INIA

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

JORNADA DE
CITRICULTURA
2022

Proyecto apoyado por CORFO

Gobierno de Chile

Comité de Cítricos Chile

ASOEX
ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE FRUTAS DE CHILE A.G.
"Juntos, nuestra fruta vale más"

FIA Fundación para la Innovación Agraria

AJUSTE DEL RIEGO EN MANDARINAS Y EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD (AÑO 1)

Dr. Claudio Balbontín N.

Dra. Angélica Salvatierra G.

INIA Instituto de Investigaciones Agropecuarias

claudio.balbontin@inia.cl

asalvatierra@inia.cl

Lab. Teledetección y Ecofisiología INIA intihuasi

JORNADA DE
CITRICULTURA
2022

Proyecto apoyado por CORFO

Gobierno de Chile

Comité de Cítricos Chile

ASOEX
ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE FRUTAS DE CHILE A.G.
"Juntos, nuestra fruta vale más"

FIA
Fundación para la Innovación Agraria

EVALUACIÓN DE CALIDAD Y CONDICIÓN DE COSECHA Y POSCOSECHA EN MANDARINAS CON DÉFICIT HÍDRICO CONTROLADO

MSc. Edgard Álvarez R.

edgar.alvarez@inia.cl

INIA
Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Dr. Bruno Defilippi B.

bdefilip@inia.cl

Lab. Calidad de Poscosecha INIA La Platina.

AJUSTE DEL COEFICIENTE DE CULTIVO SATELITAL PARA EL MANEJO PRECISO DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE MANDARINAS EN LA ZONA CENTRO NORTE DE CHILE

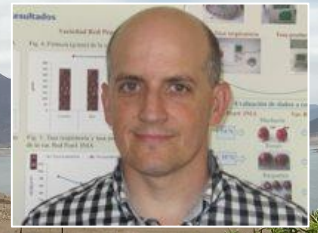
PERSONAS

INVESTIGACIÓN RIEGO Y FRUTALES

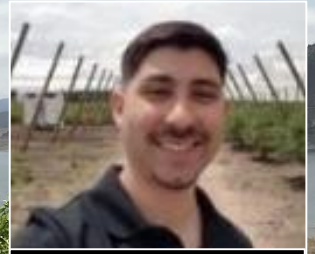
Claudio Balbontín

Angélica Salvatierra

INVESTIGACIÓN POSTCOSECHA



Bruno Defilippi



Edgard Álvarez

TRANSFERENCIA EXTENSIÓN

Giovanni Lobos

Ariadna Veas

Diego García

ANÁLISIS

Carlos Zúniga

Nicolás Verdugo

Monserrat Valenzuela

Juan Enrique Ortuzar

Mario Araya

Luis Leris

Victoria Muena

HISTORIA INICIATIVA

2013

LABORATORIO TELEDETECCIÓN Y SIG

CAPRA

2019

INIA INTIHUASI

2021

FIA Fundación para la Innovación Agraria

AJUSTE DEL COEFICIENTE DE CULTIVO SATELITAL PARA EL CULTIVO DE MANDARINAS

ESTUDIO

APROXIMACIÓN AL ESTADO DE DESARROLLO Y MANEJO DEL RIEGO EN MANDARINAS CON INFORMACIÓN SATELITAL

INIA

PLataforma Agrícola Satelital
PLAS

FIA Fundación para la Innovación Agraria

Comité de Cítricos Chile

PLAS CHILE

CONTEXTO - PROBLEMÁTICA

FALTA DE INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES EN RIEGO

PREGUNTAS FRECUENTES

¿COMO ESTÁ MI CULTIVO? (MAL / BIEN / REGULAR…)

¿TENGO QUE REGAR? (HARÉ UN HOYO…)

¿CUANTA AGUA REQUIERE? (BIEN MOJADO NO MÁS…)

¿CUANTO TIEMPO DEBO REGAR? (TODA LA NOCHE….?)

¿ESTÁ PAREJA LA PARCELA? (POR DONDE PASÉ….SI)

OTRAS PREGUNTAS

¿QUE ES LA ***AGRICULTURA DE PRECISIÓN***?

¿QUE ES LA ***DIGITALIZACIÓN*** DE LA AGRICULTURA?

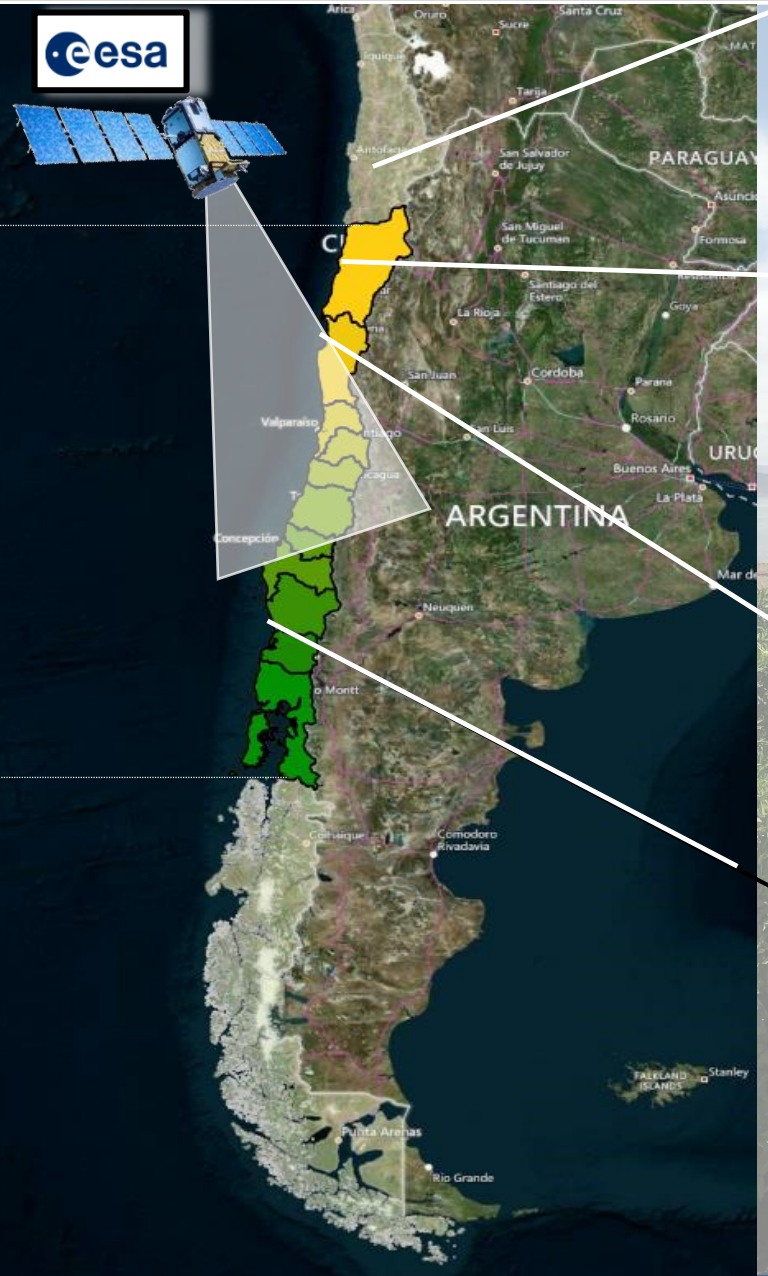
PLATAFORMA AGRICOLA SATELITAL

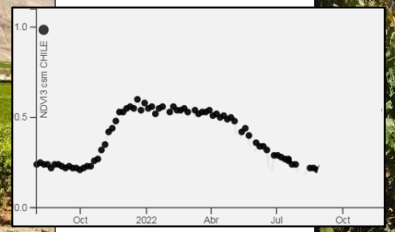
PLAS

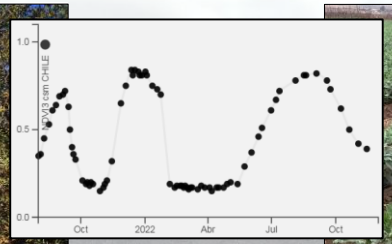
Cobertura

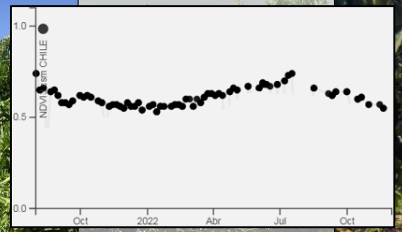
Atacama

Chiloe



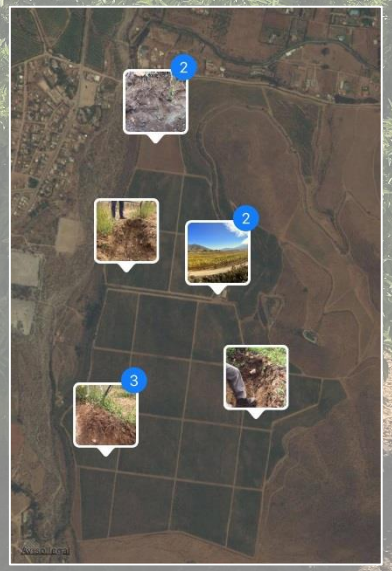






OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

- *On line*
- *Actualización frecuente* — *Sentinel 2A y 2B*
- *Multisensor*
- *Multi productos*
- *Multiplataforma*



OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

SOLUCIÓN

TELEDETECCIÓN (REMOTE SENSING)

VENTAJAS HERRAMIENTAS EO (para INIA, profesionales asesores)

- ✓ SATELITES GESTIONAN SOLOS
- ✓ ECONÓMICOS PARA MONITOREAR TERRITORIO
- ✓ GRAN COBERTURA (TODO CHILE – MUNDO)
- ✓ CALIBRADOS PARA ANALIZAR CULTIVOS: NDVI
- ✓ CUANTITATIVO: INDEPENDIENTE DEL OBSERVADOR
- ✓ ADECUADA RESOLUCIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL
- ✓ ADAPTABLE A INTERNET PARA CONSULTA

PLAS CHILE

INIA

PLataforma Agrícola Satelital
PLAS

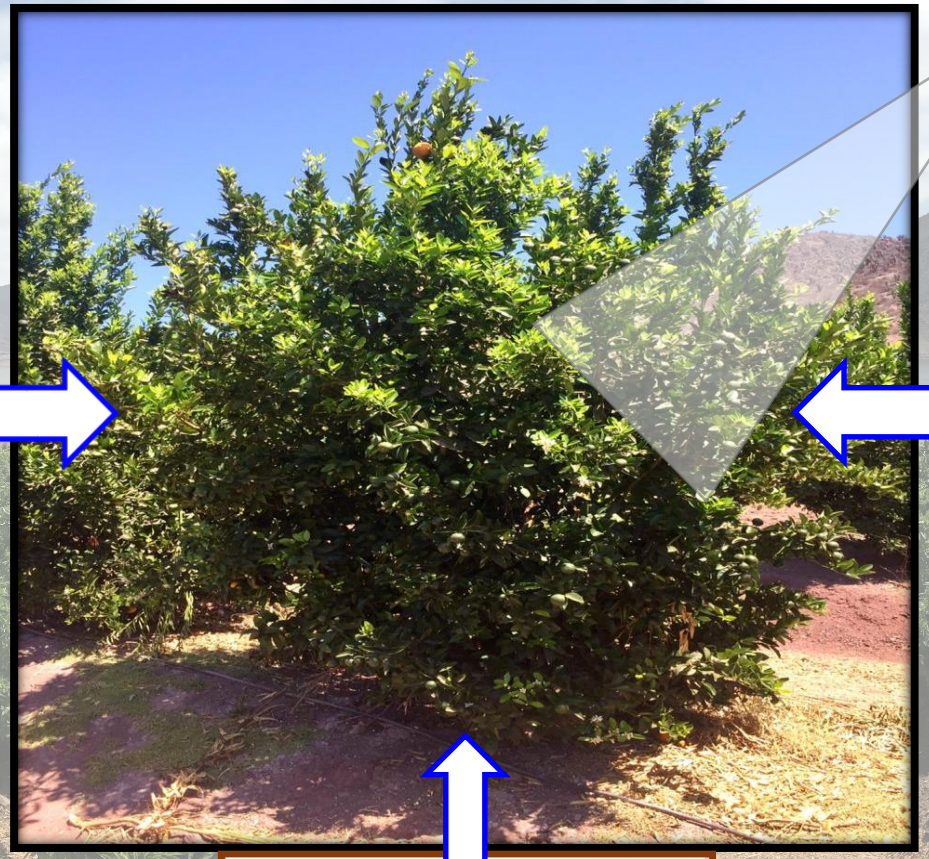
OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

CLIMA

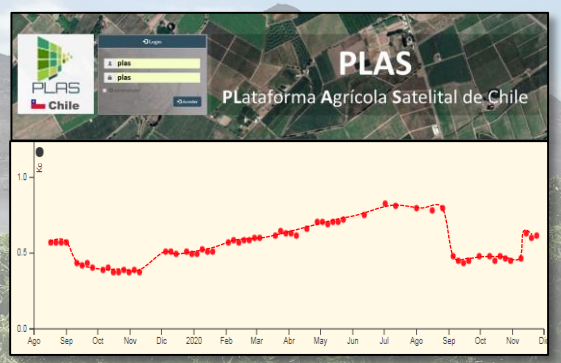
AGROMETEOROLOGÍA
RED AGROMETEOROLÓGICA DE INIA

https://agrometeorologia.cl

Demanda Ambiental (ETo)
Sumatoria térmica
Fenología



PLANTA



Monitoreo Desarrollo Cultivo
Coeficiente de cultivo

Monitoreo ecofisiológico
(estado hídrico interno)

SUELO

Disponibilidad hídrica suelo (monitoreo - balance)

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

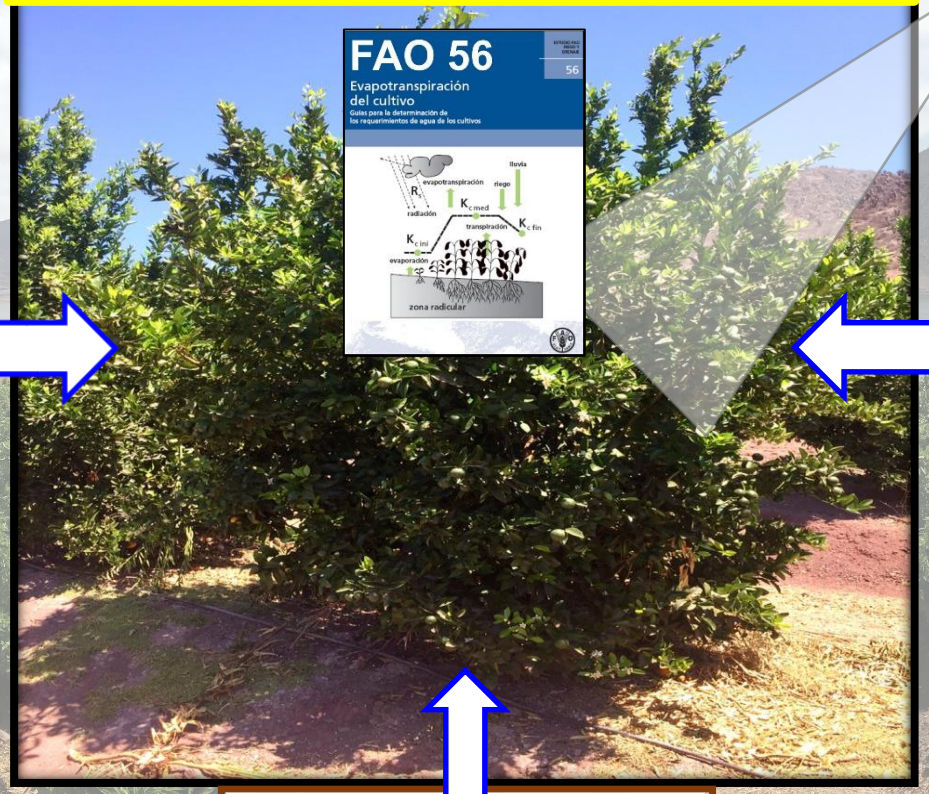
CLIMA

AGROMETEOROLOGÍA
RED AGROMETEOROLÓGICA DE INIA

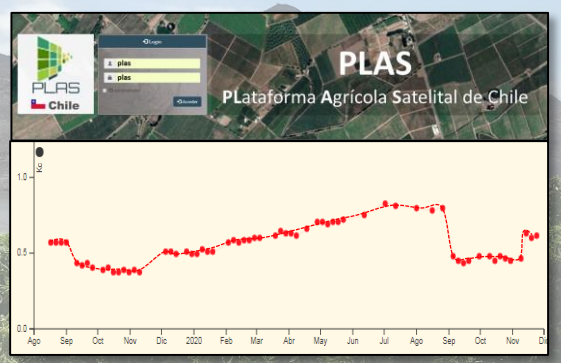
https://agrometeorologia.cl

Demanda Ambiental (ETo)
Sumatoria térmica
Fenología

ETc = Kcb x ETo



PLANTA



Monitoreo Desarrollo Cultivo
Coeficiente de cultivo

Monitoreo ecofisiológico
(estado hídrico interno)

SUELO

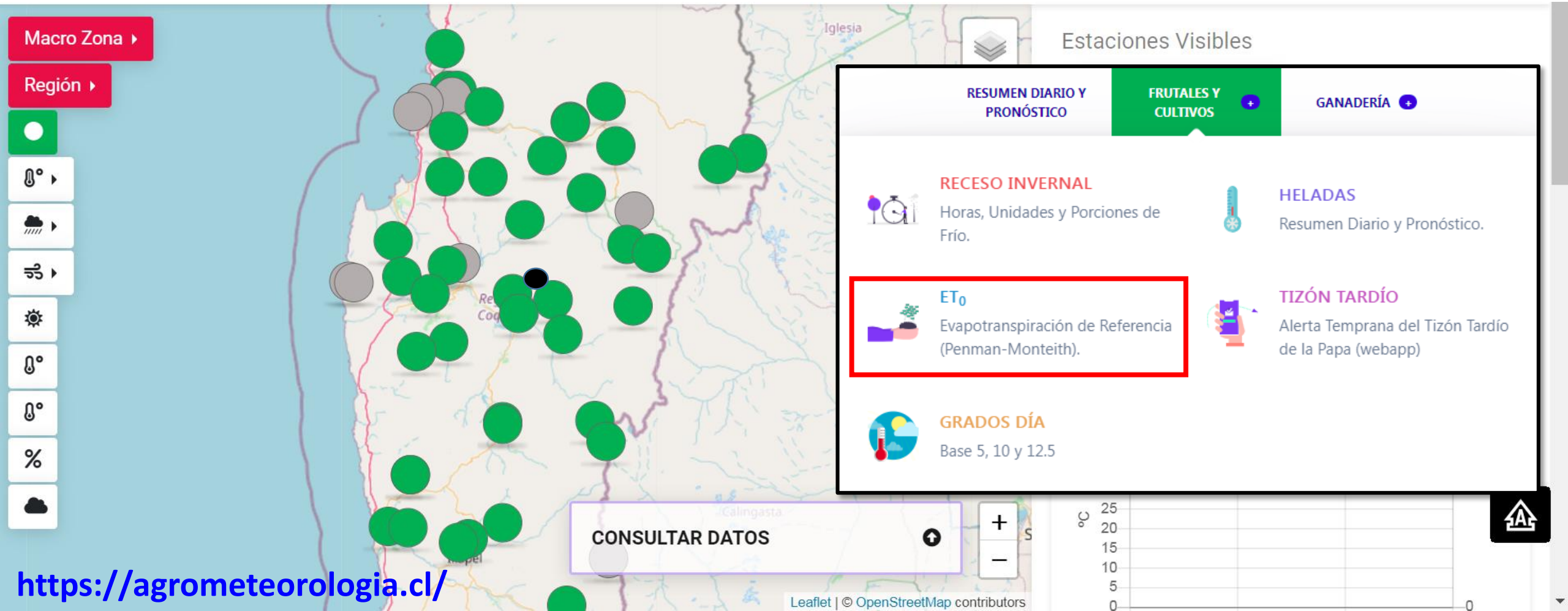
Disponibilidad hídrica suelo (monitoreo - balance)

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

CLIMA

AGROMETEOROLOGÍA
RED AGROMETEOROLÓGICA DE INIA

$$ETc = Kcb \times ETo$$

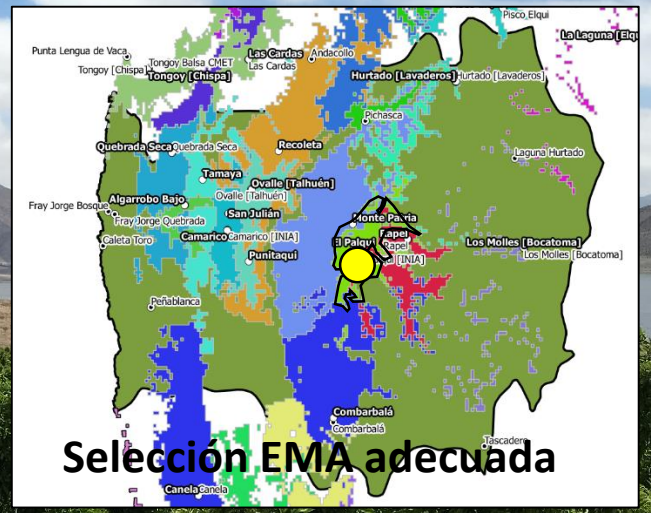


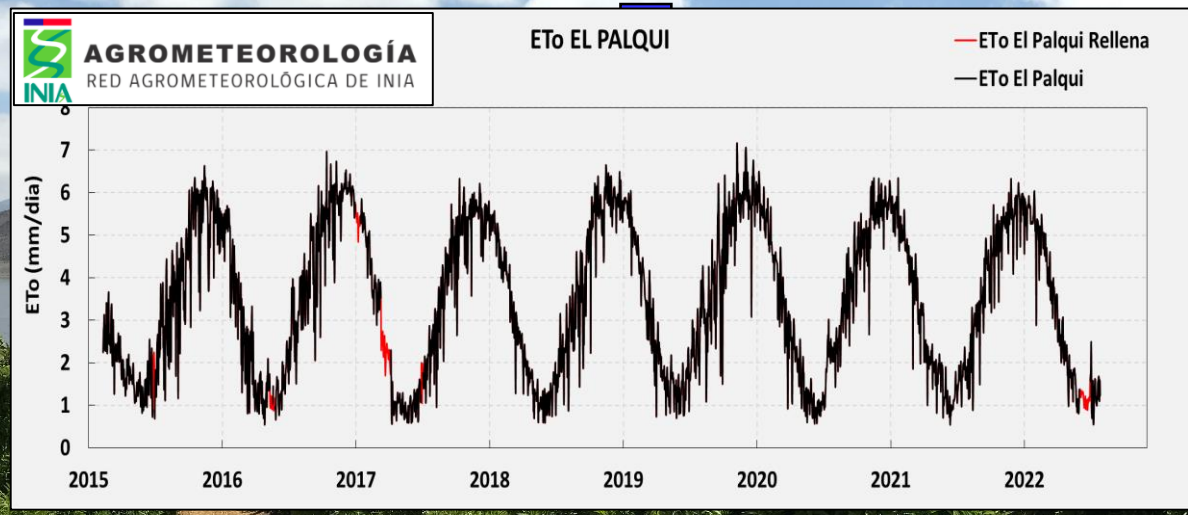
https://agrometeorologia.cl/

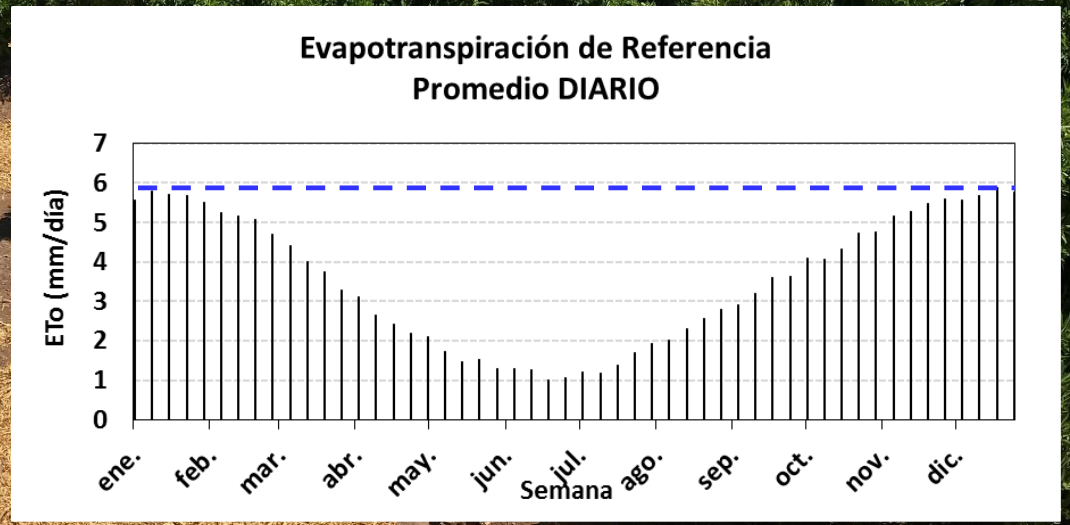
OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

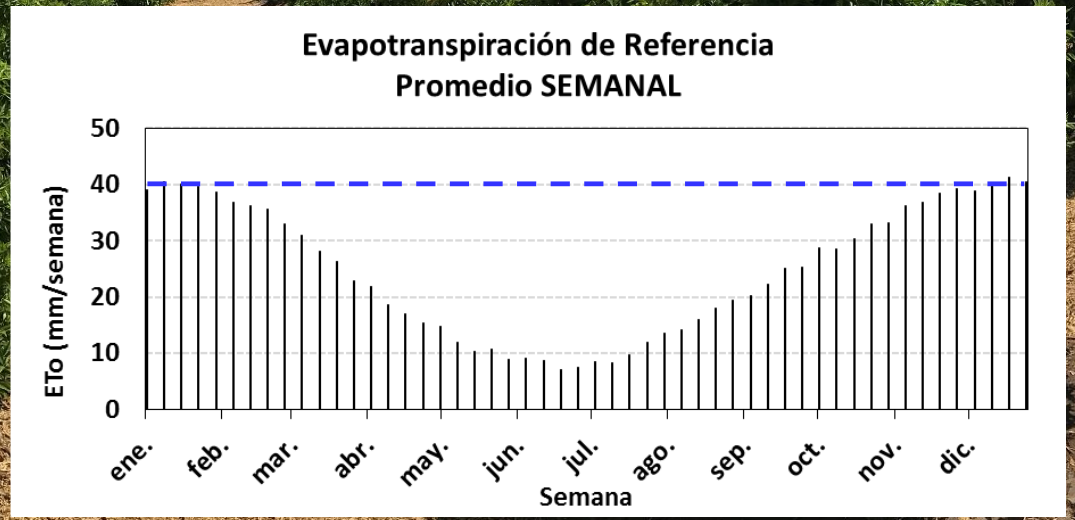
CLIMA

$$ETc = Kcb \times ETo$$

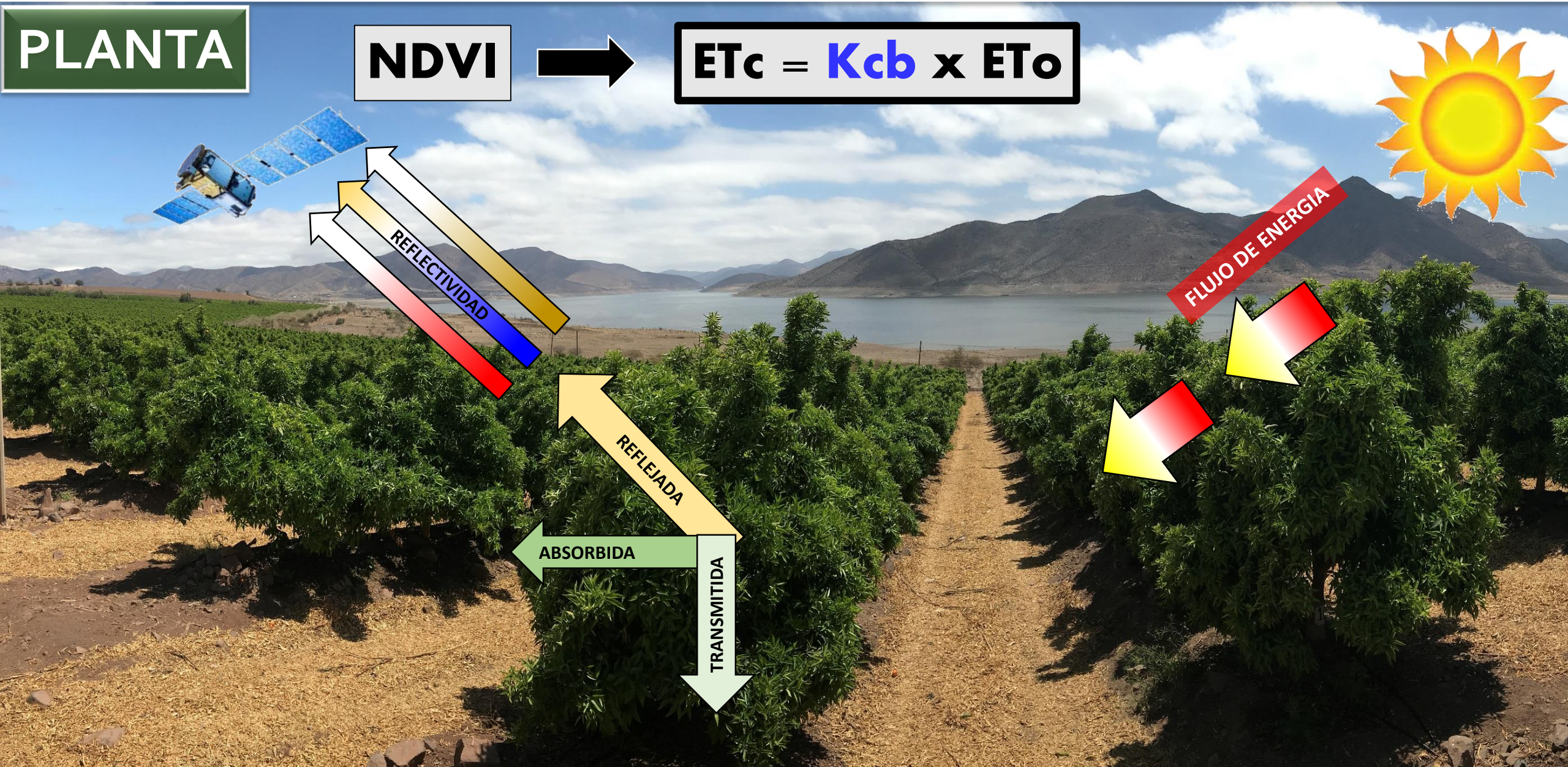








OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.



OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

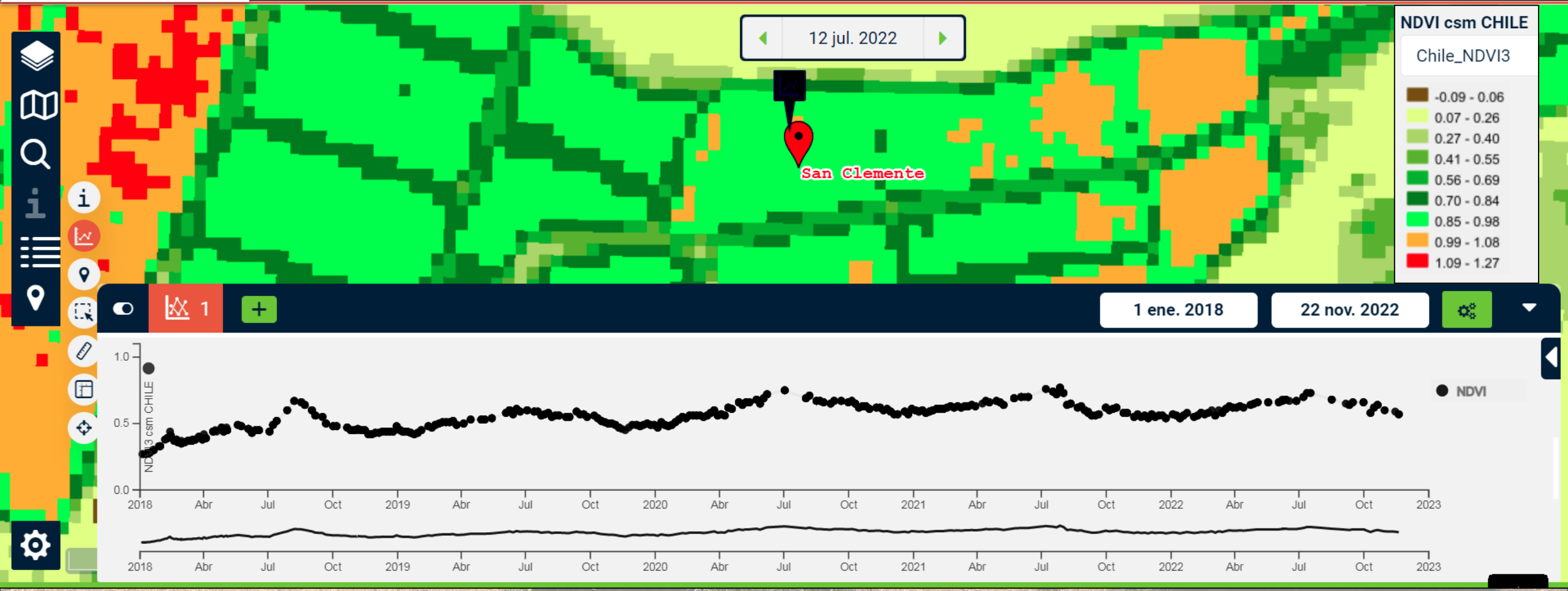
PLANTA

NDVI → **ETc = Kcb x ETo**

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

PLANTA

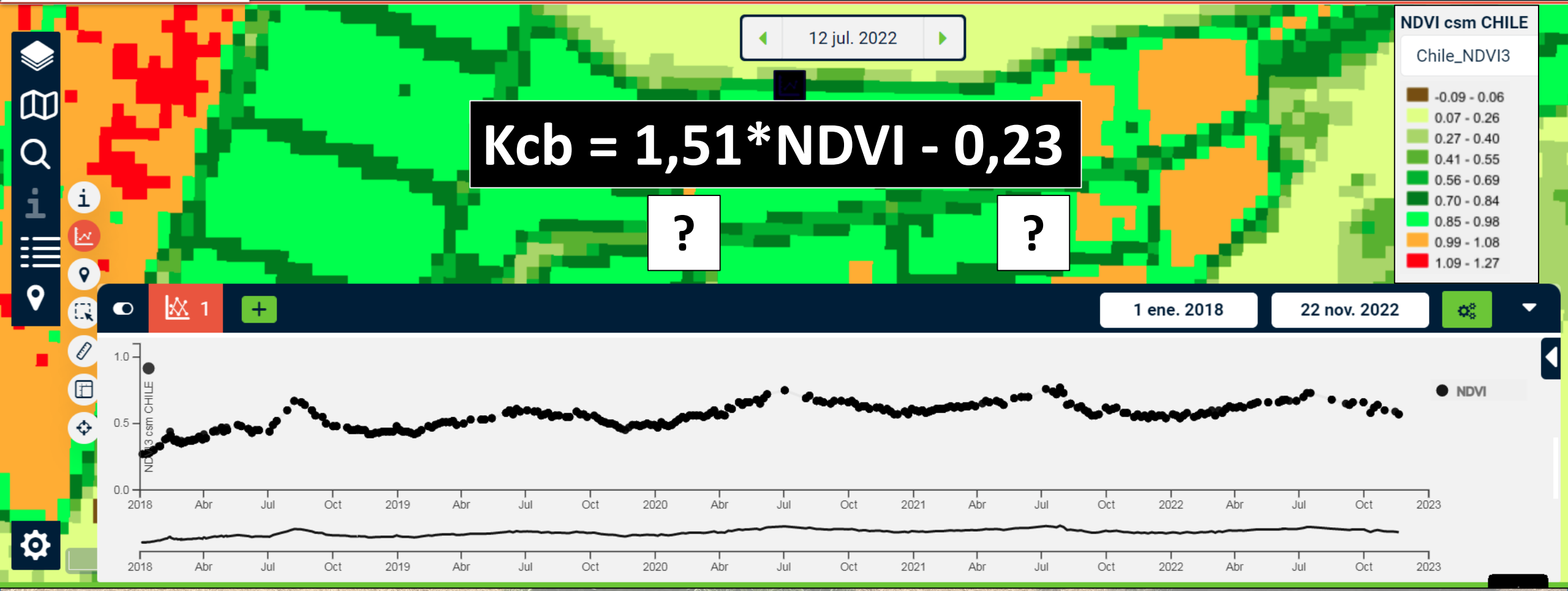
NDVI → **ETc = Kcb x ETo**



OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

PLANTA

NDVI → **ETc = Kcb x ETo**



Kcb = 1,51*NDVI - 0,23

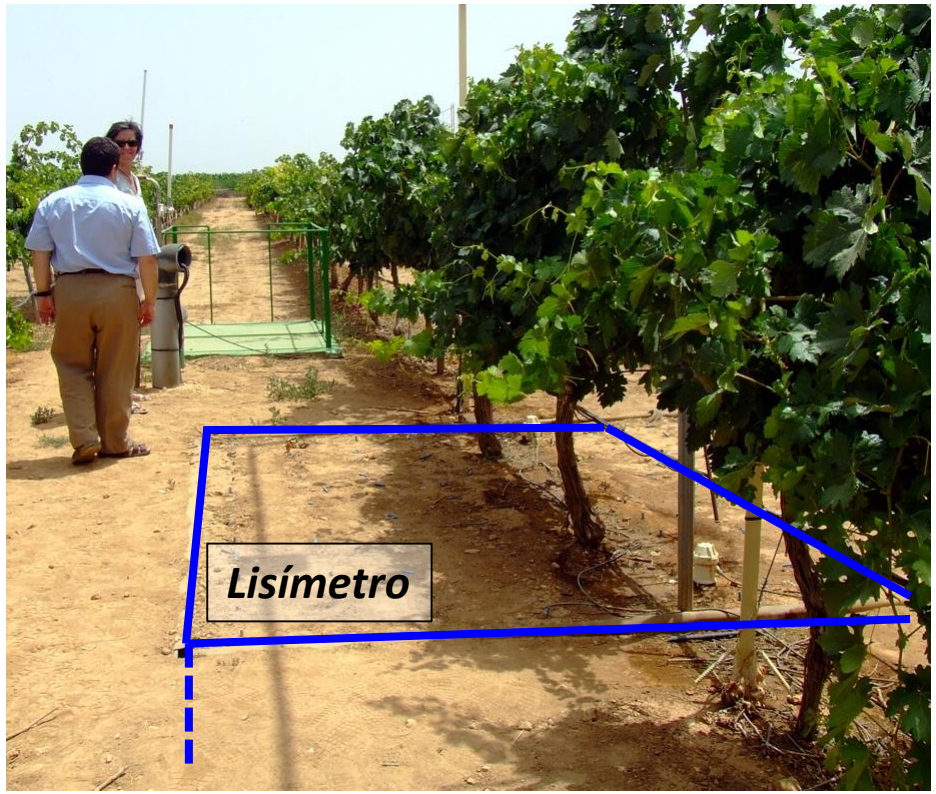
? ?

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

Evapotranspiración de cultivo (ETc)

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

LISÍMETROS DE PESADA



COVARIANZA DE TORBELLINOS

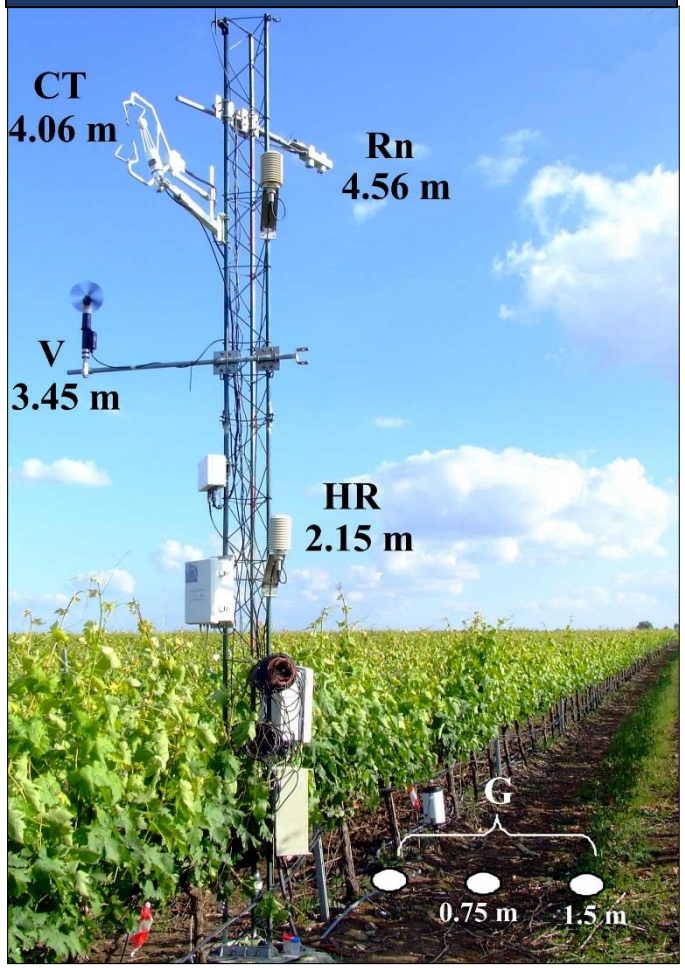


Table 1. Compilation of Kcb-VI relationships found in the literature.

Crop	Equation
Corn	$Kcb = 1.36 \times NDVI - 0.06$
Wheat	$Kcb = 1.46 \times NDVI - 0.26$
Cotton	$Kcb = 1.49 \times NDVI - 0.12$
Wheat	$Kcb = 1.93 \times NDVI^3 - 2.57 \times NDVI^2 + 1.63 \times NDVI - 0.18$
Wheat	$Kcb = 1.64 \times NDVI - 0.12$
Row vineyard	$Kcb = 1.44 \times NDVI - 0.1$
Garlic	$Kcb = -1.56 \times NDVI^2 + 2.66 \times NDVI - 0.08$
Bell pepper	$Kcb = -0.12 \times NDVI^2 + 1.45 \times NDVI - 0.06$
Broccoli	$Kcb = -1.48 \times NDVI^2 + 2.64 \times NDVI - 0.17$
Lettuce	$Kcb = -0.11 \times NDVI^2 + 1.39 \times NDVI + 0.01$
Corn	$Kcb = 1.77 \times SAVI + 0.02$
Potato	$Kcb = 1.36 \times SAVI + 0.06$
Sugar beet	$Kcb = 1.74 \times SAVI - 0.16$
Row vineyard	$Kcb = 1.79 \times SAVI - 0.08$
Cotton	$Kcb = 1.74 \times SAVI - 0.16$
Garlic	$Kcb = 1.82 \times SAVI - 0.16$
Olive	$Kcb = 1.59 \times SAVI - 0.14$
Mandarin	$Kcb = 0.99 \times SAVI - 0.09$
Peach	$Kcb = 1.29 \times SAVI - 0.12$
Apple trees	$Kcb = 1.82 \pm 0.19 \times SAVI - 0.07 \pm 0.06$

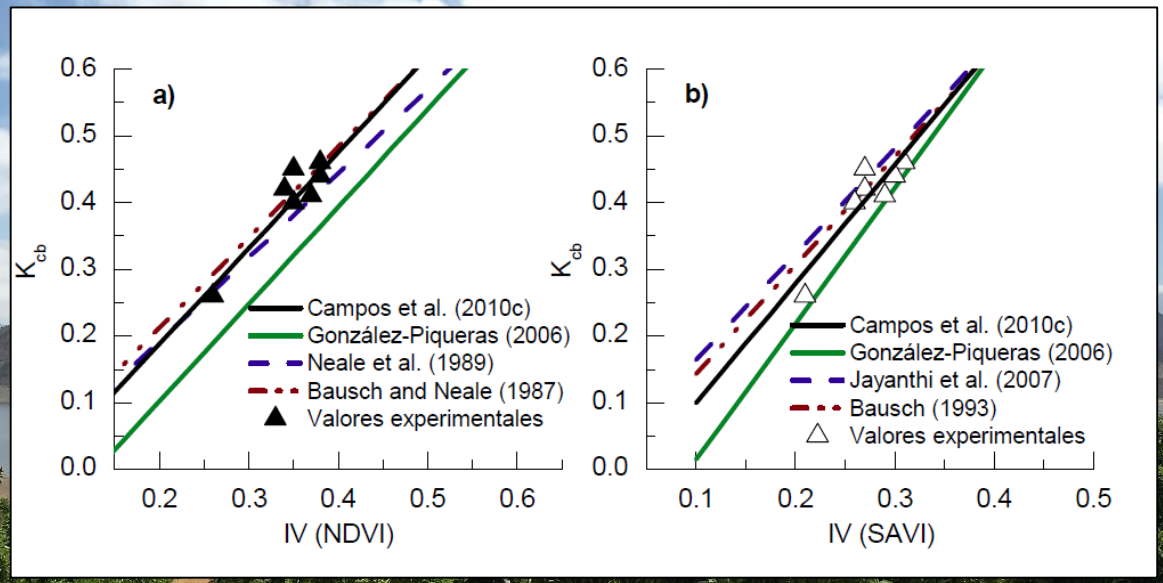
OPERATIVIDAD

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS (RIEGO)

AJUSTE NDVI / Kcb

Table 1. Compilation of Kcb-VI relationships found in the literature.

Crop	Equation	Reference
Corn	$Kcb = 1.36 \times NDVI - 0.06$	[23]
Wheat	$Kcb = 1.46 \times NDVI - 0.26$	[30]
Cotton	$Kcb = 1.49 \times NDVI - 0.12$	[33]
Wheat	$Kcb = 1.93 \times NDVI^3 - 2.57 \times NDVI^2 + 1.63 \times NDVI - 0.18$	[126]
Wheat	$Kcb = 1.64 \times NDVI - 0.12$	[31]
Row vineyard	$Kcb = 1.44 \times NDVI - 0.1$	[37]
Garlic	$Kcb = -1.56 \times NDVI^2 + 2.66 \times NDVI - 0.08$	[35]
Bell pepper	$Kcb = -0.12 \times NDVI^2 + 1.45 \times NDVI - 0.06$	[35]
Broccoli	$Kcb = -1.48 \times NDVI^2 + 2.64 \times NDVI - 0.17$	[35]
Lettuce	$Kcb = -0.11 \times NDVI^2 + 1.39 \times NDVI + 0.01$	[35]
Corn	$Kcb = 1.77 \times SAVI + 0.02$	[127]
Potato	$Kcb = 1.36 \times SAVI + 0.06$	[32]
Sugar beet	$Kcb = 1.74 \times SAVI - 0.16$	[34]
Row vineyard	$Kcb = 1.79 \times SAVI - 0.08$	[37]
Cotton	$Kcb = 1.74 \times SAVI - 0.16$	[113]
Garlic	$Kcb = 1.82 \times SAVI - 0.16$	[113]
Olive	$Kcb = 1.59 \times SAVI - 0.14$	[113]
Mandarin	$Kcb = 0.99 \times SAVI - 0.09$	[113]
Peach	$Kcb = 1.29 \times SAVI - 0.12$	[113]
Apple trees	$Kcb = 1.82 \pm 0.19 \times SAVI - 0.07 \pm 0.06$	[39]

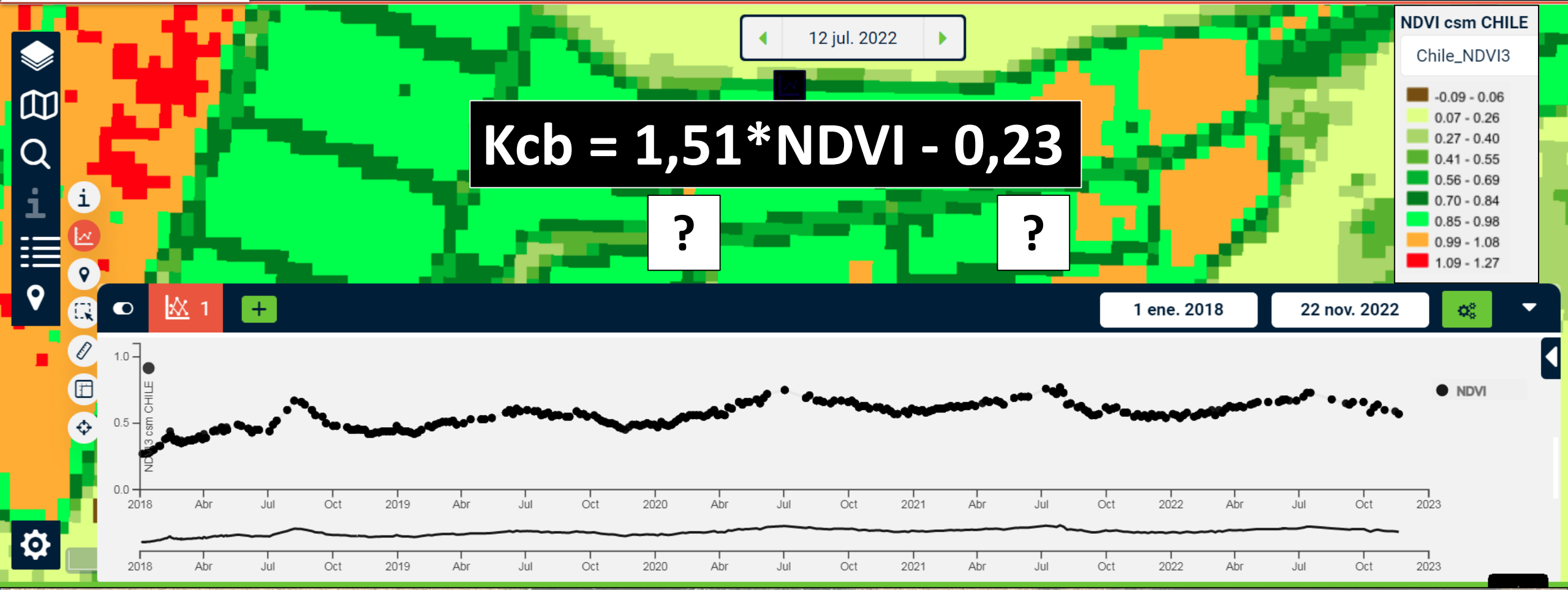


USUARIO **OPERATIVIDAD** USUARIO

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

PLANTA

NDVI → **ETc = Kcb x ETo**



Kcb = 1,51*NDVI - 0,23

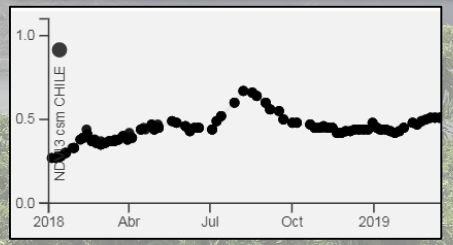
? ?

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

CLIMA

AGROMETEOROLOGÍA
RED AGROMETEOROLÓGICA DE INIA

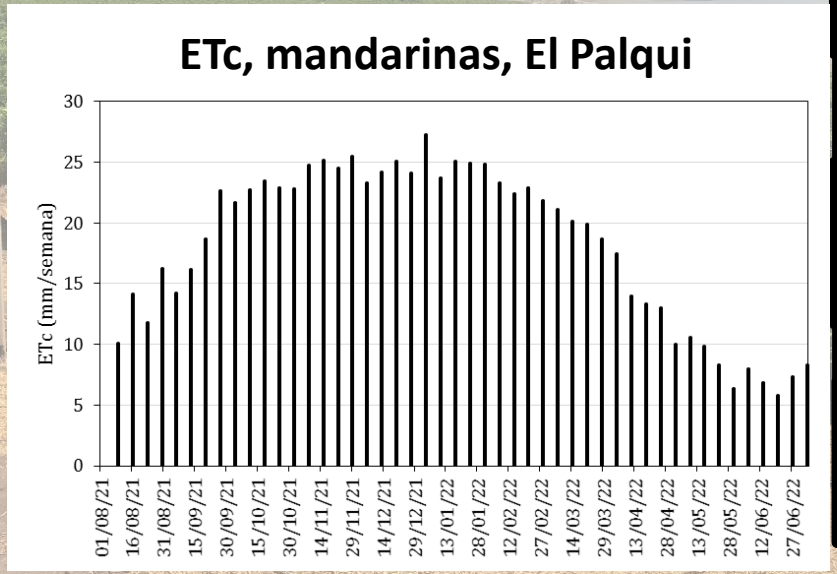
PLANTA



$$ETc = Kcb \times ETo$$

$$ETc = 0{,}8 \times 40\ mm/sem$$

$$ETc = 32\ mm/sem$$



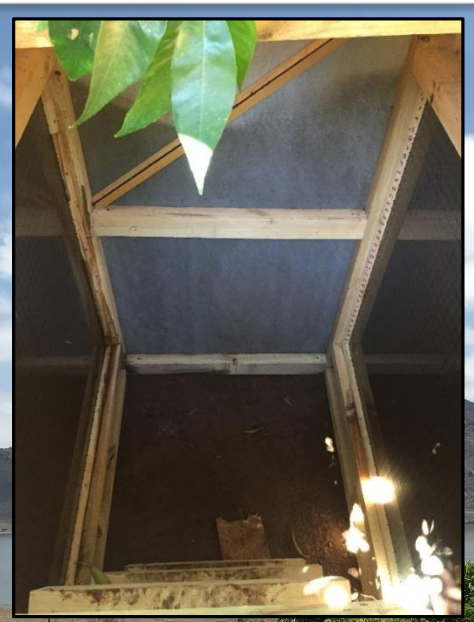
8.245 m³/ha

Consumo hídrico

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

EVALUACIONES

AGRONOMÍA DEL RIEGO

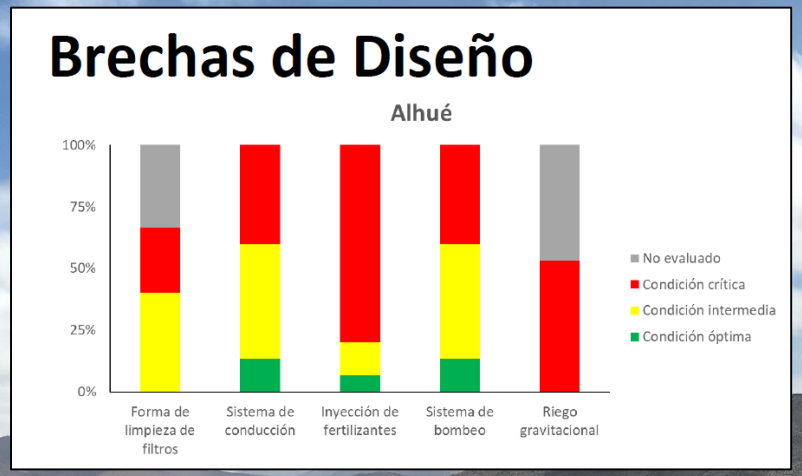


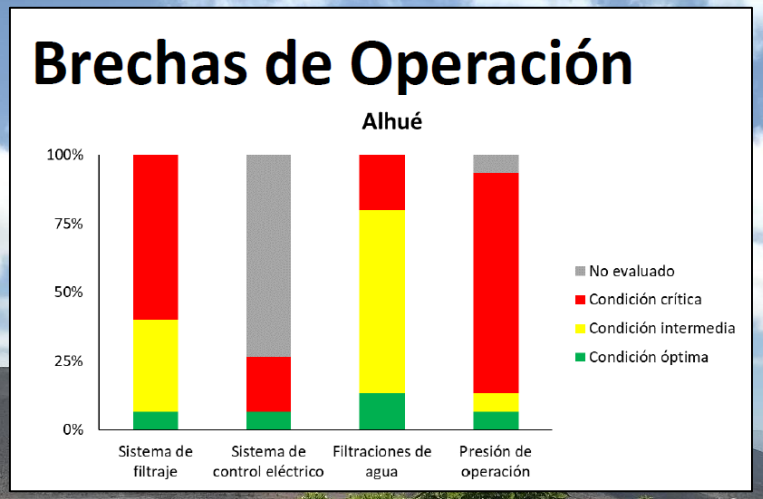
RIZOTRON

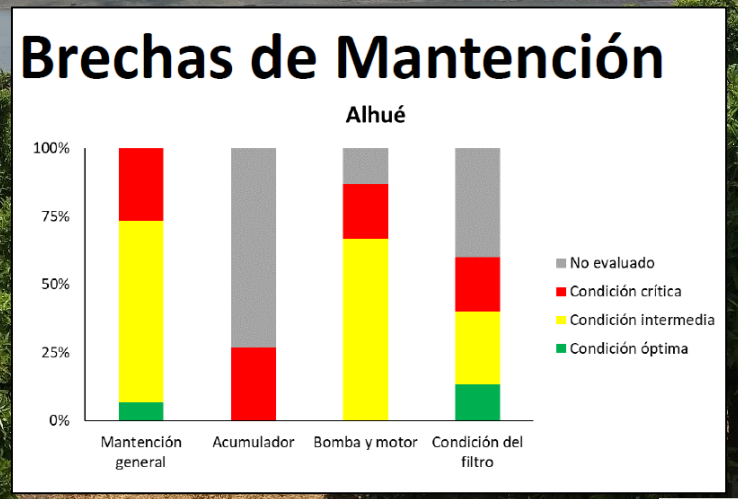
OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

EVALUACIONES

AGRONOMÍA DEL RIEGO







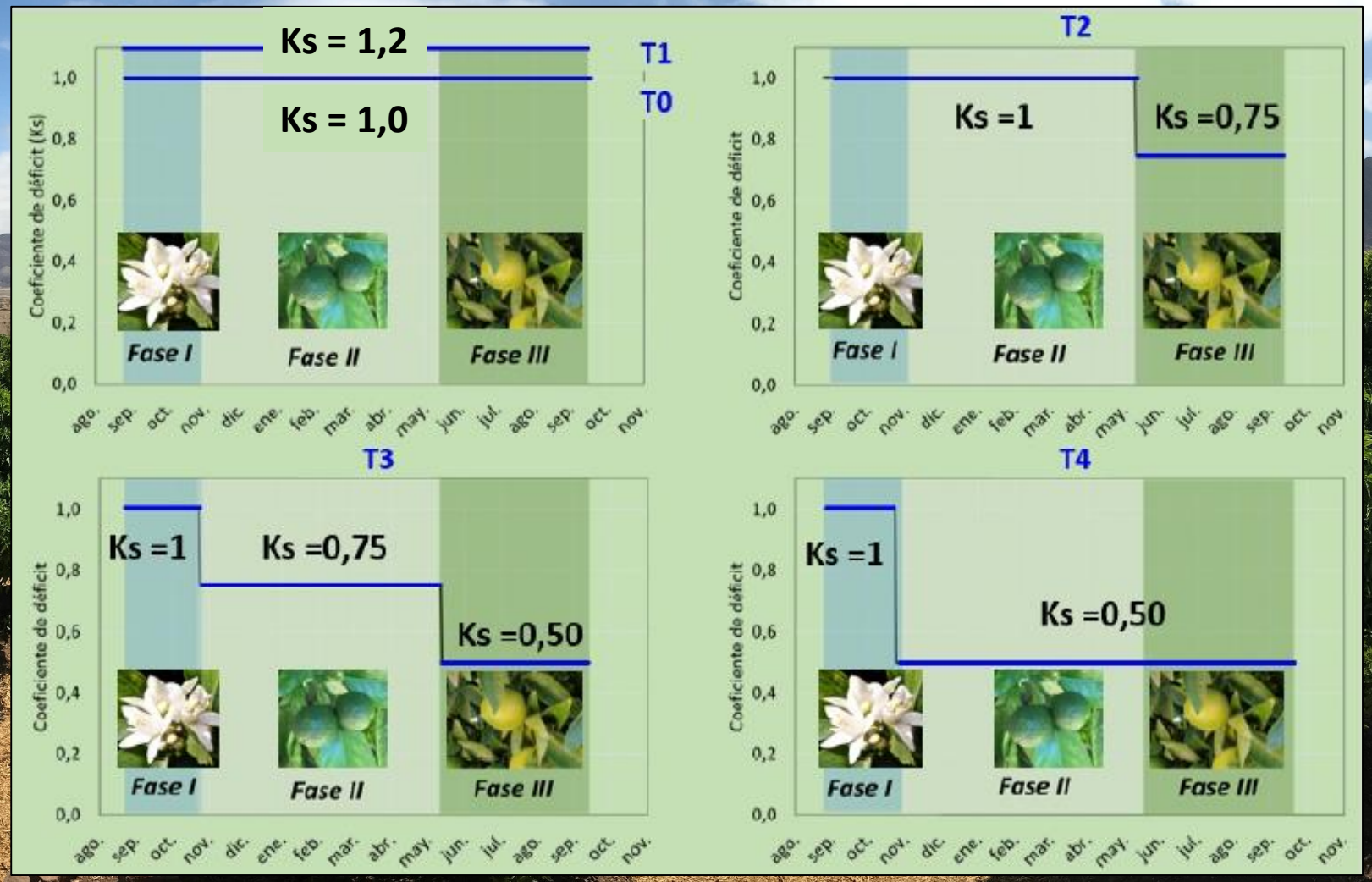
PRECIPITACIÓN EFECTIVA DEL EQUIPO

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o al superávit) en diferentes estados fenológicos.

TRATAMIENTOS

$$ETc = Kcb \times ETo \times Ks$$

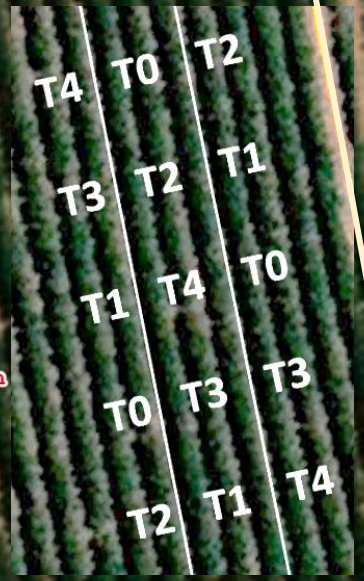


OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o al superávit) en diferentes estados fenológicos.

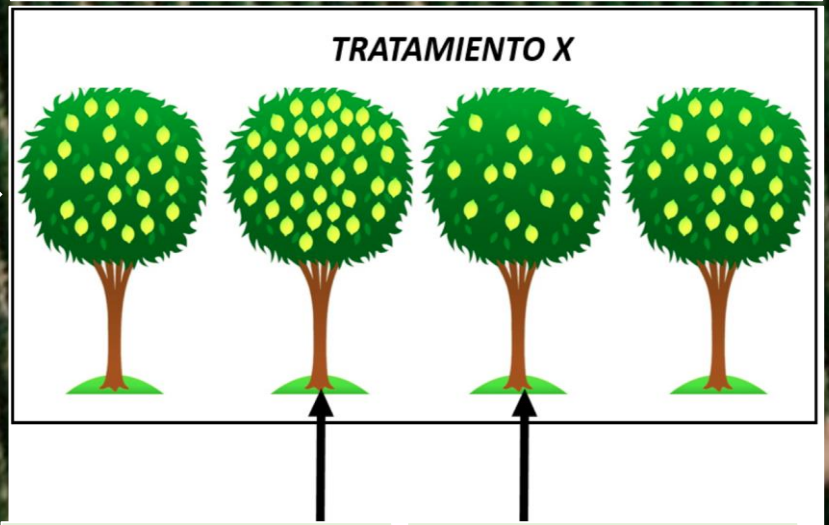
EVALUACIONES

El Palqui

Variedad Orogrande
Año de plantación 2016
Marco de plantación 5 x 2
Goteo, dos lineas



UNIDAD EXPERIMENTAL



Kilos / árbol | Kilos / árbol

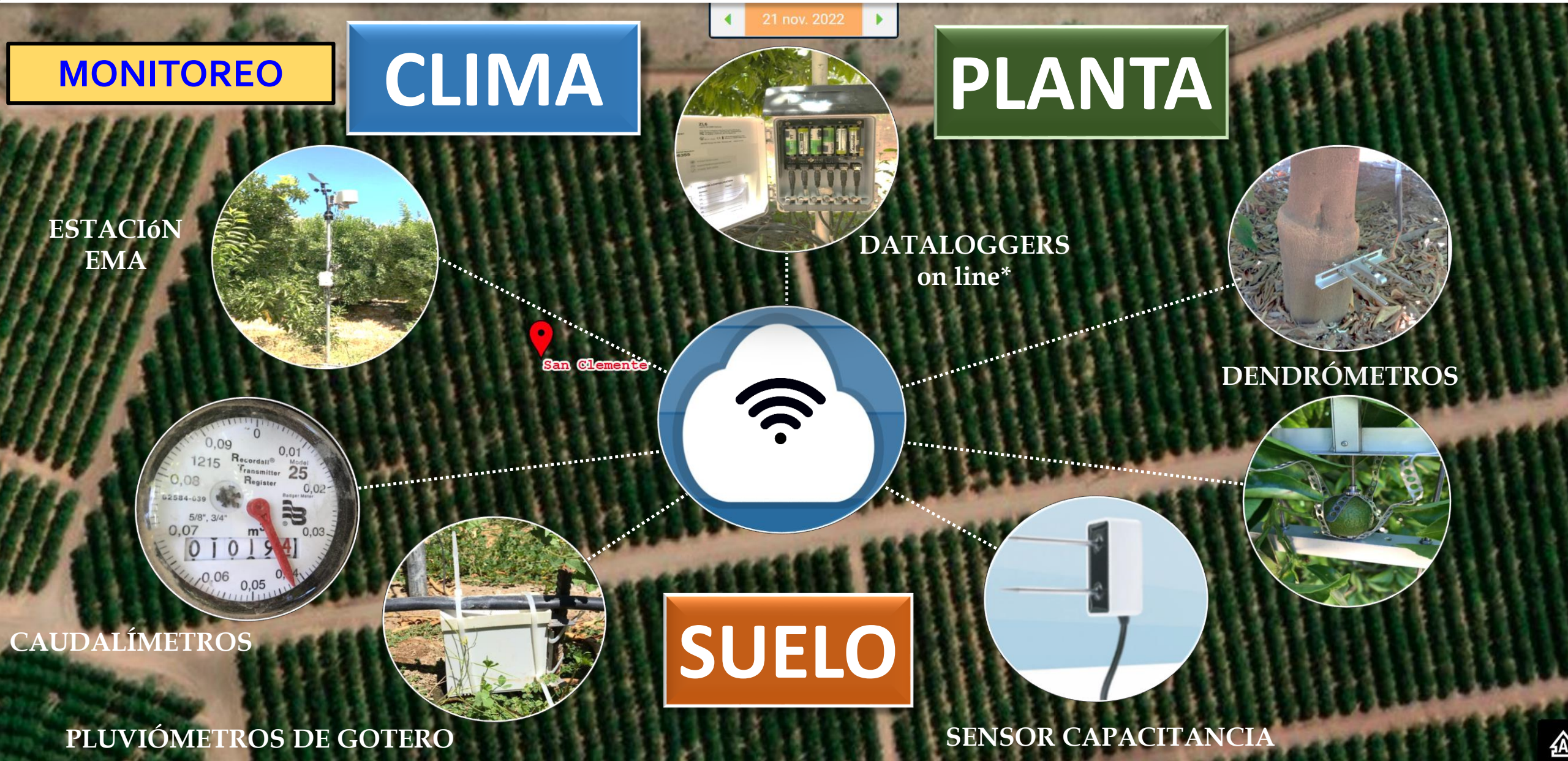
Distribución de calibres

Submuestra a Post - Cosecha

5 TRAT. X 4 PTAS X 3 REP. = 60 PLANTAS INTERVENIDAS

5 TRAT. X 2 PTAS CENTRAL X 3 REP. = 30 PLANTAS CENTRALES

OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o al superávit) en diferentes estados fenológicos.

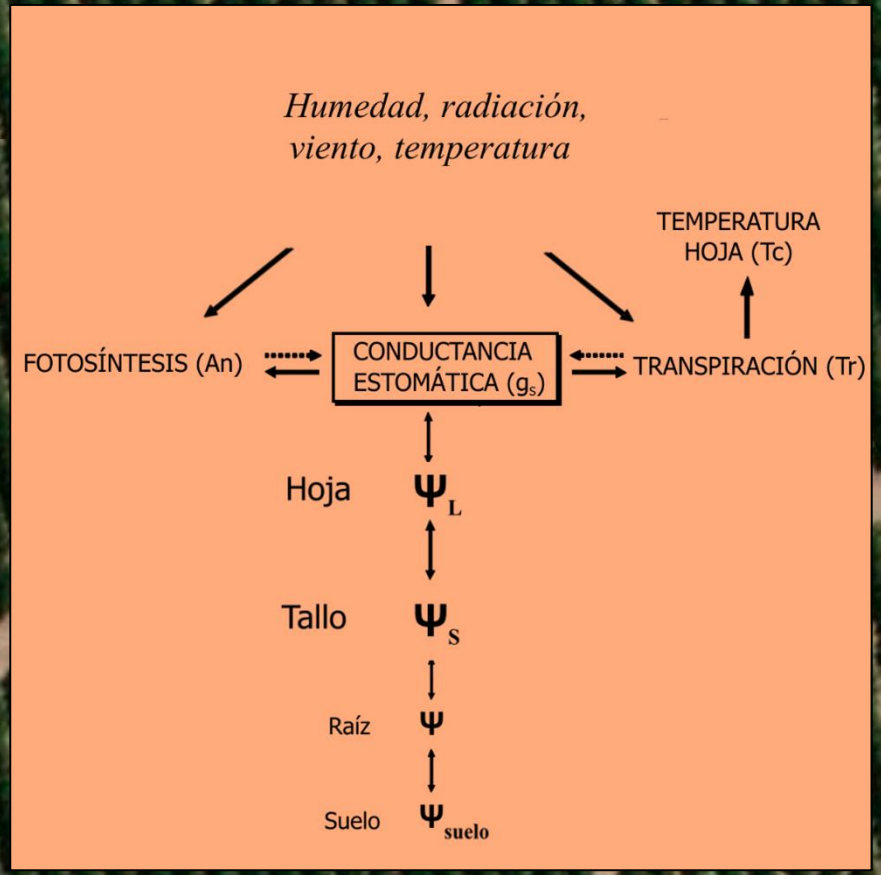


OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o al superávit) en diferentes estados fenológicos.

21 nov. 2022

EVALUACIONES

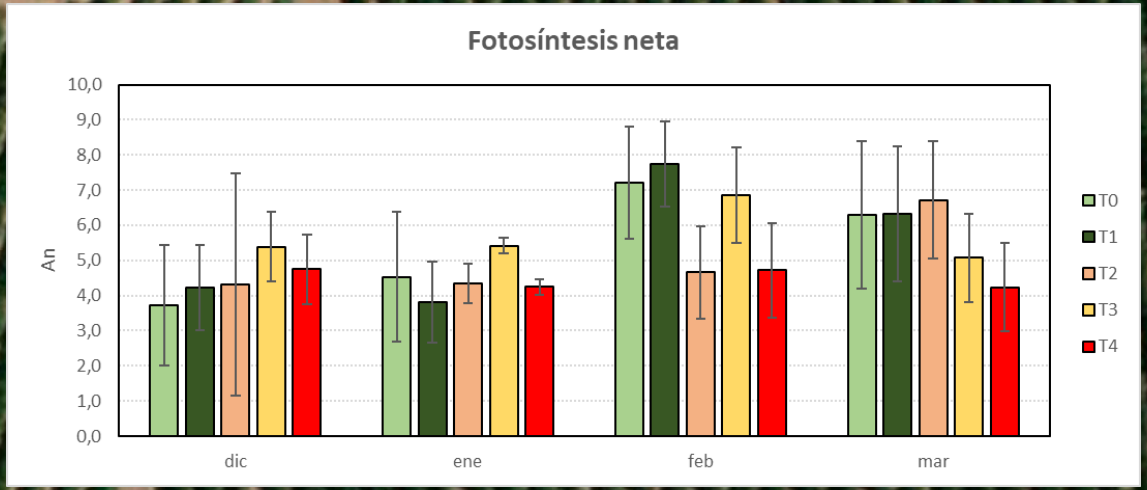
RELACIONES HÍDRICAS

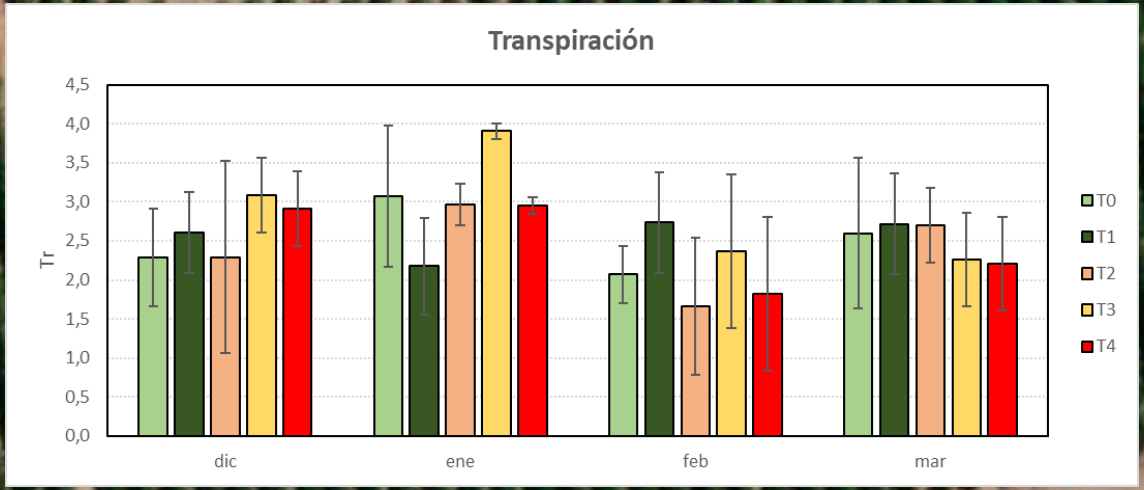


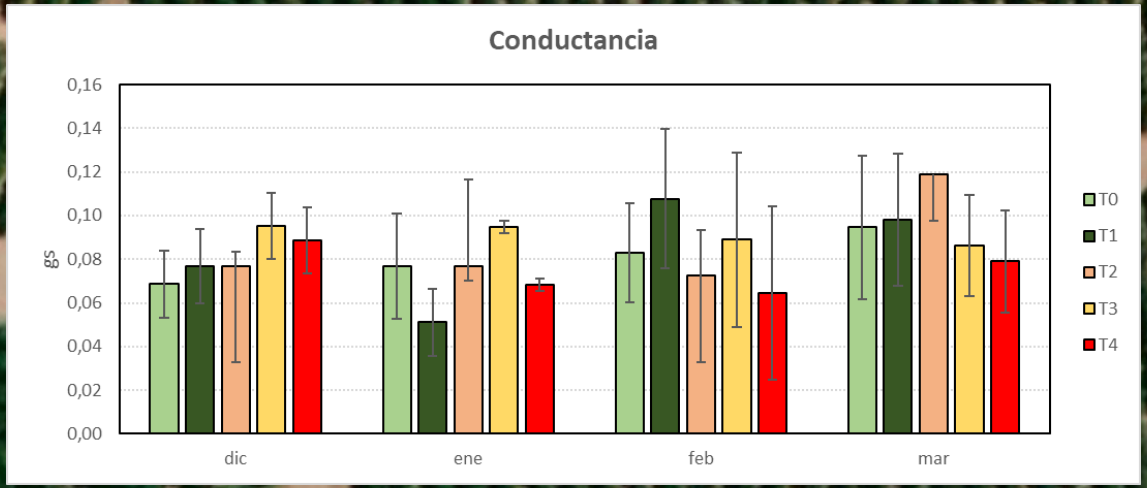
OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o superávit) en diferentes estados fenológicos.

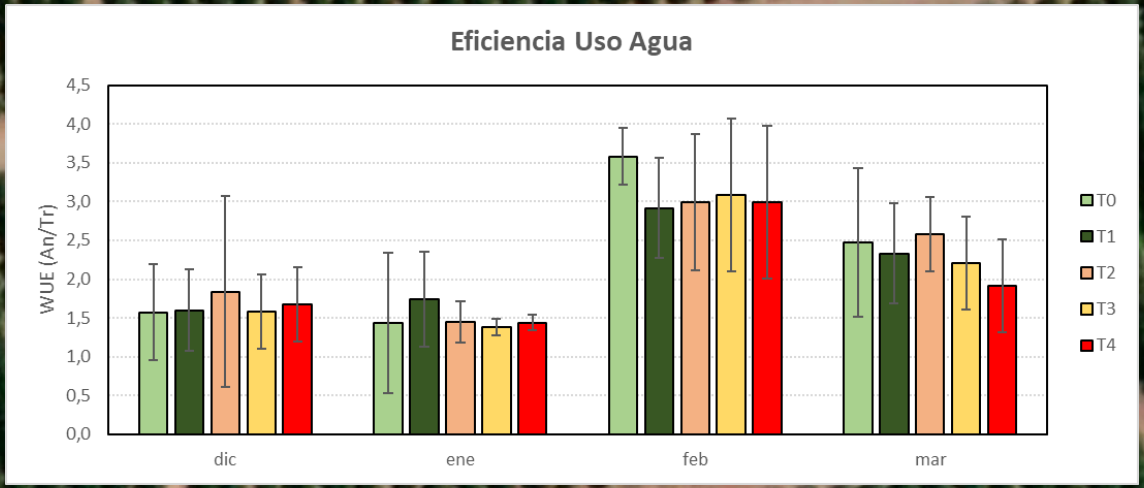
21 nov. 2022

INTERCAMBIO GASEOSO



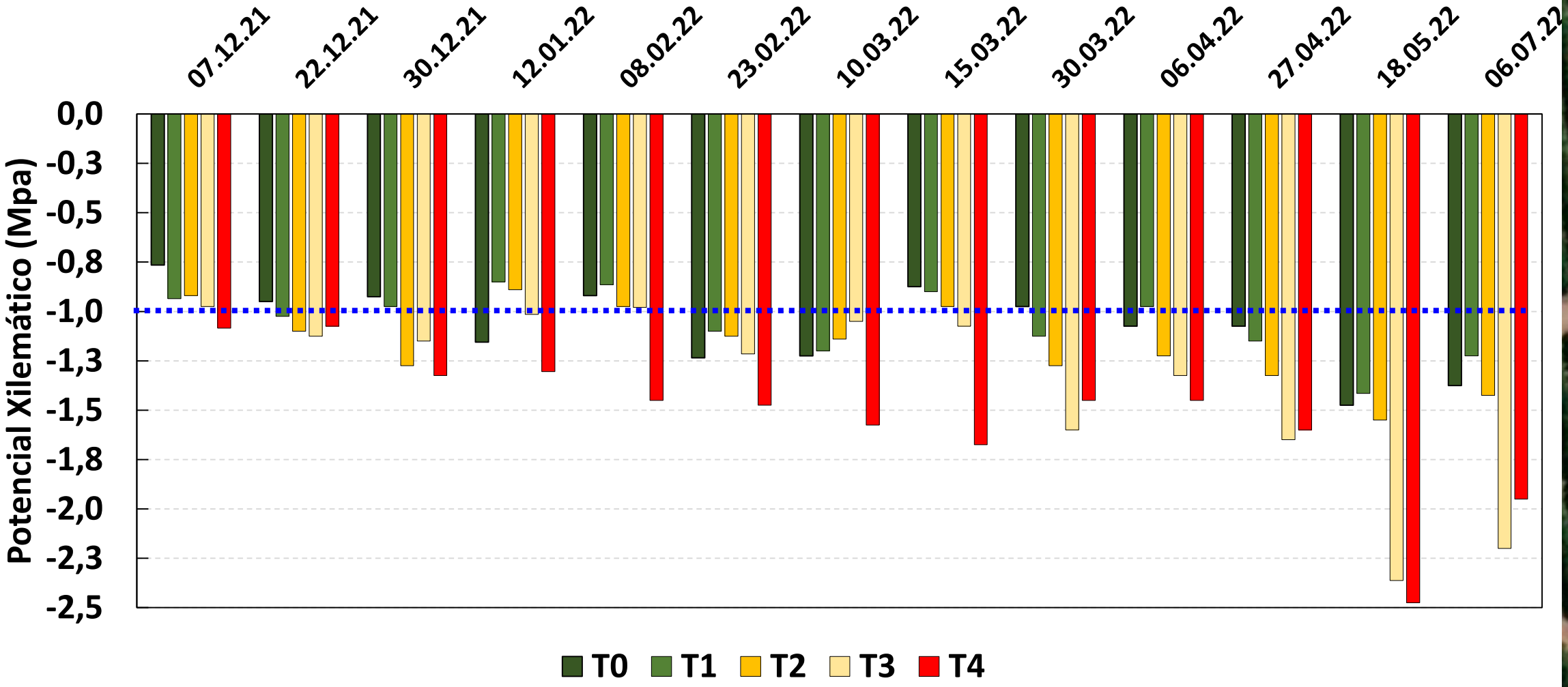






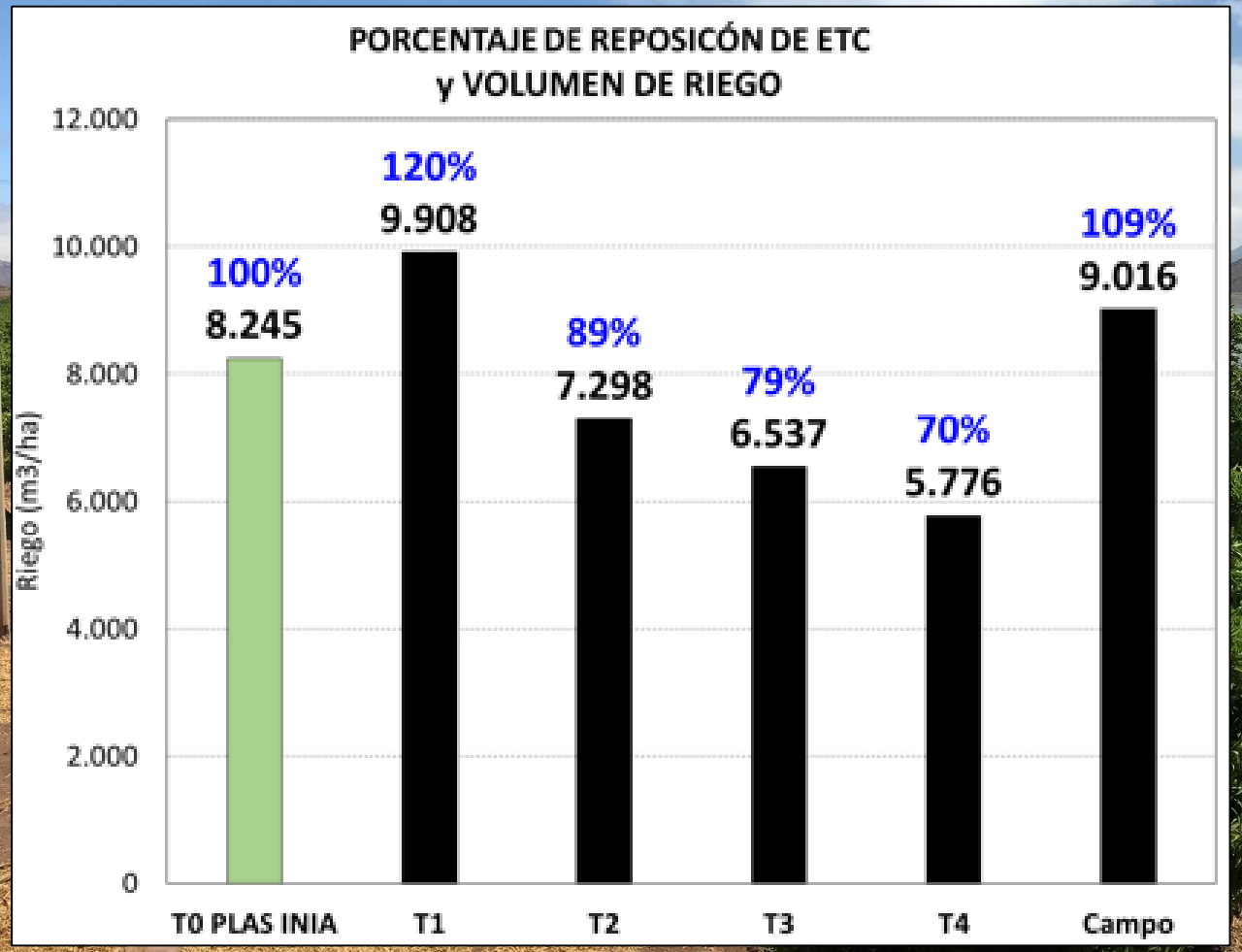
OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o superávit) en diferentes estados fenológicos.

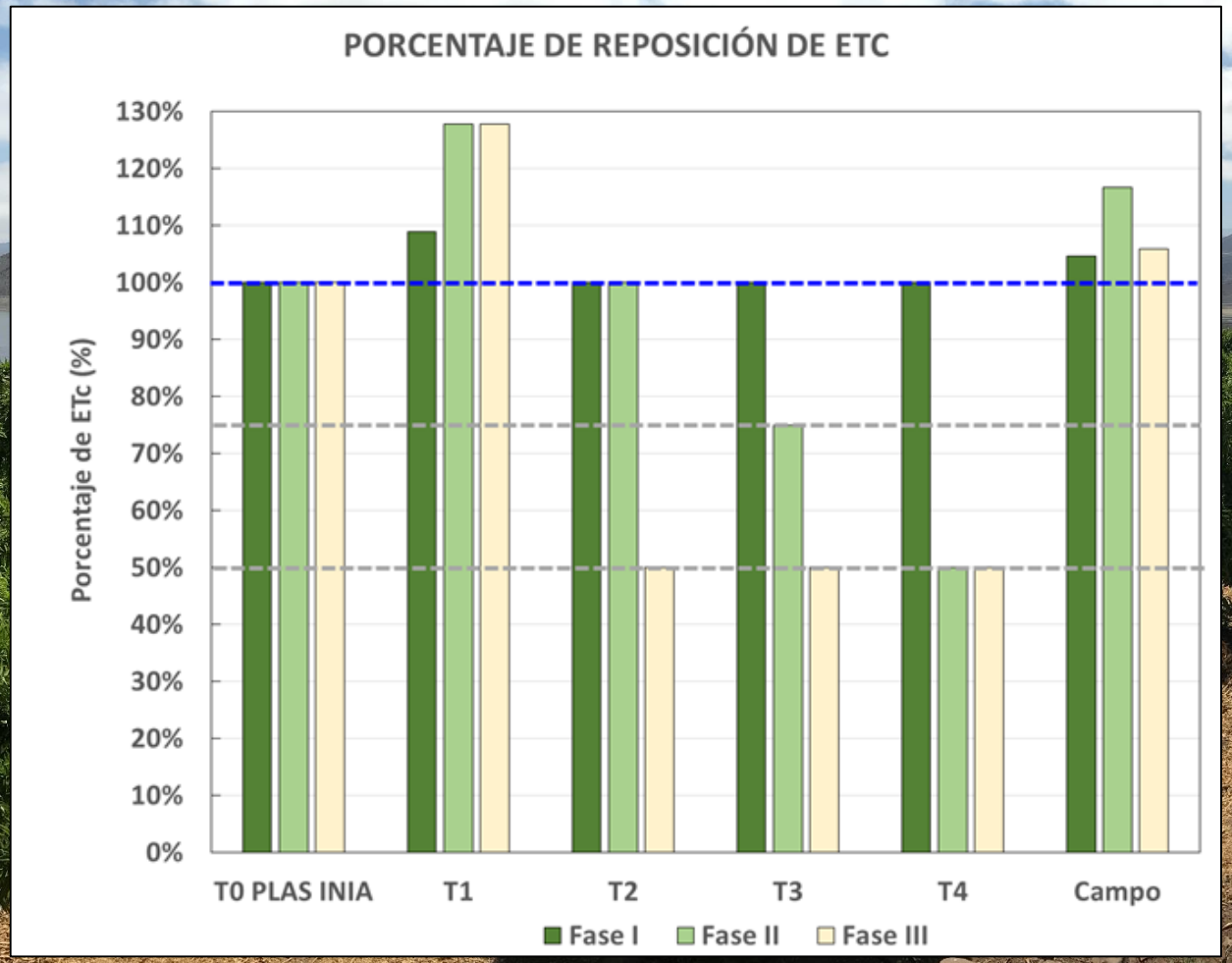
POTENCIAL XILEMÁTICO (Ψx)



OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o superávit) en diferentes estados fenológicos.

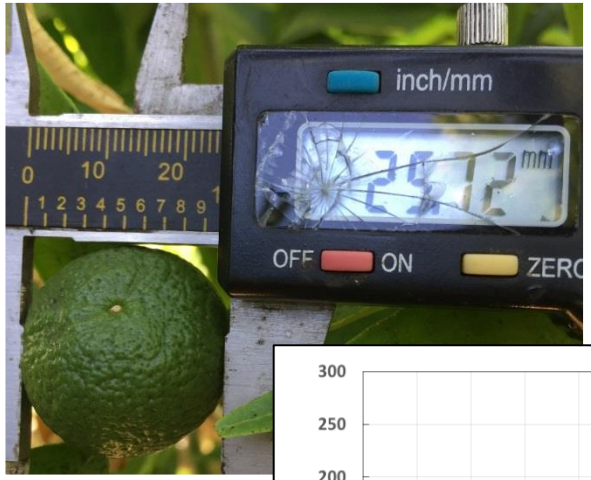
Riego aportado

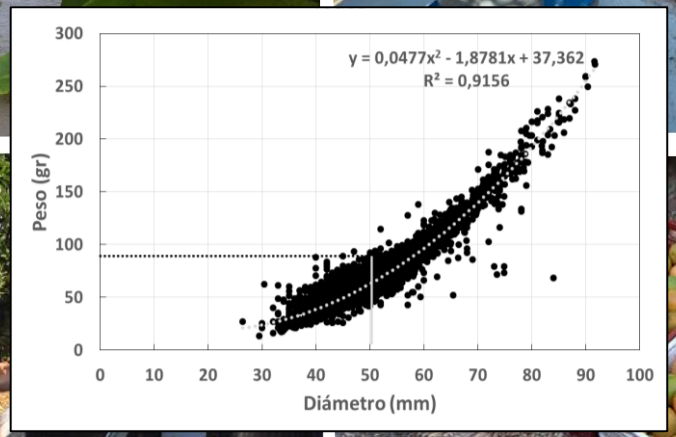


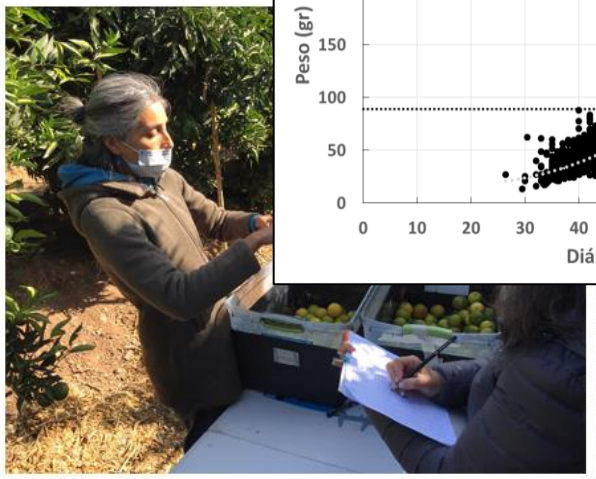


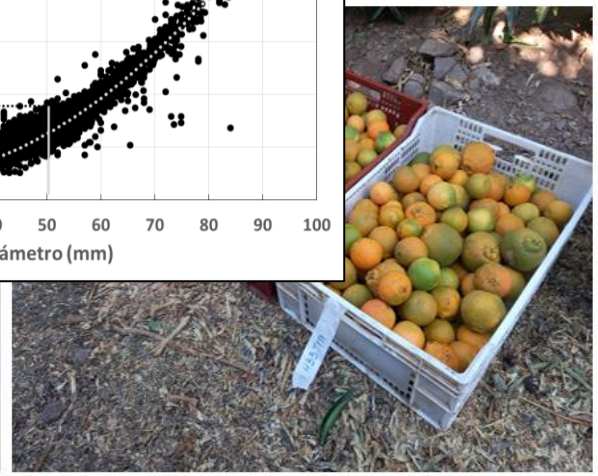
OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o superávit) en diferentes estados fenológicos.

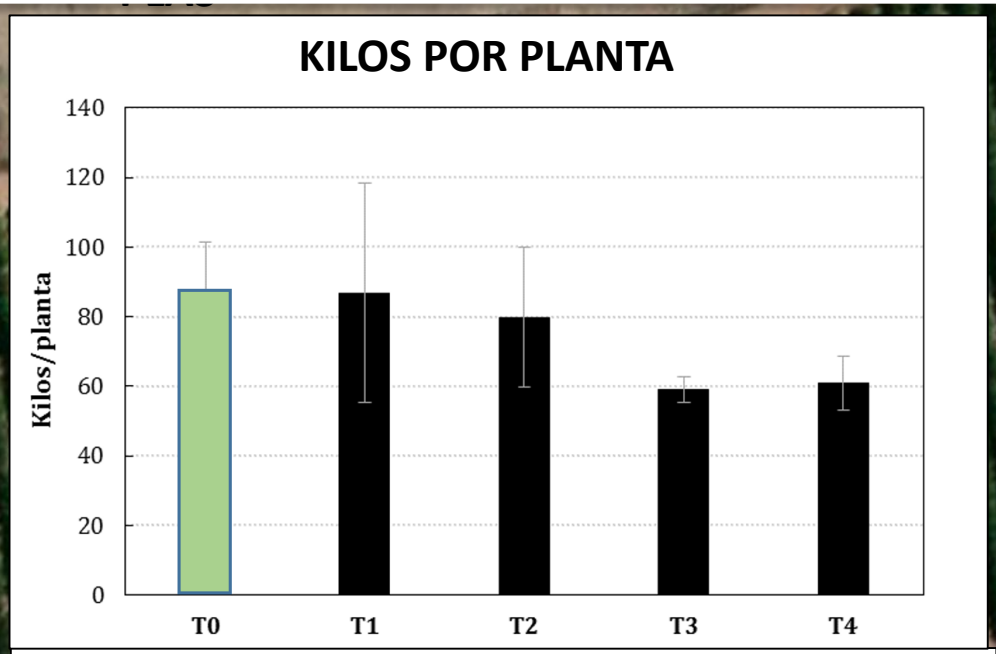
PRODUCTIVIDAD Y CALIBRES

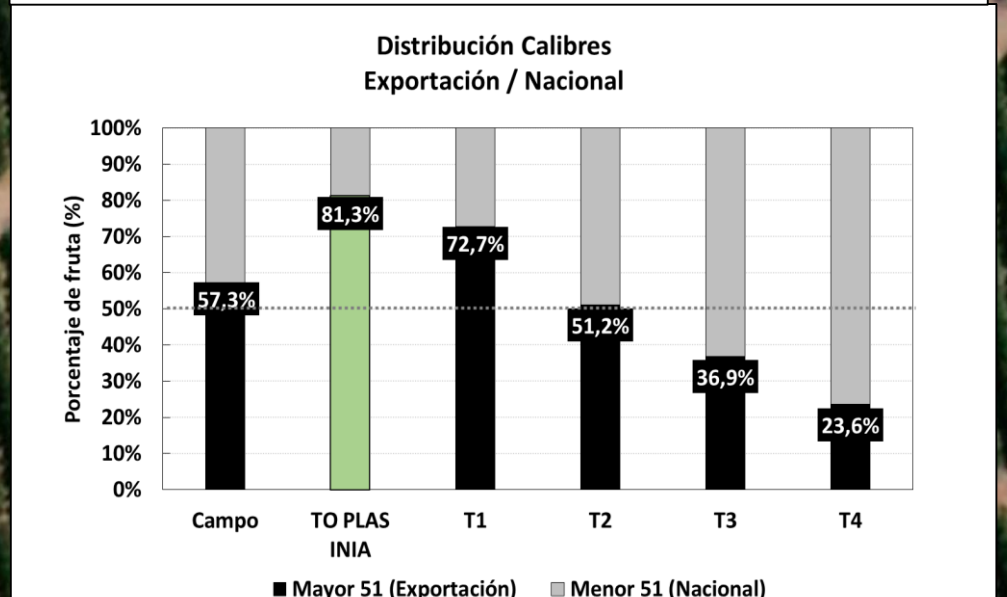






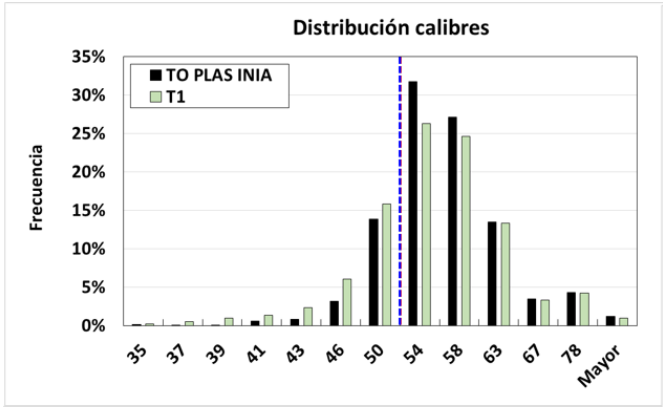


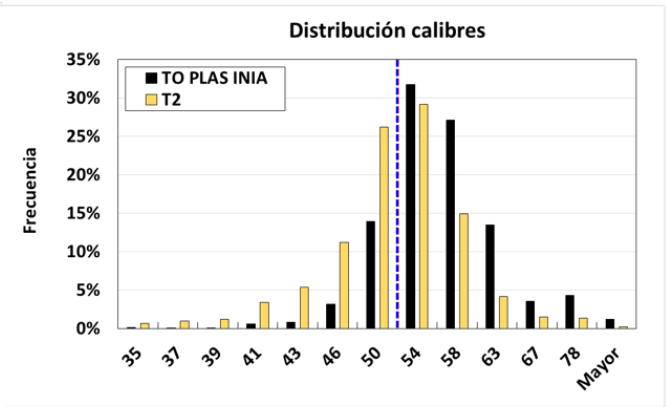


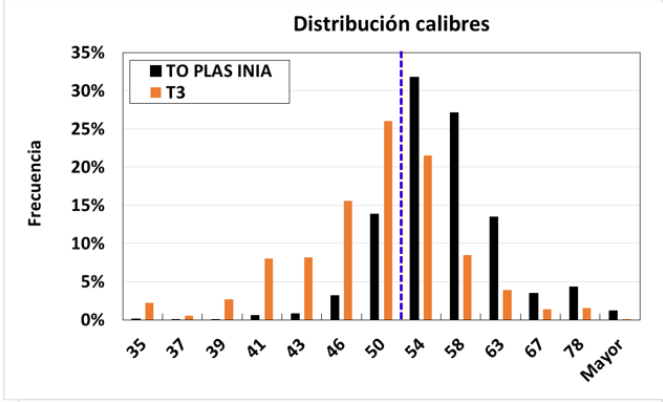


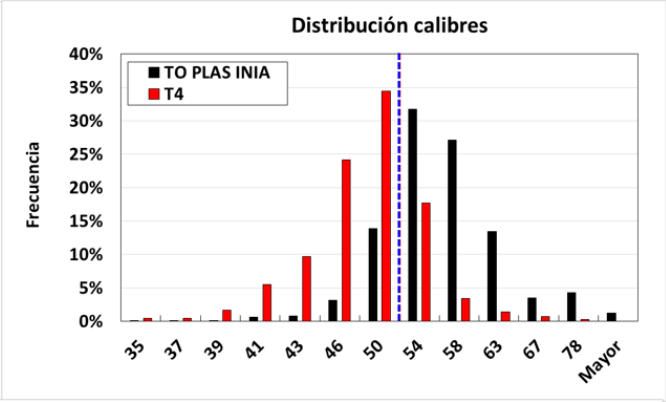
OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o superávit) en diferentes estados fenológicos.

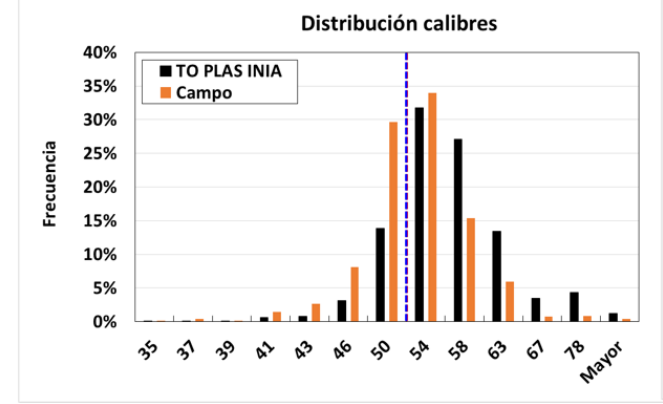
PRODUCTIVIDAD Y CALIBRES

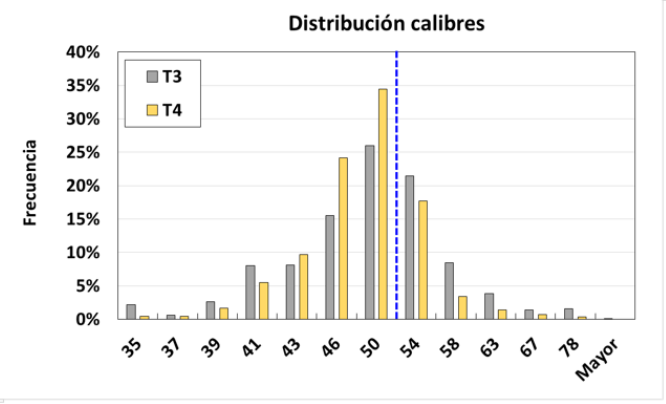






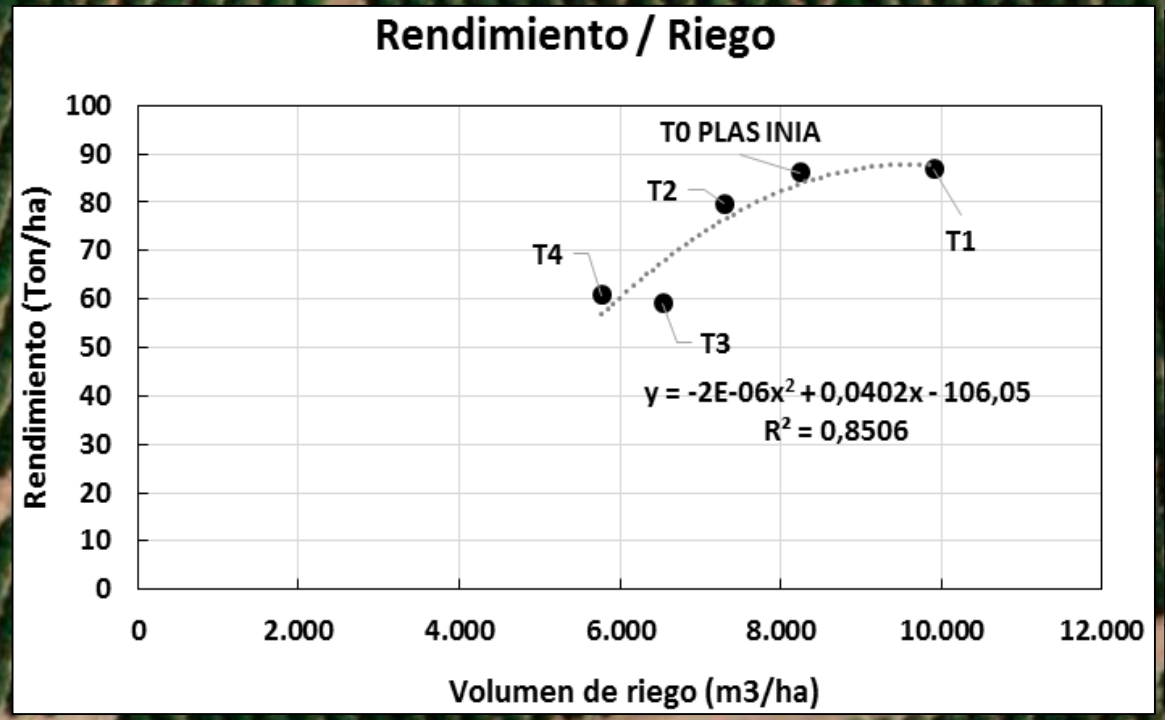






OE4. Caracterizar la eficiencia del uso del agua a diferentes escalas de análisis (escala hoja, planta y huerto).

PRODUCTIVIDAD AGUA

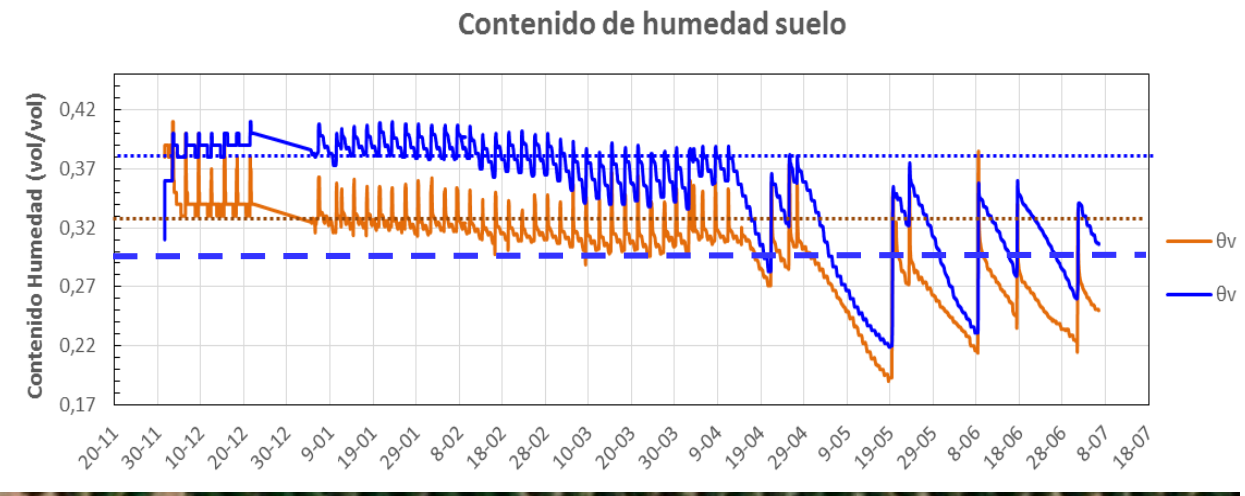


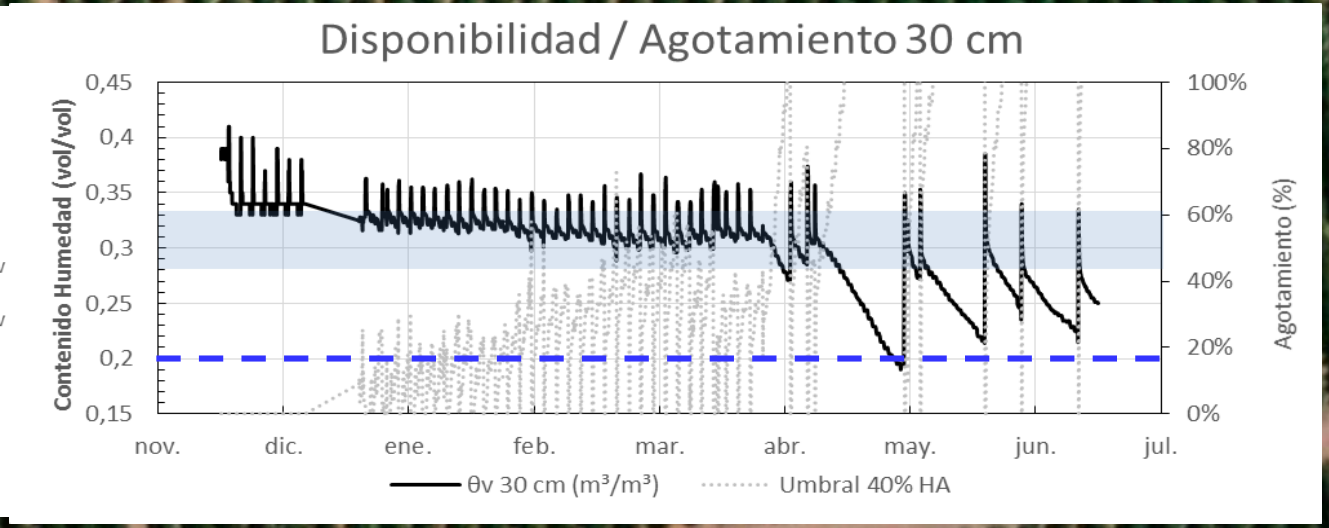
Tratamiento	Rend.	Consumo hídrico	Productividad del agua (WP)		
	Ton/ha	m^3/ha	Ton/m^3	kg/m^3 ha	m^3/ton
T0	86	8.245	0,010	10,4	96
T1	87	9.908	0,009	8,8	114
T2	80	7.298	0,011	10,9	92
T3	59	6.537	0,009	9,0	111
T4	61	5.776	0,011	10,5	95

OE1. Definición de un Marco Conceptual-Tecnológico estándar para el manejo optimizado del riego en mandarinos.

SUELO

BALANCE HÍDRICO





Valores	θv 30 cm (m³/m³)	θv 70 cm (m³/m³)
Máximo	0,33	0,41
Mínimo	0,19	0,22
Humedad Aprovechable (HA)	0,14	0,19
HA fácilmente aprovechable (40%HA)	0,06	0,08
Umbral Agotamiento	0,27	0,33

CUADRO 22 (continuación)

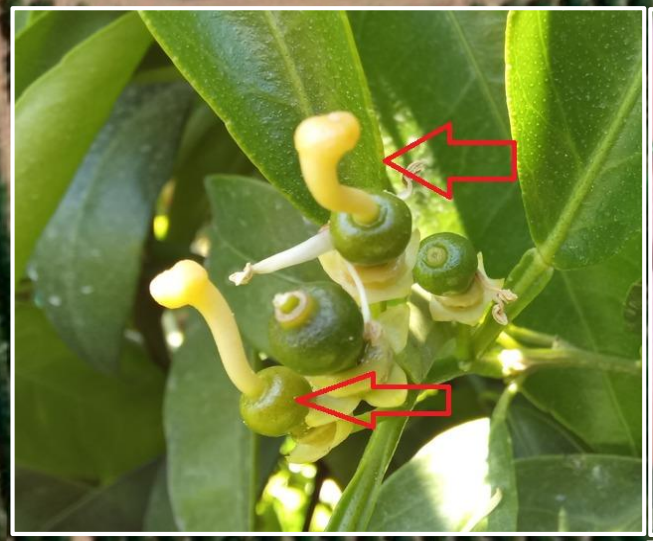
FAO 56 (p)

Cultivo	Fracción de agotamiento[2] (para ET ≅ 5 mm día⁻¹) p
Cítricos	
– 70% de cobertura vegeta	0,50
– 50% de cobertura vegeta	0,50
– 20% de cobertura vegeta	0,50

OE2. Evaluar la susceptibilidad del cultivo al riego deficitario controlado (o superávit) en diferentes estados fenológicos.

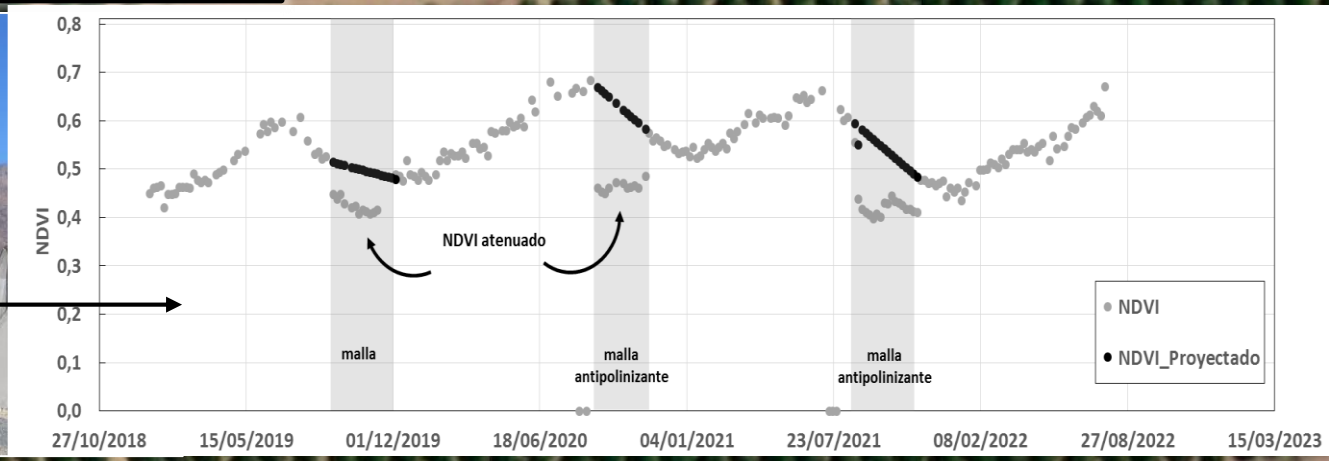
21 nov. 2022

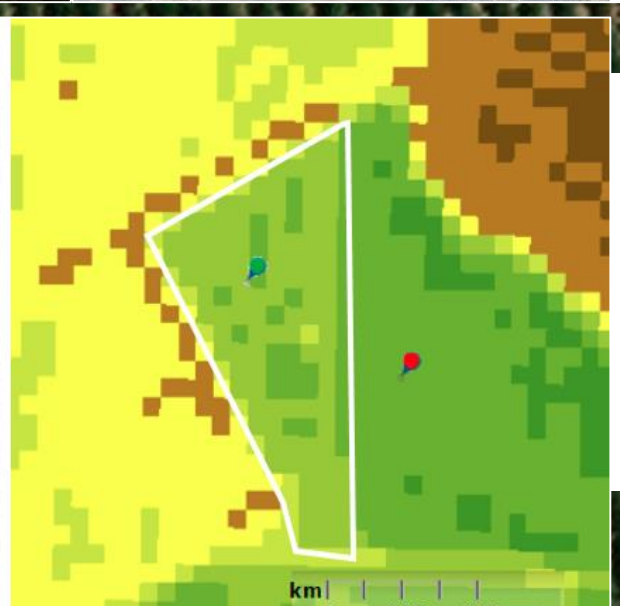
SEGUIMIENTO FENOLÓGICO Y CAIDAS NATURALES

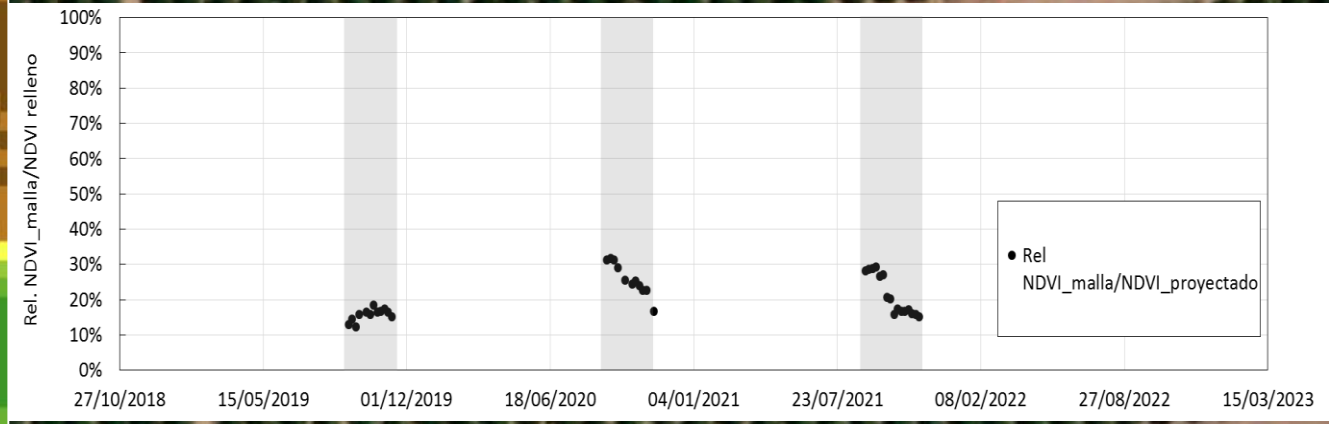


OE5. Evaluar el efecto del uso de mallas antipolinización sobre el monitoreo de los cultivos y la estimación del coeficiente de cultivo a partir de índices de vegetación satelitales (NDVI).

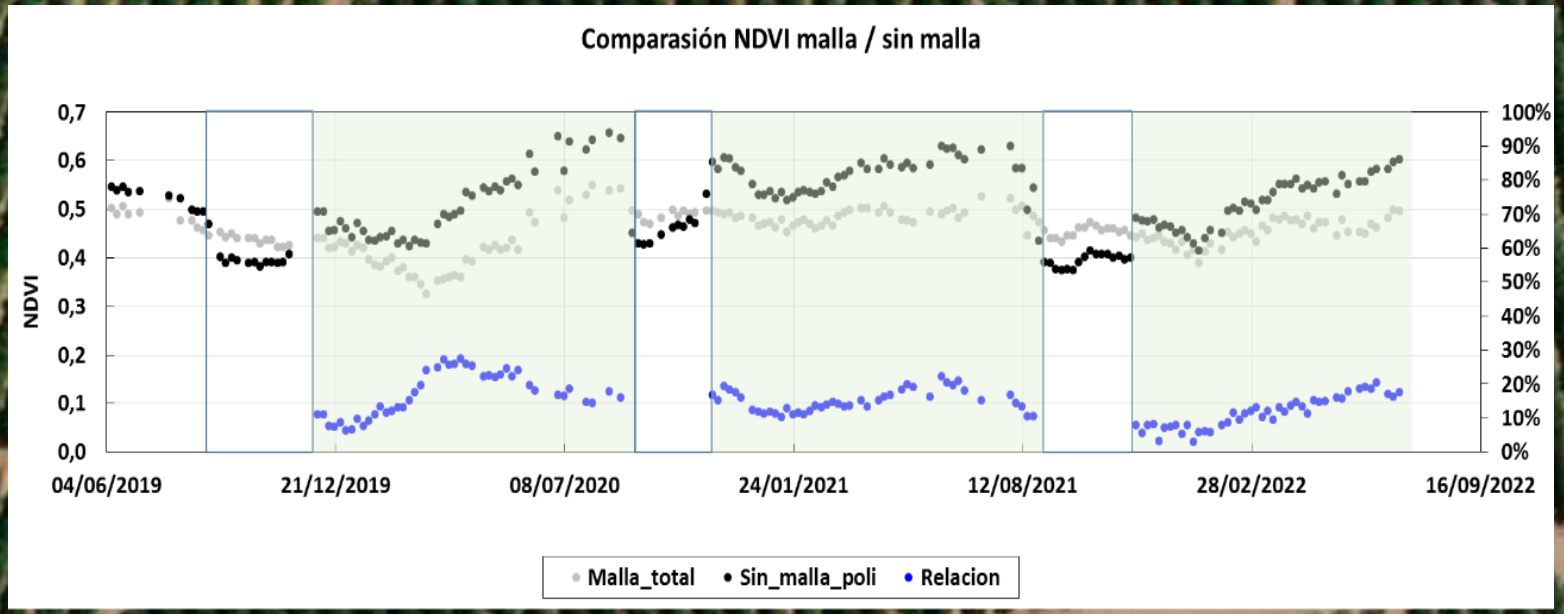
EFECTO MALLAS SOBRE NDVI Y DEMANDA





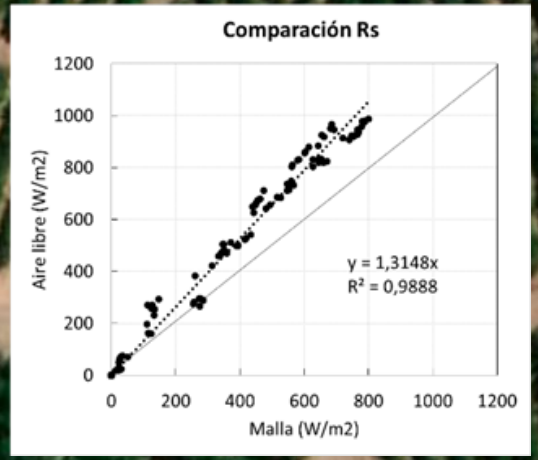


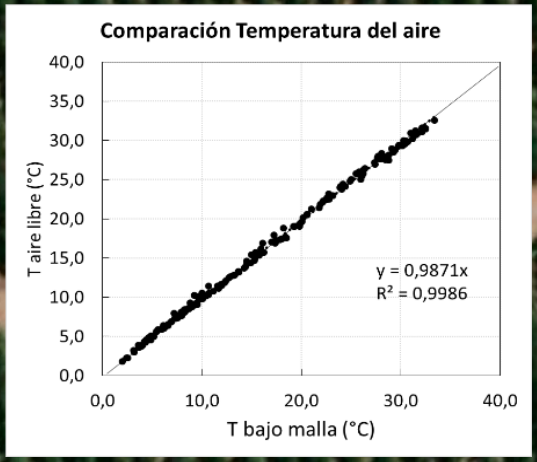
OE5. Evaluar el efecto del uso de mallas antipolinización sobre el monitoreo de los cultivos y la estimación del coeficiente de cultivo a partir de índices de vegetación satelitales (NDVI).

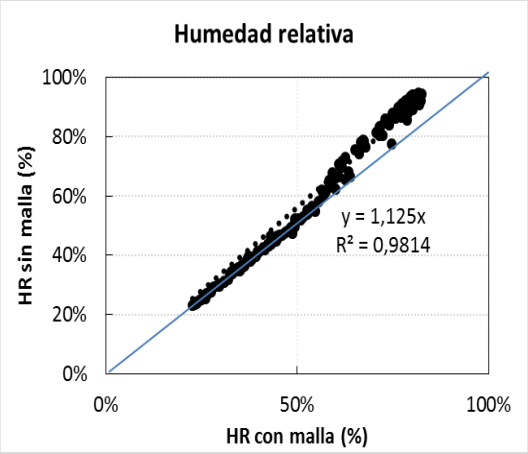


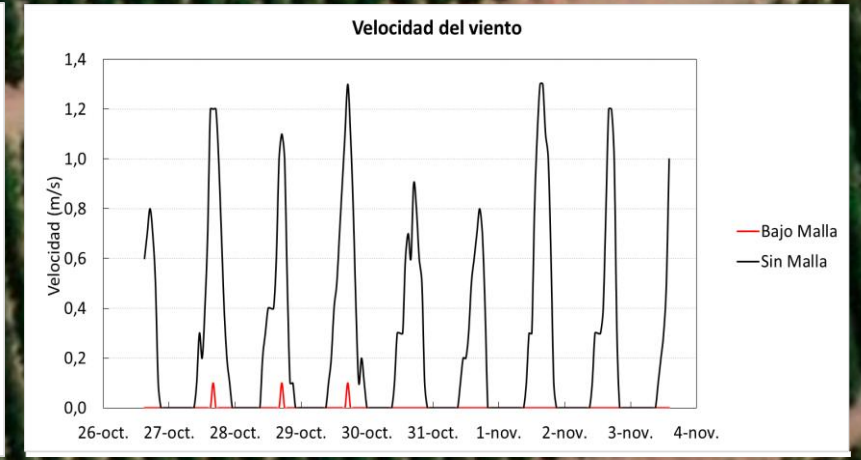
Mes	Relación NDVI aire libre / NDVI bajo malla
1	9,2%
2	12,4%
3	16,4%
4	18,5%
5	19,9%
6	19,5%
7	16,6%
8	14,3%
11	12,3%
12	9,5%
Promedio general	15%

OE5. Evaluar el efecto del uso de mallas antipolinización sobre el monitoreo de los cultivos y la estimación del coeficiente de cultivo a partir de índices de vegetación satelitales (NDVI).









OE N°6. Capacitación de profesionales en el marco conceptual del uso de la información satelital y ambiental para el manejo del riego en cítricos y otros frutales.

21 nov. 2022

PLATAFORMAS WEB

MARCOS CONCEPTUALES

PLATAFORMAS MÓVILES

AGROMETEOROLOGÍA
RED AGROMETEOROLÓGICA DE INIA

OE N°6. Capacitación de profesionales en el marco conceptual del uso de la información satelital y ambiental para el manejo del riego en cítricos y otros frutales.

21 nov. 2022

RE N°5. Vinculación del proyecto y sus avances a la mesa ministerial del agua.

Estrategia de Recursos Hídricos para el sector Silvoagropecuario 2020-2030

(borrador)

Visión: El sector silvoagropecuario y los recursos hídricos al 2030

El sector silvoagropecuario chileno resguarda la sustentabilidad de la actividad, velando por la seguridad hídrica y alimentaria de Chile y el bienestar de la población rural, en un escenario de cambio climático, incentivando la resiliencia de los sistemas productivos silvoagropecuarios, características que lo identifican y se le reconocen a nivel nacional e internacional.

Lineamientos Transversales

- Gestión Integrada de Recursos Hídricos
- Cambio Climático
  - Adaptación
  - Mitigación
  - Co-beneficios
  - Transversal

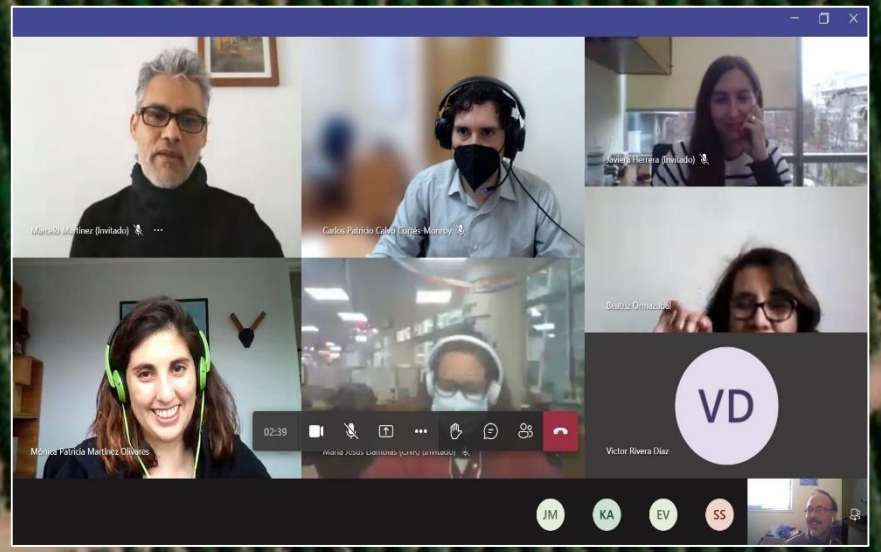
Eje Seguridad hídrica

- Disponibilidad del recurso (oferta)
- Eficiencia en el uso (demanda)
- Calidad del agua
- Equilibrio con otros usos (desarrollo rural y ambiental)

Eje Gobernanza

- Gestión integrada y de riesgos
- Información

Control y mejora continua (MRV)



JORNADA DE
CITRICULTURA
2022

Proyecto apoyado por CORFO

Gobierno de Chile

Comité de Cítricos Chile

ASOEX
ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE FRUTAS DE CHILE A.G.
"Juntos, nuestra fruta vale más"

FIA Fundación para la Innovación Agraria

AJUSTE DEL RIEGO EN MANDARINAS Y EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD

Dr. Claudio Balbontín N.

Dra. Angélica Salvatierra G.

INIA Instituto de Investigaciones Agropecuarias

claudio.balbontin@inia.cl

asalvatierra@inia.cl

Lab. Teledetección y Ecofisiología INIA intihuasi