

Programa de
Extensión Berries
Maule



**Riego: Sustentabilidad y
Monitoreo Remoto"**

claudio.balbontin@inia.cl

**PLATAFORMA AGRÍCOLA
SATELITAL PLAS**



WWW.INIA.CL



claudio.balbontin@inia.cl

Tel. +56 51 2 223290 ext 2139

Cel. +56 9 72557076

@tinsoco



**Ing. Agrónomo
Universidad de Chile
(Relaciones Hídricas)**



Colegio de
Postgraduados

**Maestro en Hidrociencias
Colegio de Postgraduados
México**

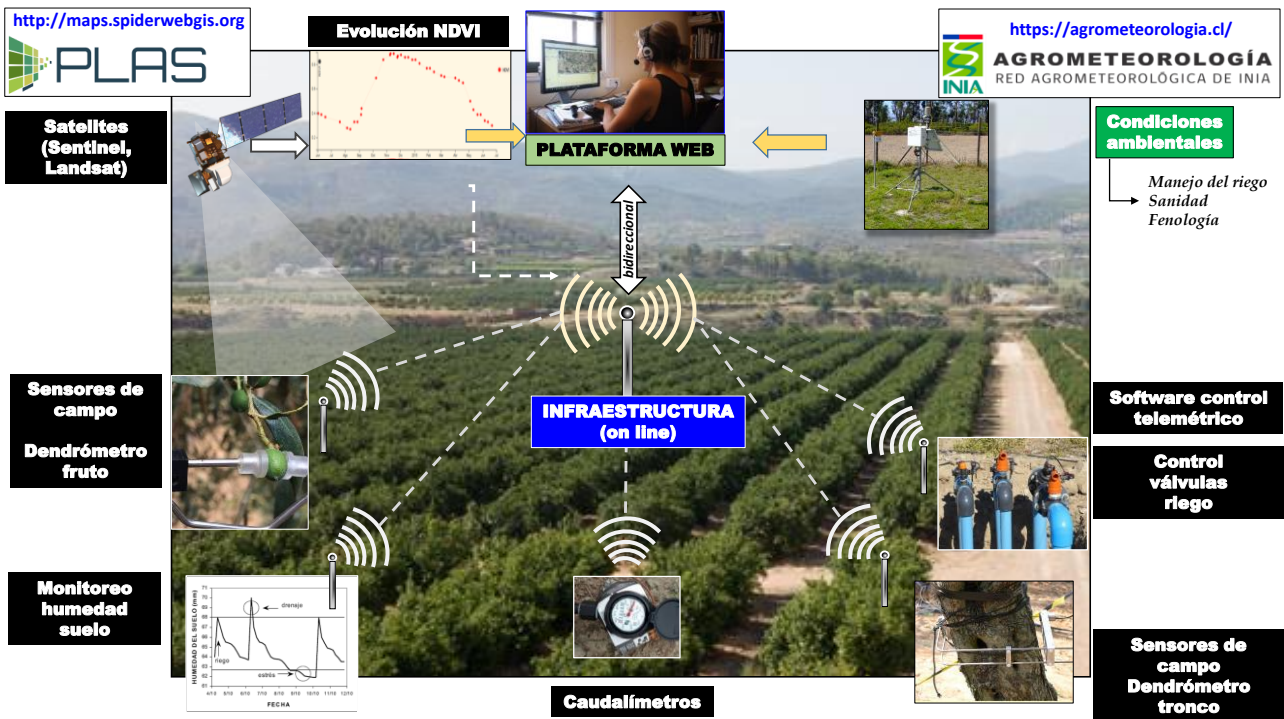
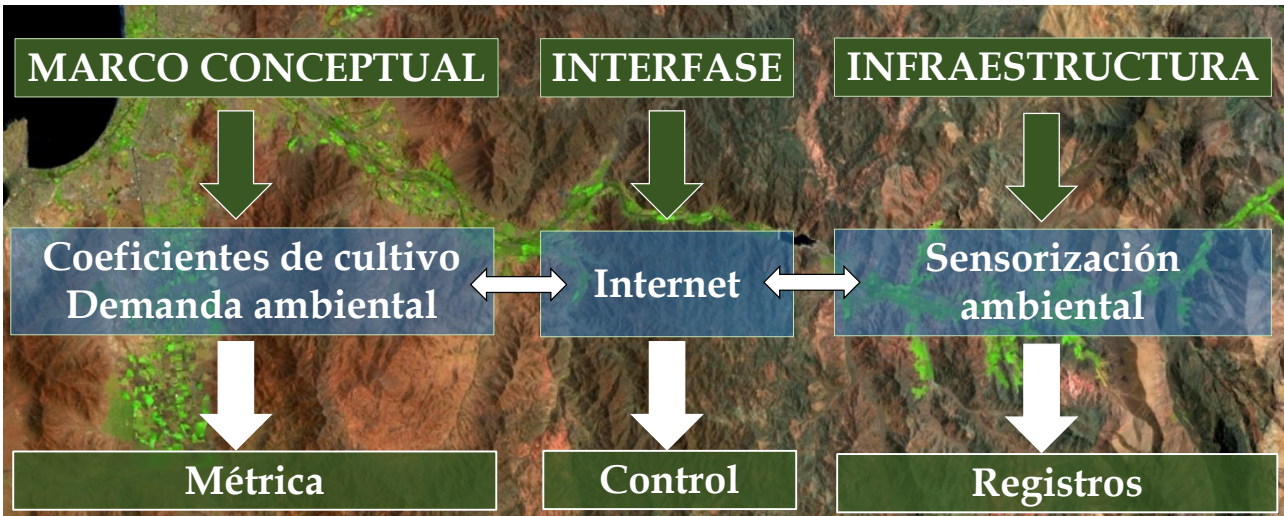


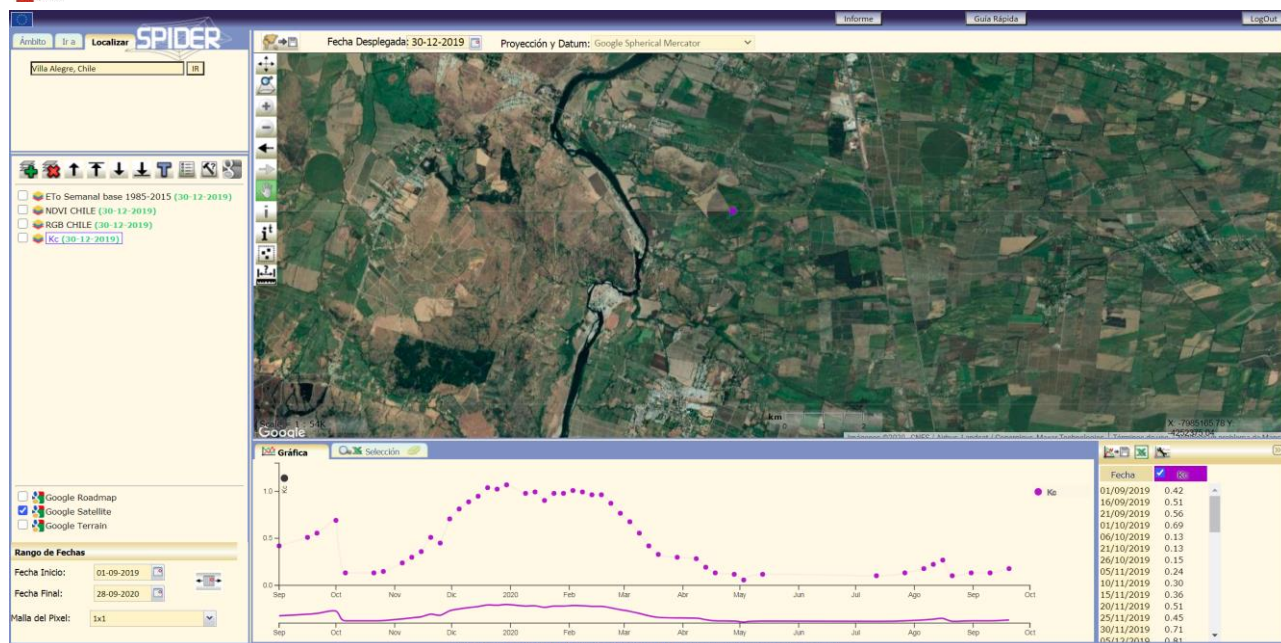
**Doctor Ciencias Agrarias
Univ. Castilla La Mancha
España**



@redh2o_cl

Programa de
Extensión Berries
Maule



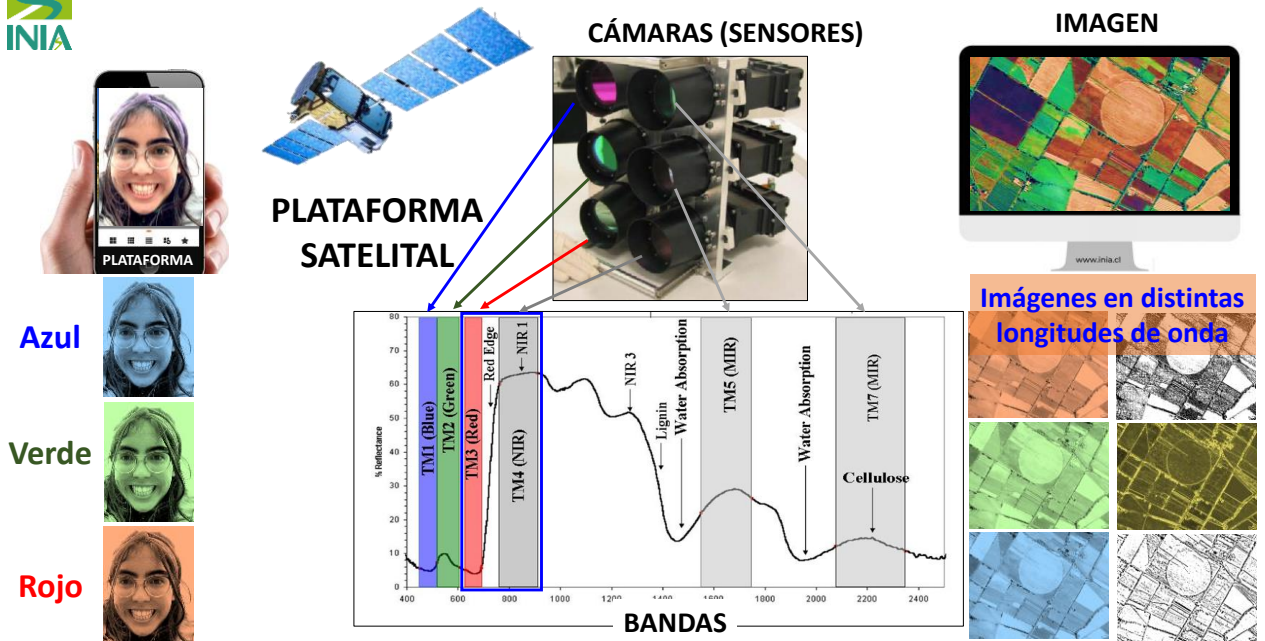


Programa de Extensión Berries Maule





ÍNDICES DE VEGETACIÓN SATELITALES (IV)



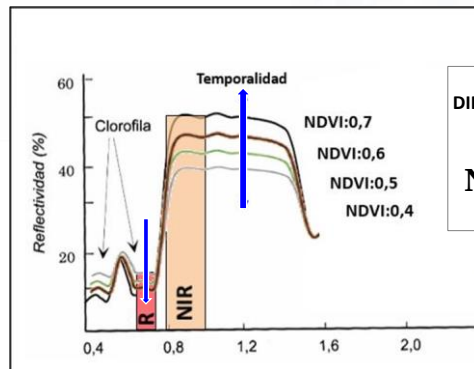
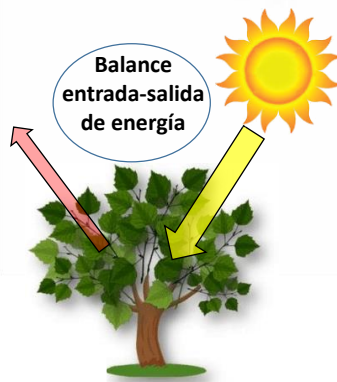
ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

- ✓ Combinación matemática de dos o más bandas que mejora el contraste entre la vegetación y el suelo desnudo, estructuras artificiales, etc.
- ✓ Cuantifica las características de la planta, IAF, biomasa, cobertura: **LUE**, **infraestructura foliar**, **capacidad transpirativa**.





ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)



ÍNDICE DE VEGETACIÓN
DIFERENCIAS NORMALIZADAS

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



ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

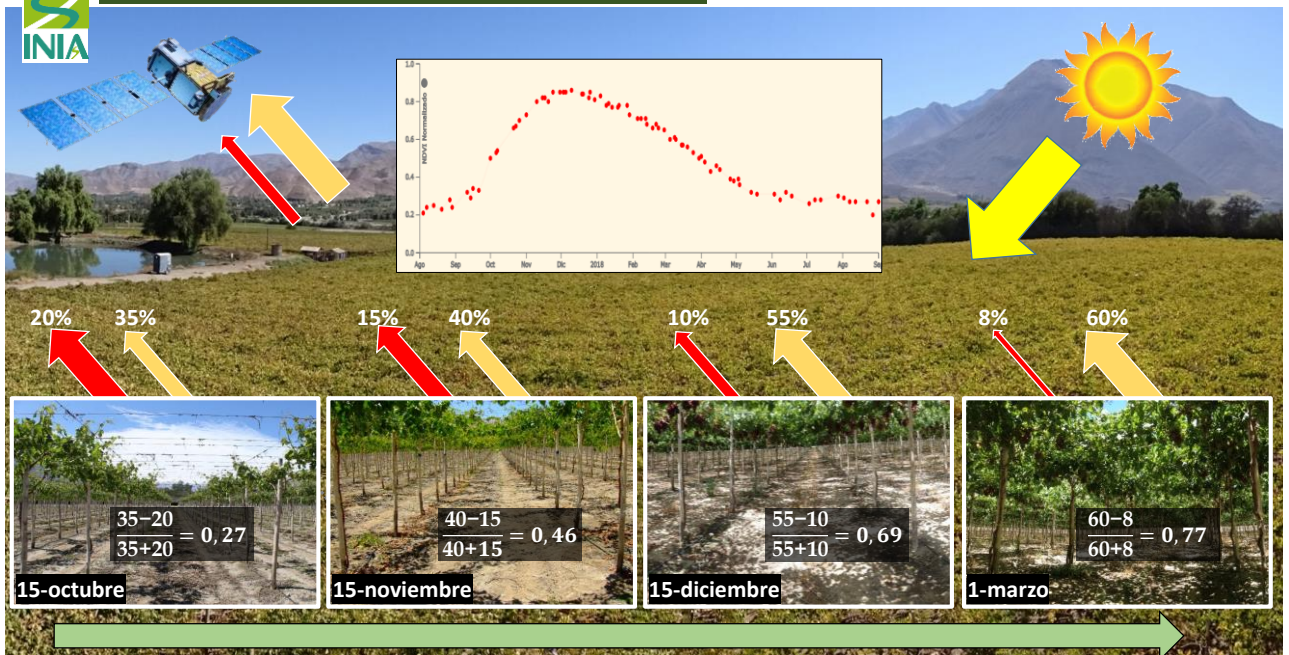
✓ Ejemplos

Vegetation index	Formula
Simple ratio (SR)	$SR = NIR/R$
Normalized difference vegetation index (NDVI)	$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$
Perpendicular vegetation index (PVI)	$PVI = (NIR - aR - b)/(a^2 + 1)^{1/2}$
Soil adjusted vegetation index (SAVI)	$SAVI = (NIR - R)/(NIR + R + L)(1 + L)$
Weighted difference vegetation index (WDVI)	$WDVI = NIR - aR$
Transformed soil adjusted vegetation index (TSAVI)	$TSAVI = a(NIR - aR - b)/(R + a(NIR - b) + X(1 + a^2))$
Modified soil adjusted vegetation index (MSAVI)	$MSAVI = (2NIR + 1 - ((2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R))^{1/2})/2$
Optimized soil adjusted vegetation index (OSAVI)	$OSAVI = (NIR - R)/(NIR + R + Y)$
Generalized soil adjusted vegetation index (GESAVI)	$GESAVI = (NIR - aR - b)/(R + Z)$
Atmospherically resistant vegetation index (ARVI)	$ARVI = (NIR - RB)/(NIR + RB), RB = R - \gamma(B - R)$
Modified normalized difference vegetation index (MNDVI)	$MNDVI = NDVI \times (SWIR_{max} - SWIR)/(SWIR_{max} - SWIR_{min})$
Enhanced vegetation index (EVI)	$EVI = 2.5 \times ((NIR - R)/(NIR + 6R - 7.5B + 1))$
Reduced simple ratio (RSR)	$RSR = SR \times (SWIR_{max} - SWIR)/(SWIR_{max} - SWIR_{min})$
Moisture adjusted vegetation index (MAVI)	$MAVI = (NIR - R)/(NIR + R + SWIR)$

- Aumento de IV con el desarrollo tecnológico (Ej: cámaras multiespectrales)
- Validaciones en desarrollo: de radiometría de campo a satélites gratuitos
- Operatividad real (automatización de procesos Ej. Metric)

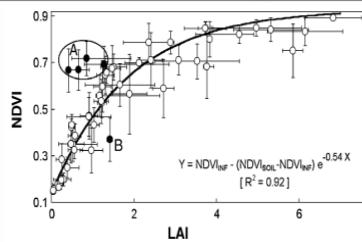


ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

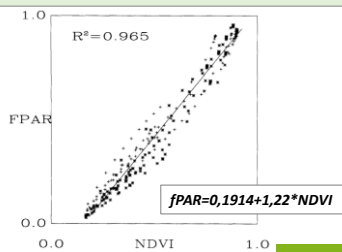


ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

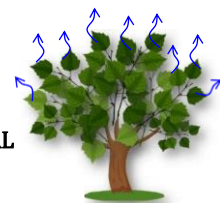
NDVI / ÍNDICE AREA FOLIAR



NDVI / RADIACIÓN ABSORBIDA PAR



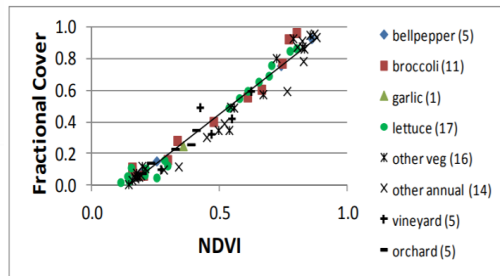
**CAPACIDAD TRANSPIRATIVA
FRENTA A LA DEMANDA AMBIENTAL
(Coeficiente de cultivo)**





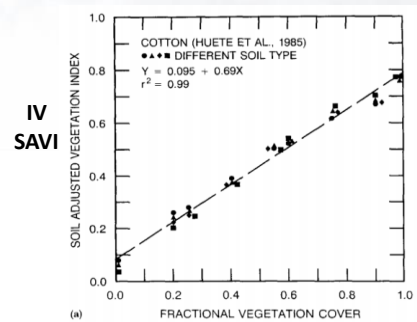
ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

NDVI – Fracción de cobertura



$$Fc = 1,26 * NDVI - 0,18$$

SAVI – Fracción de cobertura



$$Fc = 0,69 * SAVI + 0,095$$



ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

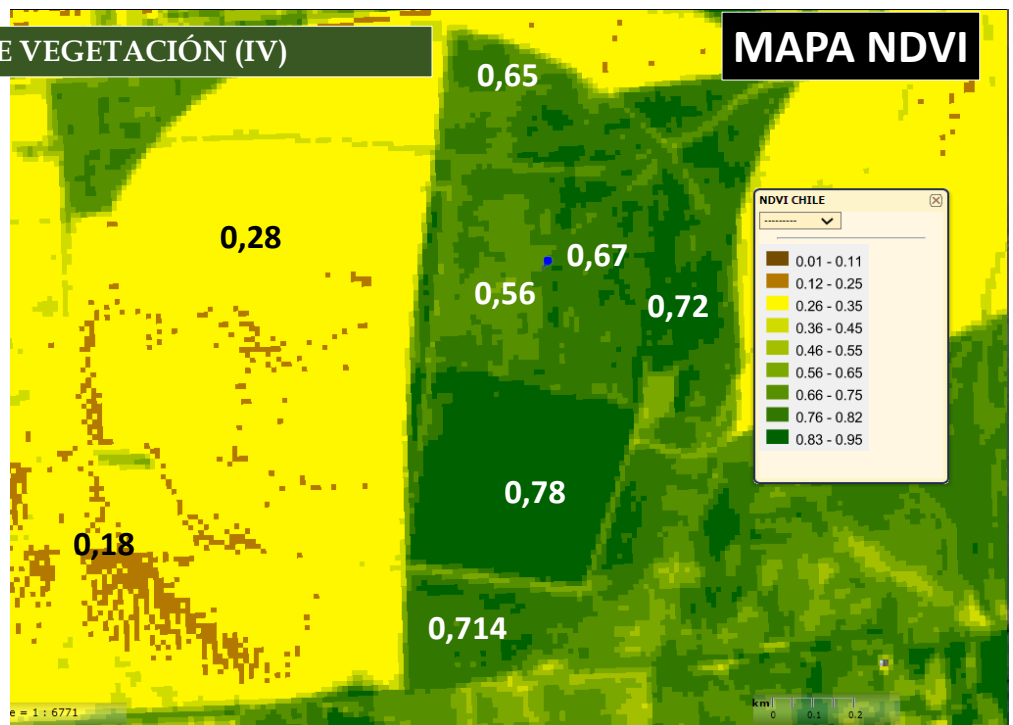
IMAGEN RGB





ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV)

MAPA NDVI



TELEDETECCIÓN Y AGRÍCOLA

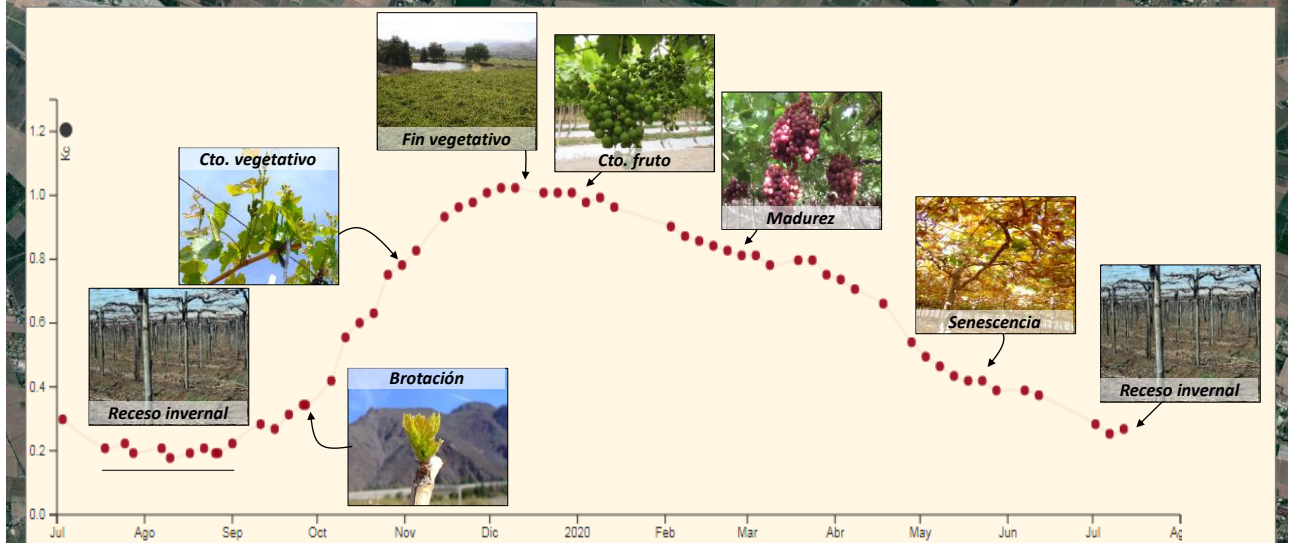
TEMPORALIDAD





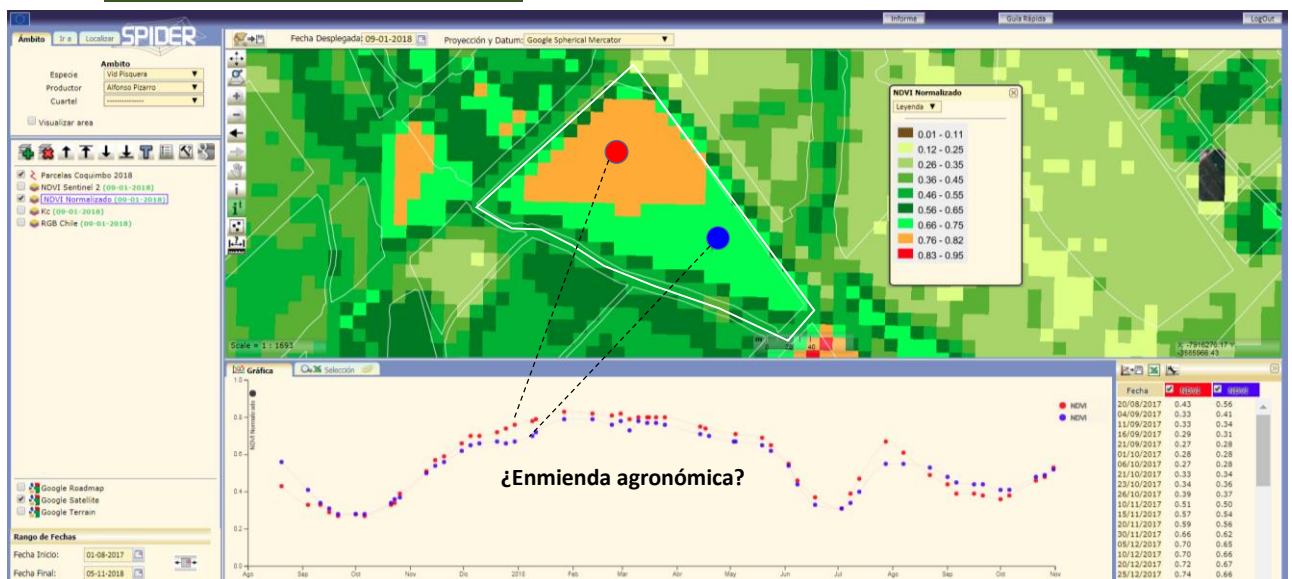
TELEDETECCIÓN Y AGRÍCOLA

SEGUIMIENTO DESARROLLO DE LOS CULTIVOS



TELEDETECCIÓN Y AGRÍCOLA

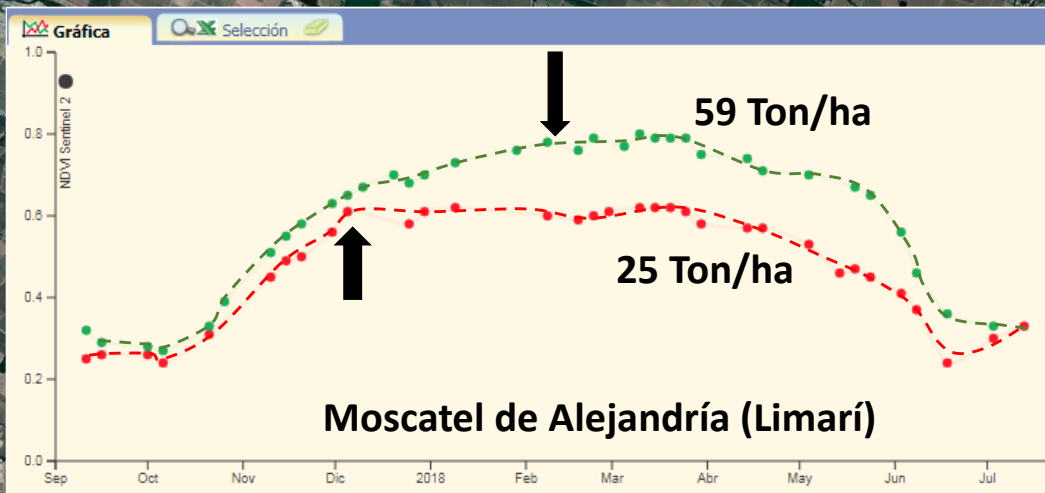
VARIABILIDAD ESPACIAL



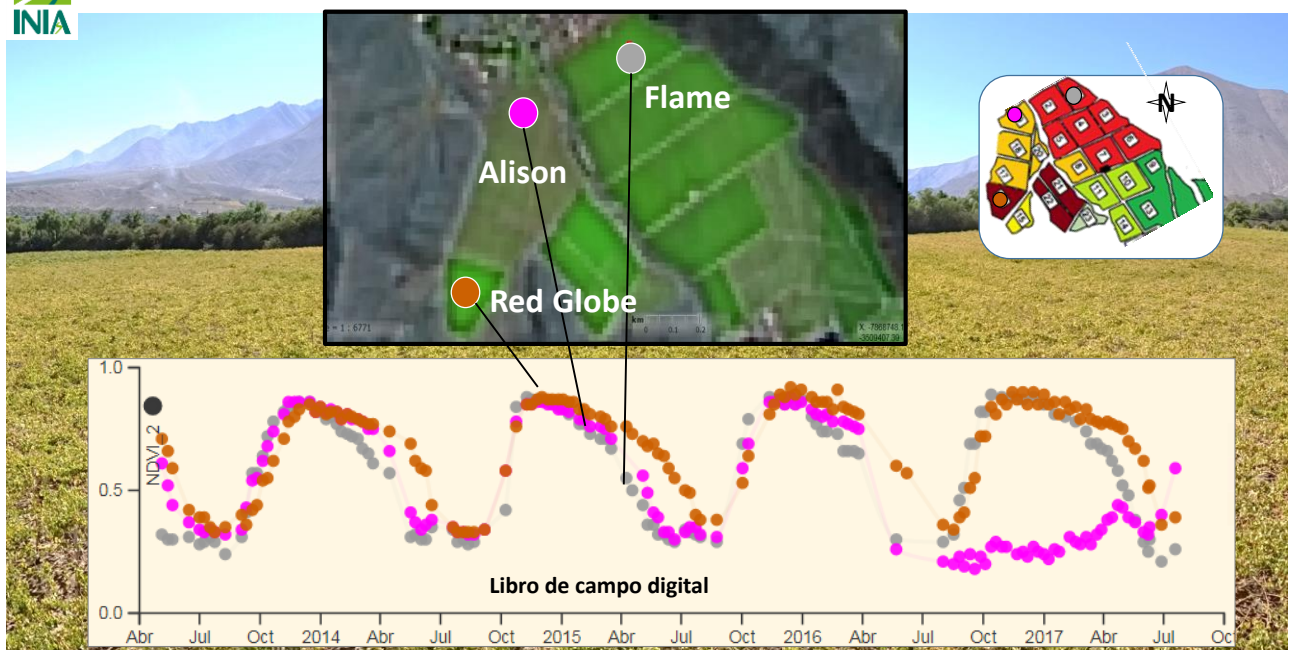


TELEDETECCIÓN Y AGRICULTURA

VARIABILIDAD ESPACIAL

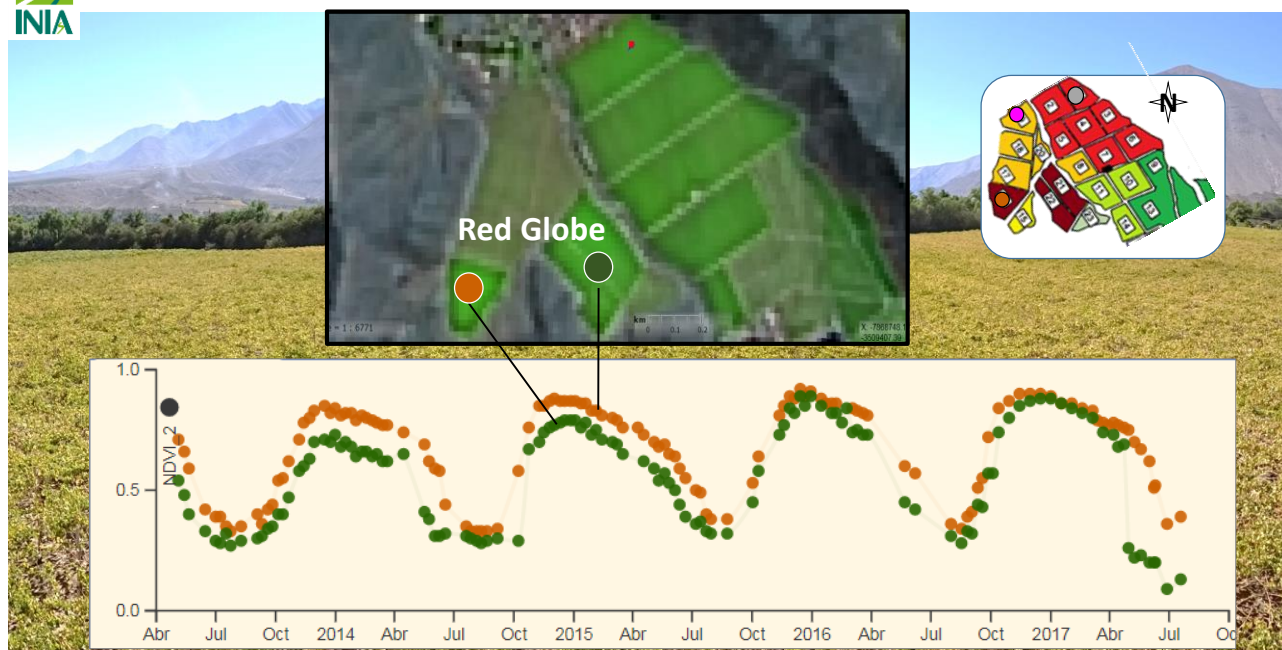


Riego de Precisión: Variabilidad INTER-VARIEDADES





Riego de Precisión: Variabilidad **INTER-VARIEDADES**



PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL **PLAS**



Manejo del riego





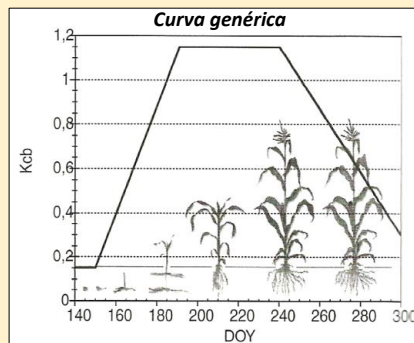
PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

**Consumo
hídrico**

**Coeficiente
de cultivo**

**Demanda
ambiental**

$$\text{RIEGO} = K_c \times ETo$$



Richard G. Allen
Utah State University
Logan, Utah, EE.UU.

Luis S. Pereira
Instituto Superior de Agronomia
Lisboa, Portugal

ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV) Y COEFICIENTES DE CULTIVO

Table 2

Examples of K_c – VI and K_{cb} – VI relationships based on more or less empirical linear and non-linear approaches available in the literature.

Equation ⁽¹⁾	Crop	Reference
K_{cb} – VI relationships		
$K_{cb} = 1.36 \times NDVI - 0.06$	Corn	(Bausch and Neale, 1987)
$K_{cb} = 1.092 \times NDVI - 0.053$	Corn	(Neale et al., 1989)
$K_{cb} = 1.181 \times NDVI - 0.026$	Corn	(Neale et al., 1989)
$K_{cb} = 1.416 \times SAVI + 0.017$	Corn	(Bausch, 1993)
$K_{cb} = 1.46 \times NDVI - 0.26$	Wheat (simulation models)	(Choudhury et al., 1994)
$K_{cb} = 1.69 \times SAVI - 0.16$	Wheat (simulation models)	(Choudhury et al., 1994)
$K_{cb} = 1.54 \times TSAVI + 0.03$	Wheat (simulation models)	(Choudhury et al., 1994)
$K_{cb} = 0.18 + 1.63 \times NDVI_n - 2.57 \times NDVI_n^2 + 1.93 \times NDVI_n^3$	Wheat	(Hunsaker et al., 2005)
$K_{cb} = 1.64 \times NDVI - 0.14$	Wheat	(Duchemin et al., 2006)
$K_{cb} = 1.085 \times SAVI + 0.0504$	Potato	(Jayanthi et al., 2007)
$K_{cb} = 1.44 \times NDVI - 0.10$	Grapes (irrigated)	(Campos et al., 2010)
$K_{cb} = 1.79 \times SAVI - 0.08$	Grapes (irrigated)	(Campos et al., 2010)
$K_{cb} = -0.985 \times f_c^2 + 1.759 \times f_c + 0.272$	Garlic	(Johnson and Trout, 2012)
$K_{cb} = -0.078 \times f_c^2 + 1.124 \times f_c + 0.142$	Bellpepper	(Johnson and Trout, 2012)
$K_{cb} = -0.933 \times f_c^2 + 1.756 \times f_c + 0.181$	Broccoli	(Johnson and Trout, 2012)
$K_{cb} = -0.07 \times f_c^2 + 1.08 \times f_c + 0.209$	Lettuce	(Johnson and Trout, 2012)
$K_{cb} = 1.82 \pm 0.19 \times SAVI - 0.07 \pm 0.06$	Apple orchard	(Odi-Lara et al., 2016)
$K_{cb} = 1.414 \times SAVI - 0.02$	Maize	(Campos et al., 2017)
$K_{cb} = 1.258 \times SAVI - 0.006$	Soybean	(Campos et al., 2017)
K_c – VI relationships		
$K_c = 1.5141 \times SAVI + 0.4077$	Wheat	(Gontia and Tiwari, 2010)
$K_c = 0.1808e^{1.3138 \times NDVI}$	Table grapes	(Er-Raki et al., 2013)
$K_c = 1.4571 \times NDVI - 0.1725$	Rainfed and irrigated agriculture	(Kamble et al., 2013)
$K_c = (1.84 \pm 0.41) \times NDVI^2 - (1.03 \pm 0.48) \times NDVI + (0.42 \pm 0.14)$	Pasture (Tall Fescue)	(Alam et al., 2018)

ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV) Y COEFICIENTES DE CULTIVO

Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural Water Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agwat

Assessing satellite-based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.)

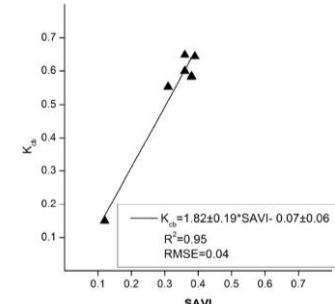
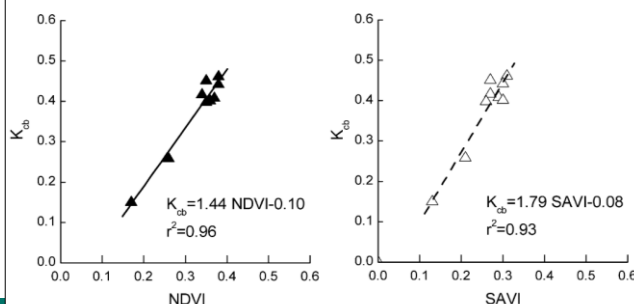
Isidro Campos^{a,*}, Christopher M.U. Neale^b, Alfonso Calera^a, Claudio Balbontín^a, Jose González-Piqueras^a

^a Instituto Desarrollo Regional (IDR), Grupo Teledetección y SIG, Universidad Castilla-La Mancha, Albacete, Spain
^b Civil and Environmental Engineering Department, Utah State University, Logan, UT, USA

Article

Estimating Evapotranspiration of an Apple Orchard Using a Remote Sensing-Based Soil Water Balance

Magali Odi-Lara^{1,*}, Isidro Campos², Christopher M. U. Neale², Samuel Ortega-Farías^{1,*}, Carlos Poblete-Echeverría³, Claudio Balbontín⁴ and Alfonso Calera⁵

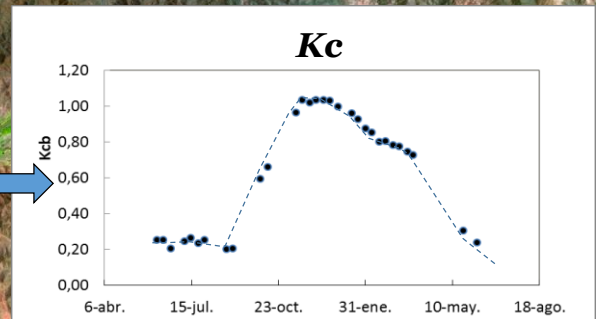
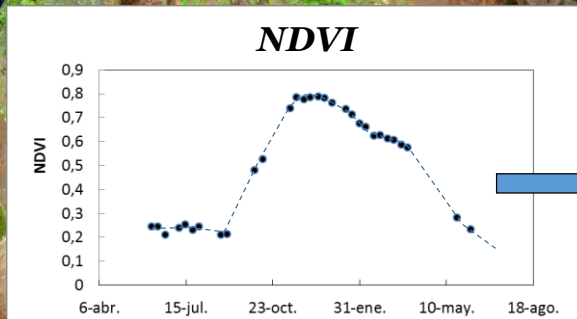




ÍNDICES DE VEGETACIÓN (IV) Y COEFICIENTES DE CULTIVO

Kc desde imágenes multiespectrales

$$K_{cb}^* = 1.51 \cdot NDVI - 0.23$$



PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

**Consumo
hídrico**

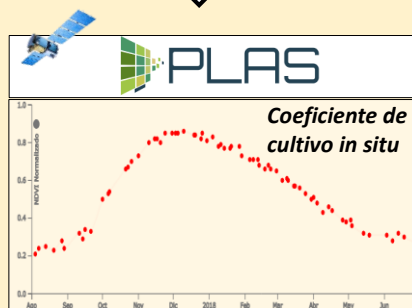
**Coefficiente
de cultivo**

**Demanda
ambiental**

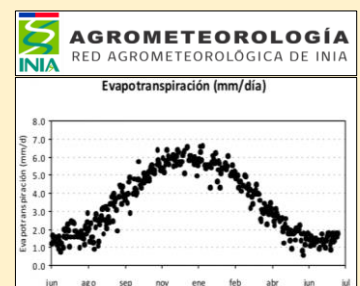
$$\text{RIEGO} = K_c \times ETo$$



Richard G. Allen
Utah State University
Logan, Utah, EE.UU.
Luis S. Pereira
Instituto Superior de Agronomia
Lisboa, Portugal



<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>



<https://agrometeorologia.cl/>



PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Consumo
hídrico

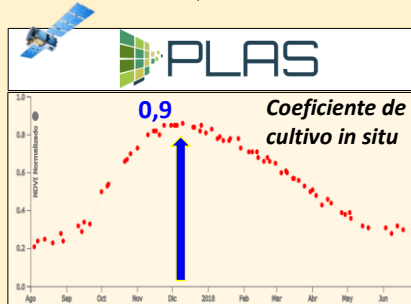
Coefficiente
de cultivo

Demanda
ambiental

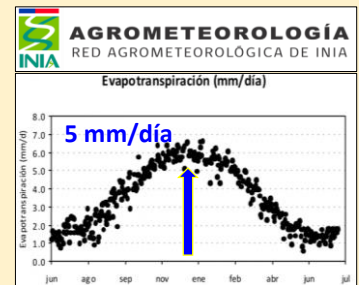
$$\text{RIEGO} = K_c \times ETo$$



Richard G. Allen
Utah State University
Logan, Utah, EE.UU.
Luís S. Pereira
Instituto Superior de Agronomia
Lisboa, Portugal



<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>



<https://agrometeorologia.cl/>

$$\text{Riego} = 0,9 \times 5 \text{ mm} = 4,5 \text{ mm}$$



PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

$$ETc = Kc \times ETo \times Ks$$

INFORMACIÓN DIARIA					
Fecha	Kc	ETo mm/día	Ks	Necesidades mm/día	Riego horas/día
03/11/2018	0,67	5,5	1,0	3,7	1,5
04/11/2018	0,68	5,3	1,0	3,6	1,5
05/11/2018	0,69	5,9	1,0	4,1	1,7
06/11/2018	0,72	5,3	1,0	3,8	1,6
07/11/2018	0,74	6,8	1,0	5,0	2,1
08/11/2018	0,76	5,4	1,0	4,1	1,7
09/11/2018	0,79	6,5	1,0	5,1	2,1
10/11/2018	0,81	6,5	1,0	5,3	2,2
11/11/2018	0,83	5,6	1,0	4,6	1,9
12/11/2018	0,84	5,0	1,0	4,2	1,7
13/11/2018	0,86	5,7	1,0	4,9	2,1
14/11/2018	0,87	7,0	1,0	6,1	2,5
15/11/2018	0,89	6,6	1,0	5,8	2,4
16/11/2018	0,88	5,6	1,0	5,0	2,1
17/11/2018	0,88	6,3	1,0	5,5	2,3
18/11/2018	0,88	6,9	1,0	6,1	2,5
19/11/2018	0,88	5,3	1,0	4,6	1,9
20/11/2018	0,87	4,9	1,0	4,3	1,8
21/11/2018	0,88	5,2	1,0	4,6	1,9
22/11/2018	0,90	5,7	1,0	5,1	2,1
23/11/2018	0,91	5,2	1,0	4,7	2,0

NECESIDADES RIEGO SEMANA 11 al 17 MAY 2020

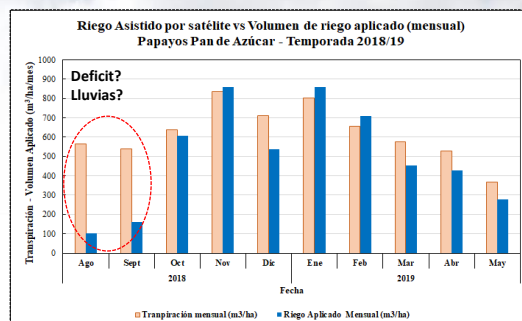
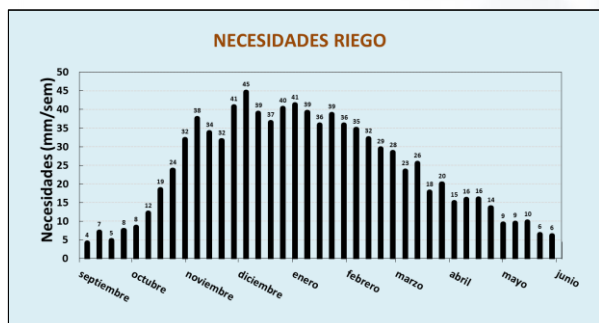


SECTOR	Riego mm/día (horas/día)
S1 Sauv. Blanc	1,9
S2 Pinot Noir	1,4
S3 Pinot Noir	2,5
S4 Pinot Noir	1,8
S5 Sauv. Blanc	1,8
S6 Riesling Pinot Noir	2,5
S7 Merlot	3,9
S8 Sauv. Blanc	2,2
S9	2,0
S10 Sauv. Blanc	2,2
S11 Riesling	2,5
S12 Pinot Noir	3,0
S13 Sangiovese	4,2
S14 Riesling	2,4
S15 Sauv. Blanc	2,1
S16 Syrah	3,9
S17 Syrah	4,7
S18 Pinot Noir	2,0
S19 Syrah	2,2
S20 Syrah	4,7
S21 Syrah	2,3
S22 Syrah	4,3
S23 Syrah	3,2
S24 Syrah	3,7
S25 Syrah	4,3
S26 Sauv. Blanc	1,0
S27 Sauv. Blanc	1,2
S28 Chardonnay	1,5
S29 Chardonnay	1,4
S30 Pinot Noir	0,9

Recomendación de riego en mm/ha y (horas).



PROGRAMACIÓN DEL RIEGO



Comparación Riego real vs Satelital
Estrés??

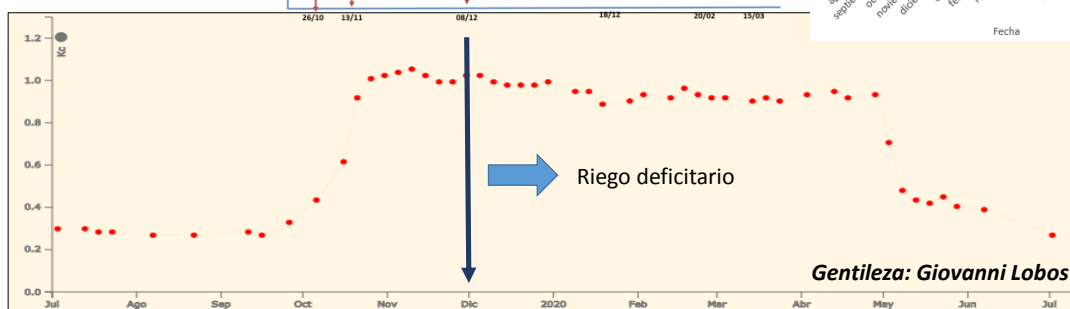
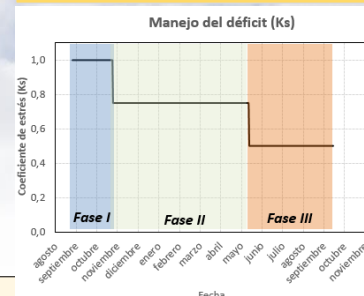
Cuantificar el Ks
y contrastarlo con la productividad

Manejo riego deficitario

Caracterización
fenológica y curva
de crecimiento del
fruto en nogal



$$ET_c = K_c \times ETo \times K_s$$





PLAS
CHILE

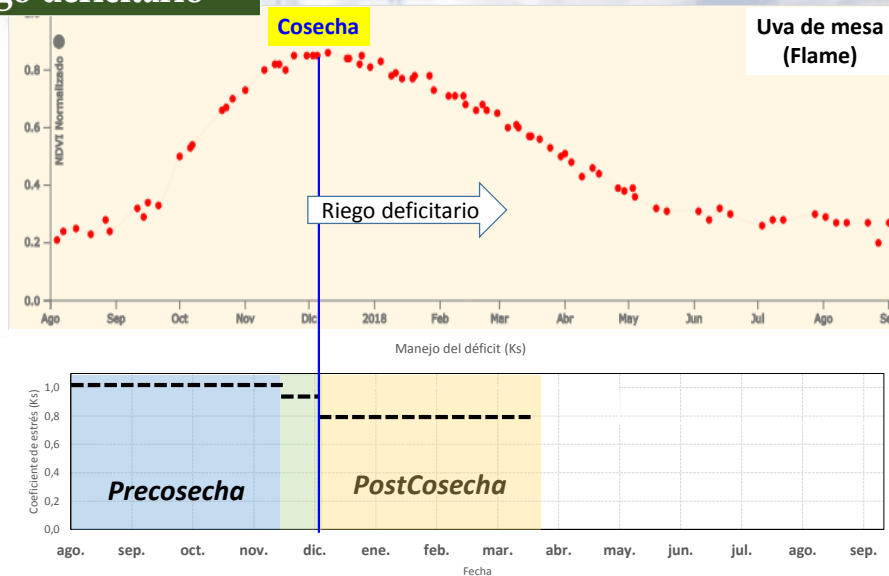
PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL PLAS



Manejo riego deficitario

Caracterización
fenológica y curva
de crecimiento del
fruto en uva de
mesa

$$ET_c = K_c \times ETo \times K_s$$



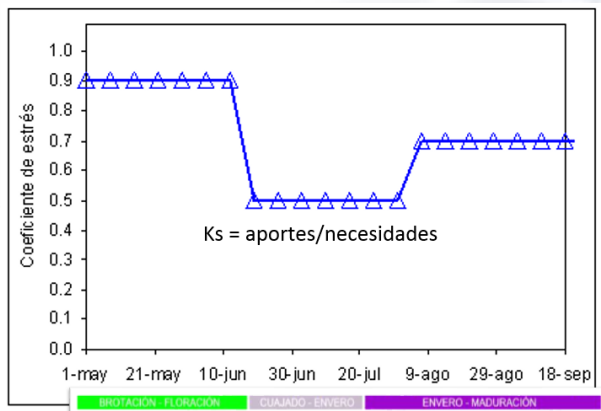
PLAS
CHILE

PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL PLAS



Manejo riego deficitario

Caracterización fenológica y curva de crecimiento del fruto en vides para vino



Gentileza: Vicente Bodas

Agronomía!!! Caracterización ambiental para el manejo del riego



USO DE TECNOLOGIAS PARA EL
MONITOREO DEL AMBIENTE, LA
DISPONIBILIDAD HÍDRICA
Y ESTADO HIDRICO DEL CULTIVO

REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DE LA
ESPECIE



PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL PLAS

CONTENIDO

- ✓ Relación entre Índices Vegetacionales (IV) y el Coeficiente de Cultivo para distintas especies.
- ✓ Uso de imágenes satelitales para estimar el nivel de desarrollo y consumo hídrico de los cultivos y la programación del riego.
- ✓ Uso de la Plataforma Agrícola Satelital PLAS.



PLATAFORMA PLAS: SITIO WEB



<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>



PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL PLAS



Maurice Streit

Gabriel Selles
Claudio Balbontin
Magali Odi
Raúl Ferreyra
Alejandro Antúnez

Francisco Meza
Pilar Gil

Luis Morales
José Neira

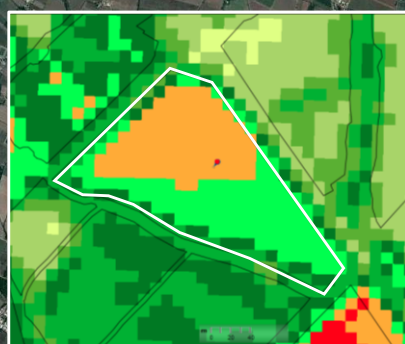
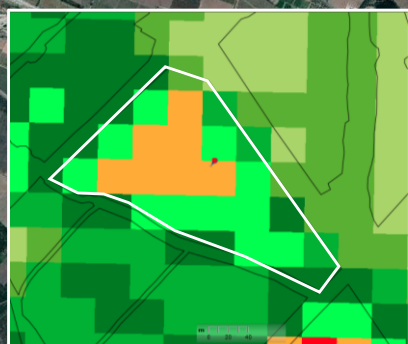
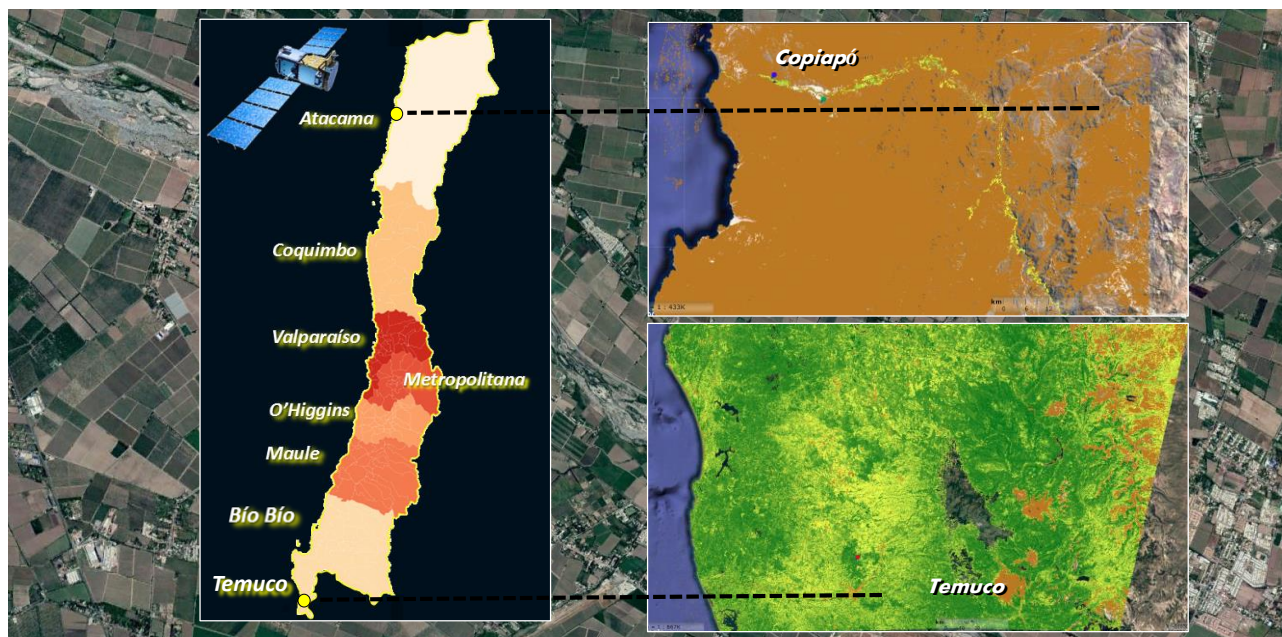
Octavio Lagos
Mario Lillo
Eduardo Holzapfel

Samuel Ortega
Camilo Riveros

Cristian Navarrete
Gustavo Roa

Xavier de la Vega

Jorge Olave



LANDSAT 8



Escena: 185 km x 185 km
R. Temporal: 16 días
R. Espacial: 30 m X 30 m (1 ha)

CONSTELACIÓN

SENTINEL 2A-2B



Escena: 100 km
R. Temporal: 10 days
R. espacial: 10 m X 10 m (0,09 ha)

Promover el uso de nuevas tecnologías para el análisis de las necesidades de riego, eficiencia hídrica, productividad y otros aspectos asociados al manejo agronómico de los cultivos

Análisis del desarrollo del cultivo utilizando imágenes satelitales (NDVI)

Análisis de la variabilidad espacial del huerto (sectorización)

Definición de las necesidades de riego ($K_c - ETo$)

Manejo nutricional de los cultivos a escala parcela (nuevos desarrollos)

Capacitaciones Plataforma Agrícola Satelital PLAS



Disponible en:
<http://maps.spiderwebgis.org/login?custom=plas>
www.inia.cl



VALIDACIÓN



TRANSFERENCIA

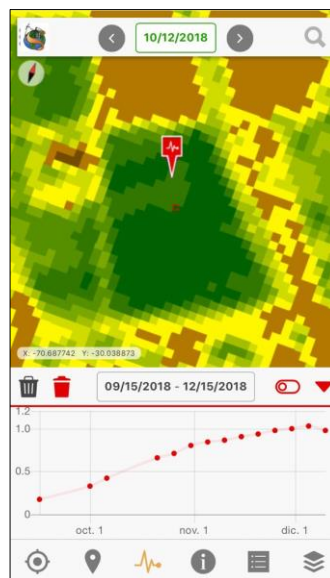


CONSULTORIAS



CAPACITACIÓN
(Capital humano)

APLICACIÓN PARA CAMPO (App)



PLATAFORMA AGRÍCOLA SATELITAL PLAS



<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>