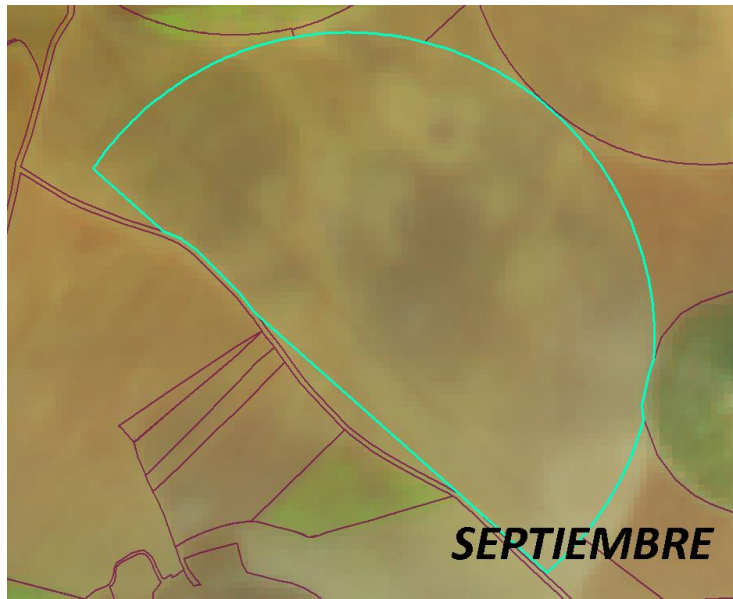
Scripting para análisis basado en índices

Combinación de índices: NDVI + Índice de Brillo (Transf. Tasseled Cap)

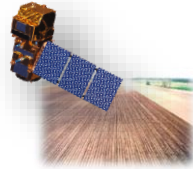
- ✓ Median_NDVI
- ✓ Balance de Median_NDVI
- ✓ Índice de Brillo (TC)
- ✓ Balance de Brillo
- ✓ Superficie > 2,000 m²
- ✓ Detección de **rastrojo (cosecha) y barbechos abandonados**



$$\begin{aligned} S2 & (0.3510 * B02) + \\ & (0.3813 * B03) + \\ & (0.3437 * B04) + \\ & (0.7196 * B08) + \\ & (0.2396 * B11) + \\ & (0.1949 * B12) \end{aligned}$$



Shi, T., & Xu, H. (2019). Derivation of tasseled cap transformation coefficients for Sentinel-2 MSI at-sensor reflectance data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(10), 4038-4048

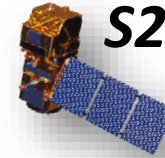


Aspectos destacables de la teledetección

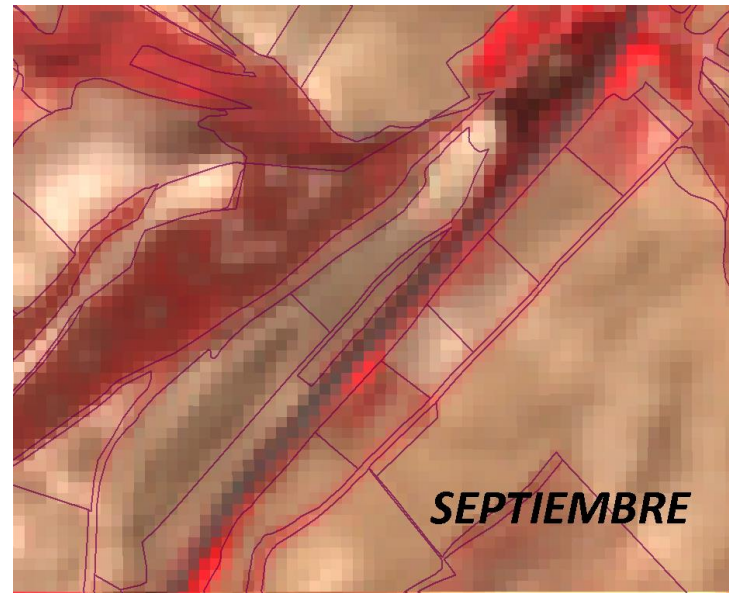
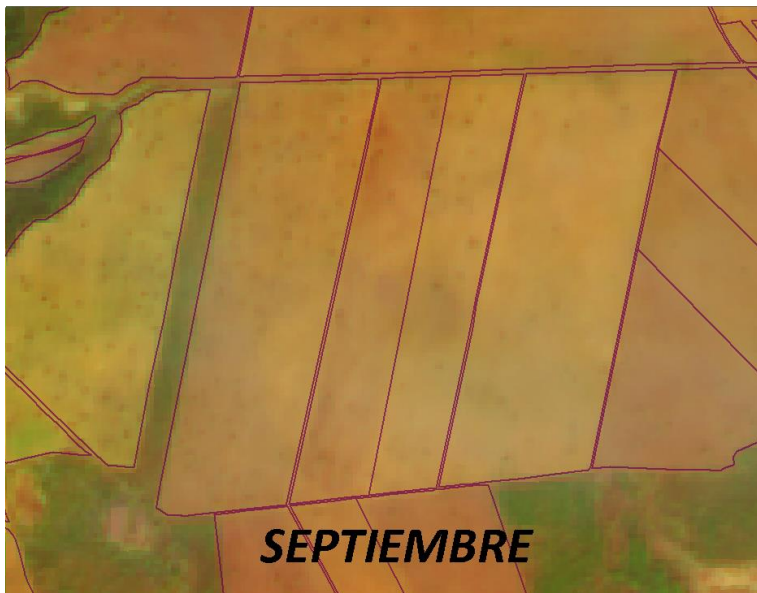
Scripting para análisis basado en índices

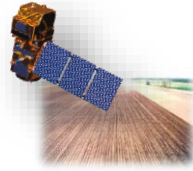
Combinación de índices: NDVI + NBR

- ✓ Median_NBR
- ✓ P25_NBR
- ✓ Balance de Median_NBR
- ✓ Índice de Brillo (TC)
- ✓ Balance de Brillo
- ✓ Superficie > 500 m²
- ✓ Detección de áreas incendiadas



$$NBR = \frac{(B8 - B12)}{(B8 + B12)}$$





Aspectos destacables de la teledetección

Concurrencia de Markers

Estrategia de refuerzo de las evidencias. ej. Evaluación de la Cardinalidad

Machine Learning

Scripting sobre Índices de vegetación

Año anterior
(Aviso en captura)

Año actual
2 Markers

STDEV NDVI
Año anterior
(Avisos en captura)

STDEV NDVI
Año actual

Clasificación no
supervisada
NDVI

Cardinalidad Superficies
no Admisibles/Admisibles
Pago Básico/otros

NDVI 8
clases

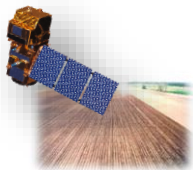
505

502
503

506

501

507



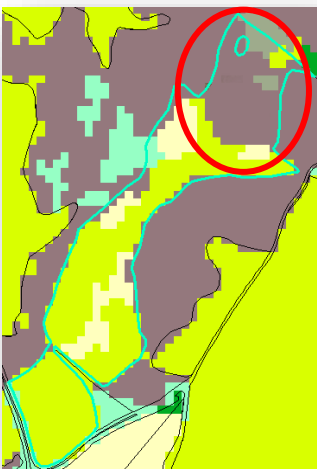
Aspectos destacables de la teledetección

Alerta temprana

Markers de Aviso: en periodo de captura de solicitudes

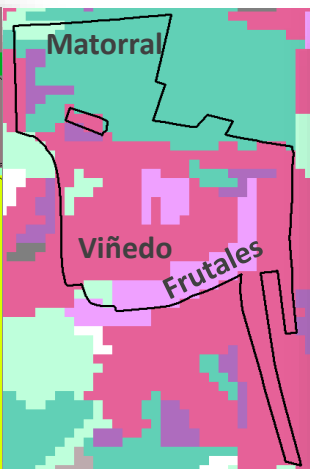
Identificación de cultivo

Cardinalidad Año anterior



505

Riesgo abandono Año anterior



309

Clasificación temprana ("Antecesor")



308

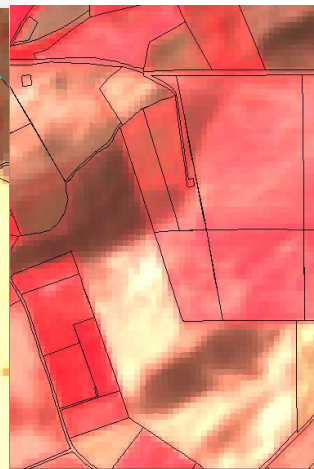
Índice de vegetación

Cardinalidad Año anterior



506

Quema de rastrojo



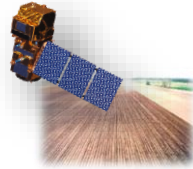
132

SIGPAC

Alegación rechazada Año anterior



490



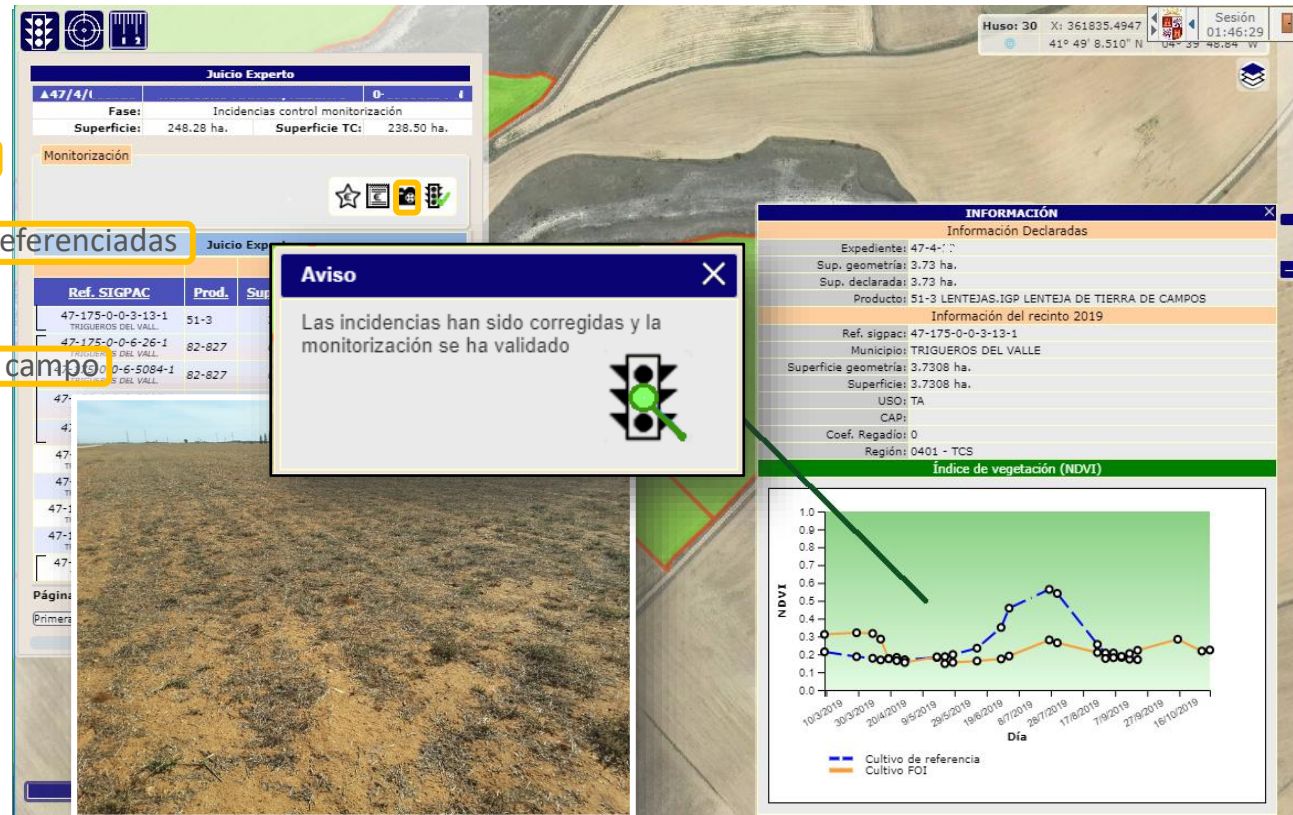
Aspectos destacables de la teledetección

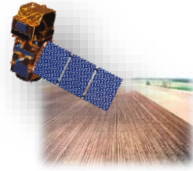
Apoyo a las Acciones Complementarias

- Organización de las tareas
- Cálculo del Impacto Económico de las Incidencias
- Juicio de Experto

Herramientas de asistencia:

- ✓ Fotointerpretación
- ✓ Análisis de curvas NDVI
- ✓ Revisión de fotografías georreferenciadas
- ✓ Modificación de parcelas
- ✓ Notificaciones al agricultor
- ✓ Integración de resultados de campo
- ✓ Validación final

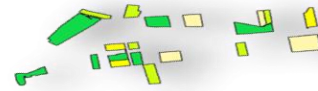




Integración con SATIVUM

Interacción de la Administración con el solicitante de Ayudas PAC

Sistema de Gestión de Ayudas



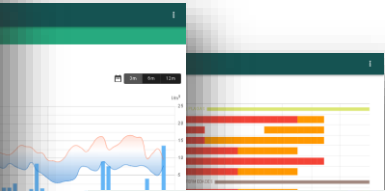
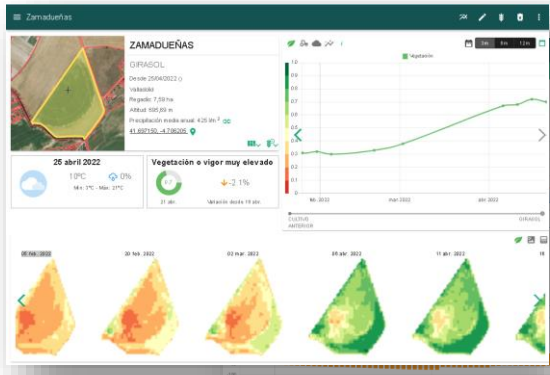
Parcelas declaradas →

⚠ Avisos →

🚦 Estado de evaluación →

← Fotos y otros doc.

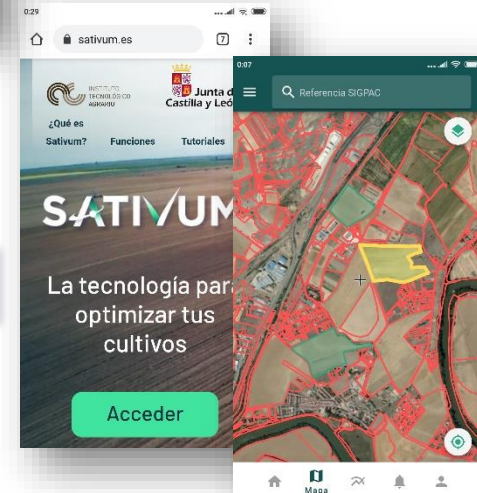
Agricultor



SATIVUM

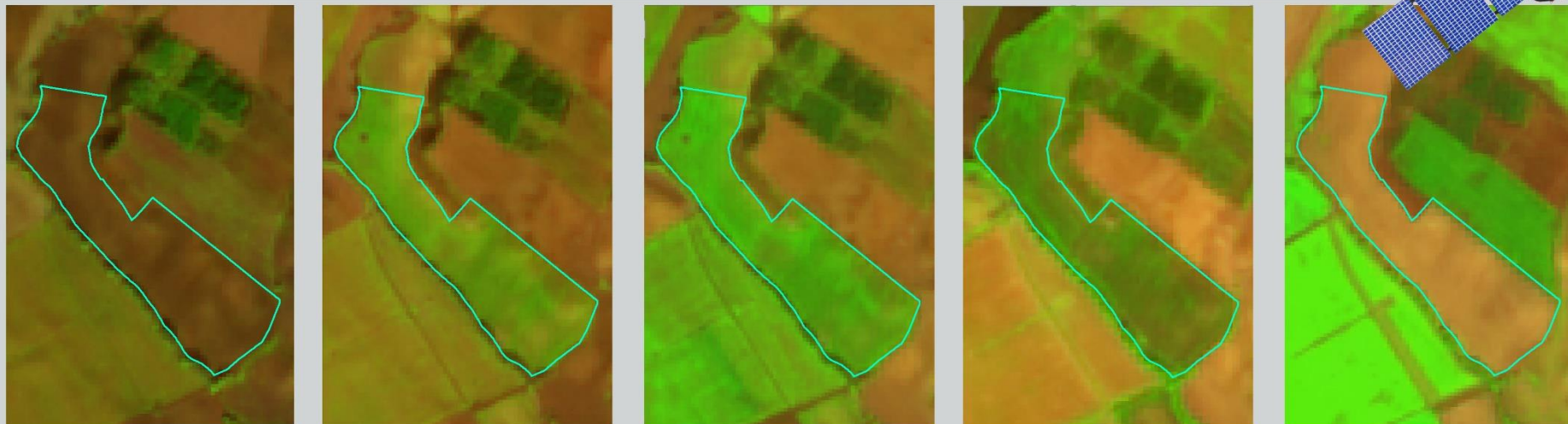
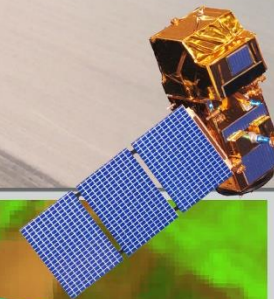
www.sativum.es

Monitorización





Muchas gracias por vuestra atención



*La observación remota aplicada al seguimiento
de los ecosistemas*

Valsain, 26 de abril de 2022

Francisco Javier Rojo Revilla
Subdirección de Infraestructuras Agrarias
rojrevfr@itacyl.es