



Manejo inteligente del riego en la palma de aceite, mediante el uso del modelo IrriPalma



Equipo IRTA (España):

Jaume Casadesús, Joaquim Bellvert,
Jordi Cristóbal, Jordi Virgili

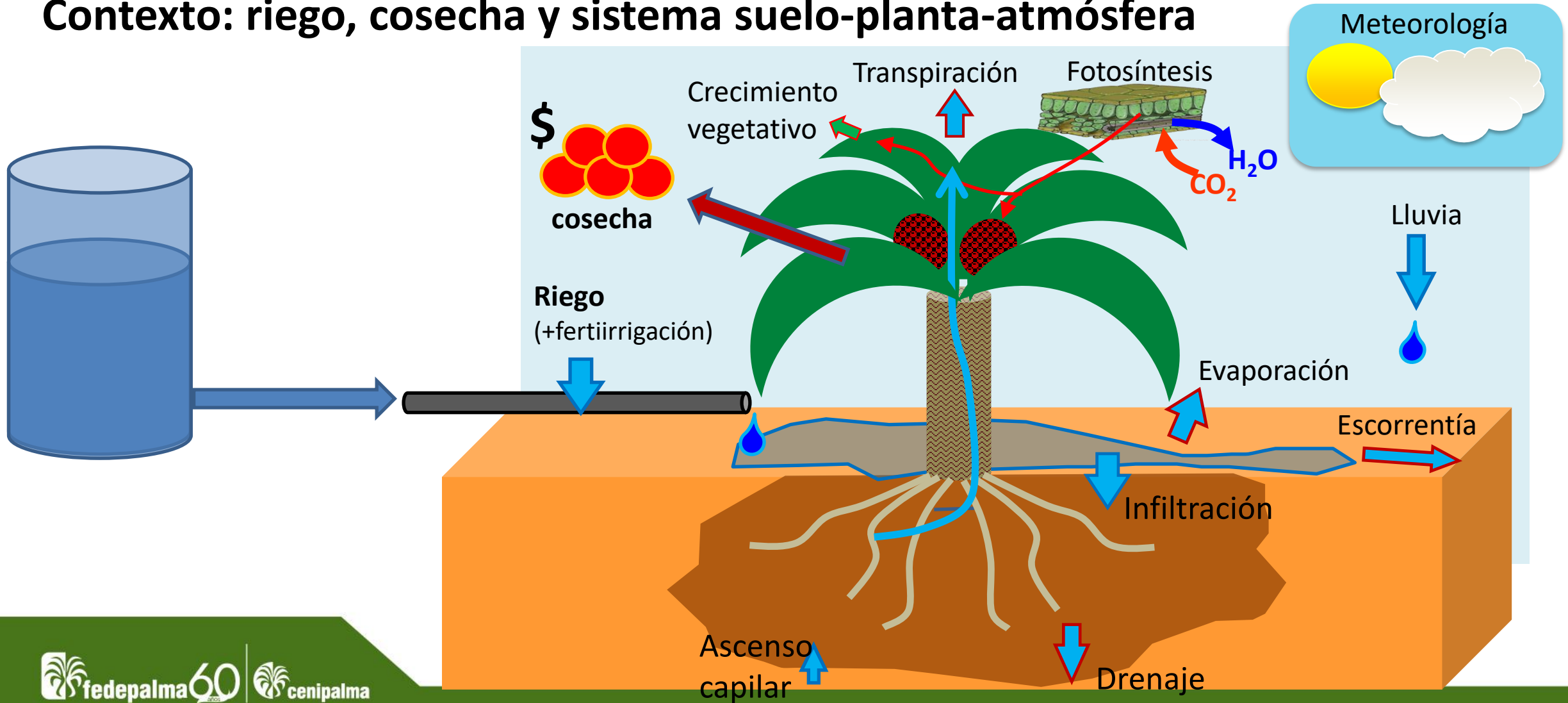


Equipo Cenipalma (Colombia)

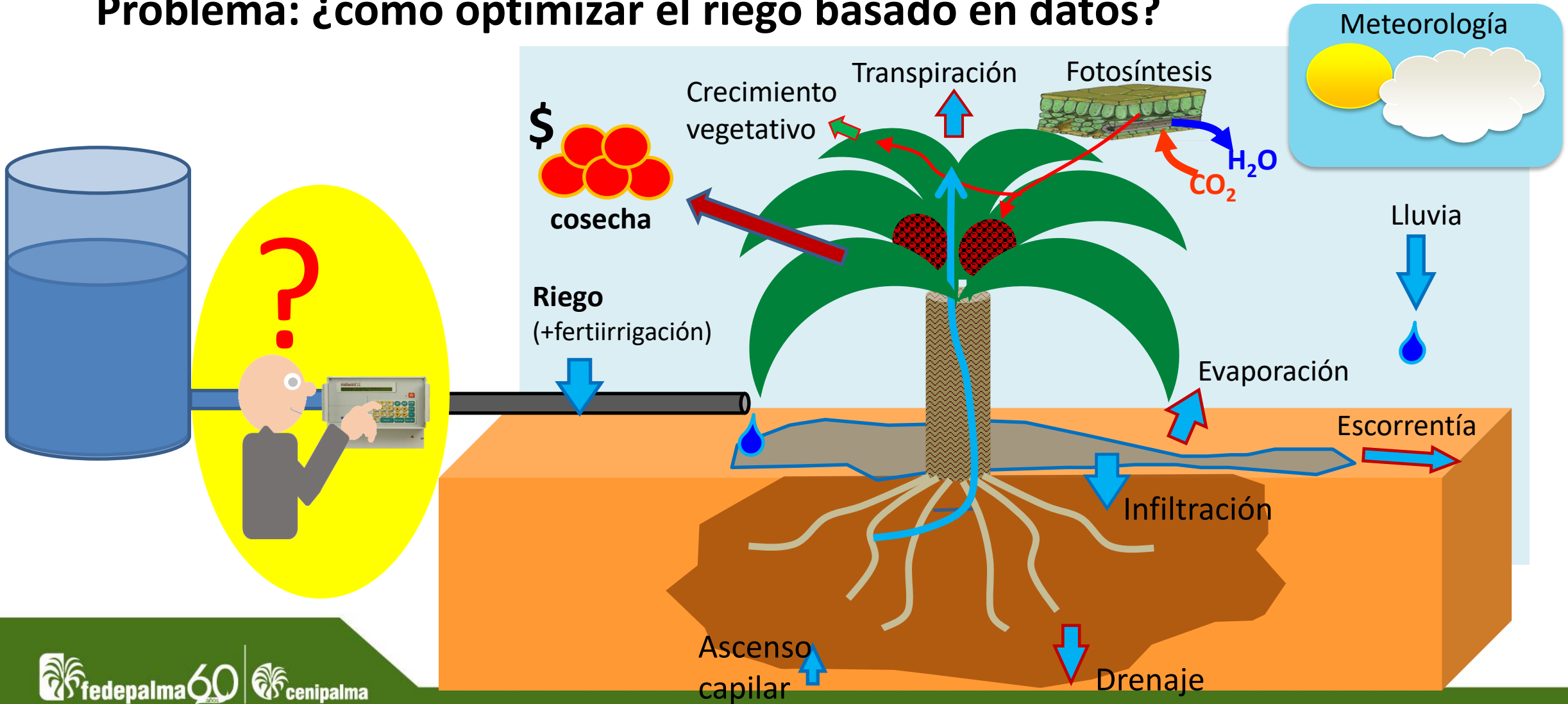
Jorge Luis Torres León, Andrea Zabala-Quimbayo,
Dianorgen Castro

jaume.casadesus@irta.cat

Contexto: riego, cosecha y sistema suelo-planta-atmósfera



Problema: ¿cómo optimizar el riego basado en datos?



Posibles aproximaciones: 1) balance hídrico

Aplicaremos un riego que asegure la transpiración

$$\text{Riego} \approx (\text{ETp} - \text{Lluvia efectiva}) / \text{eficiencia}$$

ETp: evapotranspiración potencial

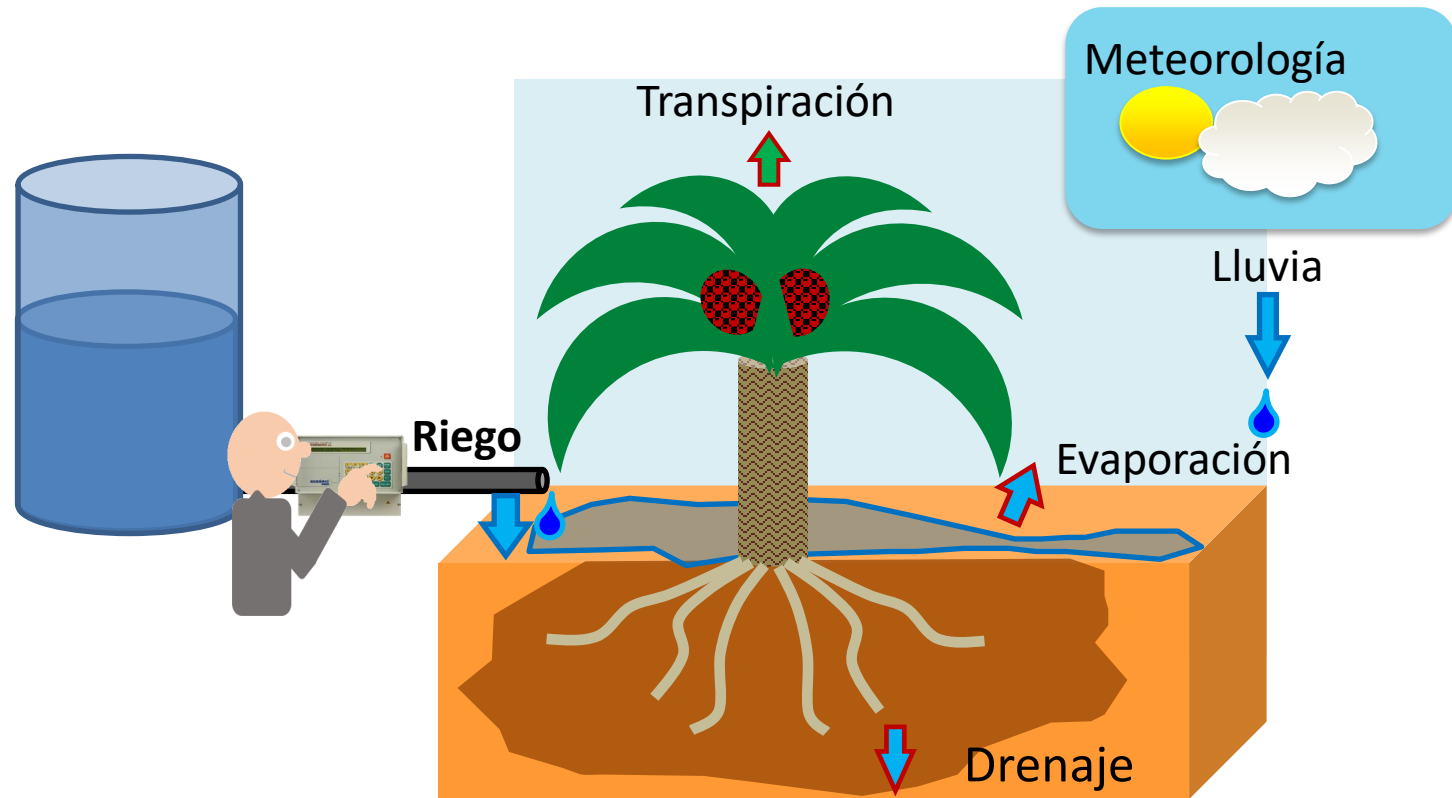
ETo: evapotranspiración de referencia

Kc: coeficiente de cultivo

$$\text{ETp} = \text{ETo} * \text{Kc}$$

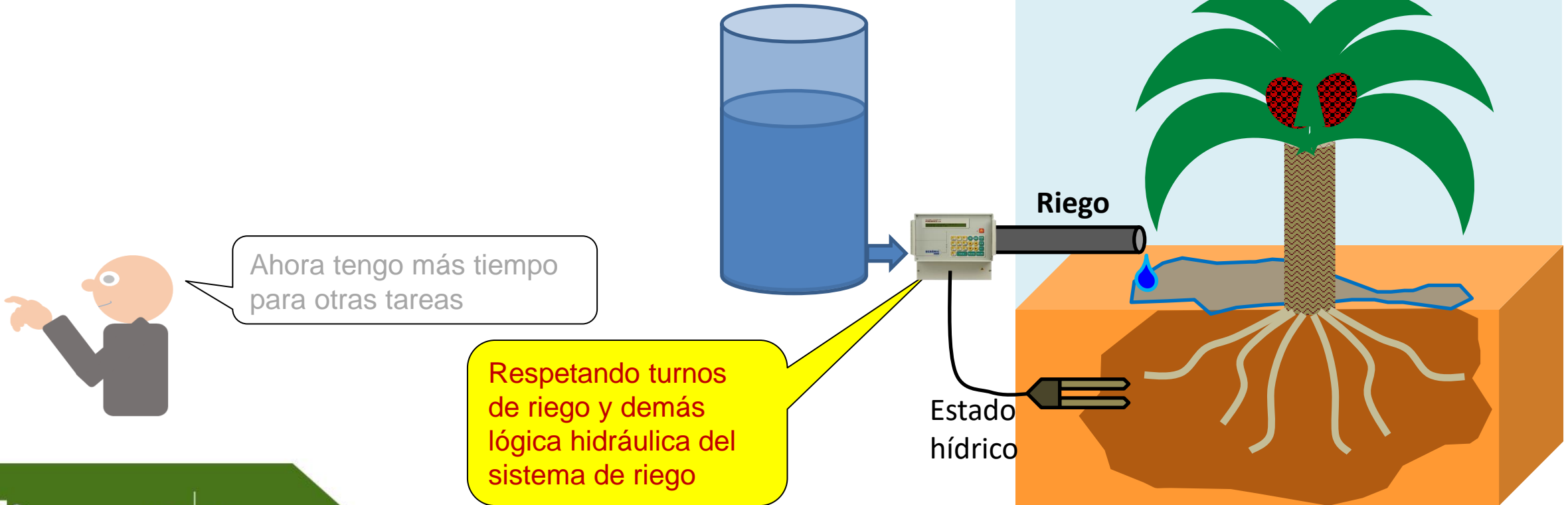
$Kc \approx 0,71 - 0,81$ (Dufrere et al., 1992; Henson et al., 1993; Lascano y Munévar, 2000)

$Kc \approx 0,7 - 1,0$ (Adesiji et al., 2020)



Posibles aproximaciones: 2) control por sensores

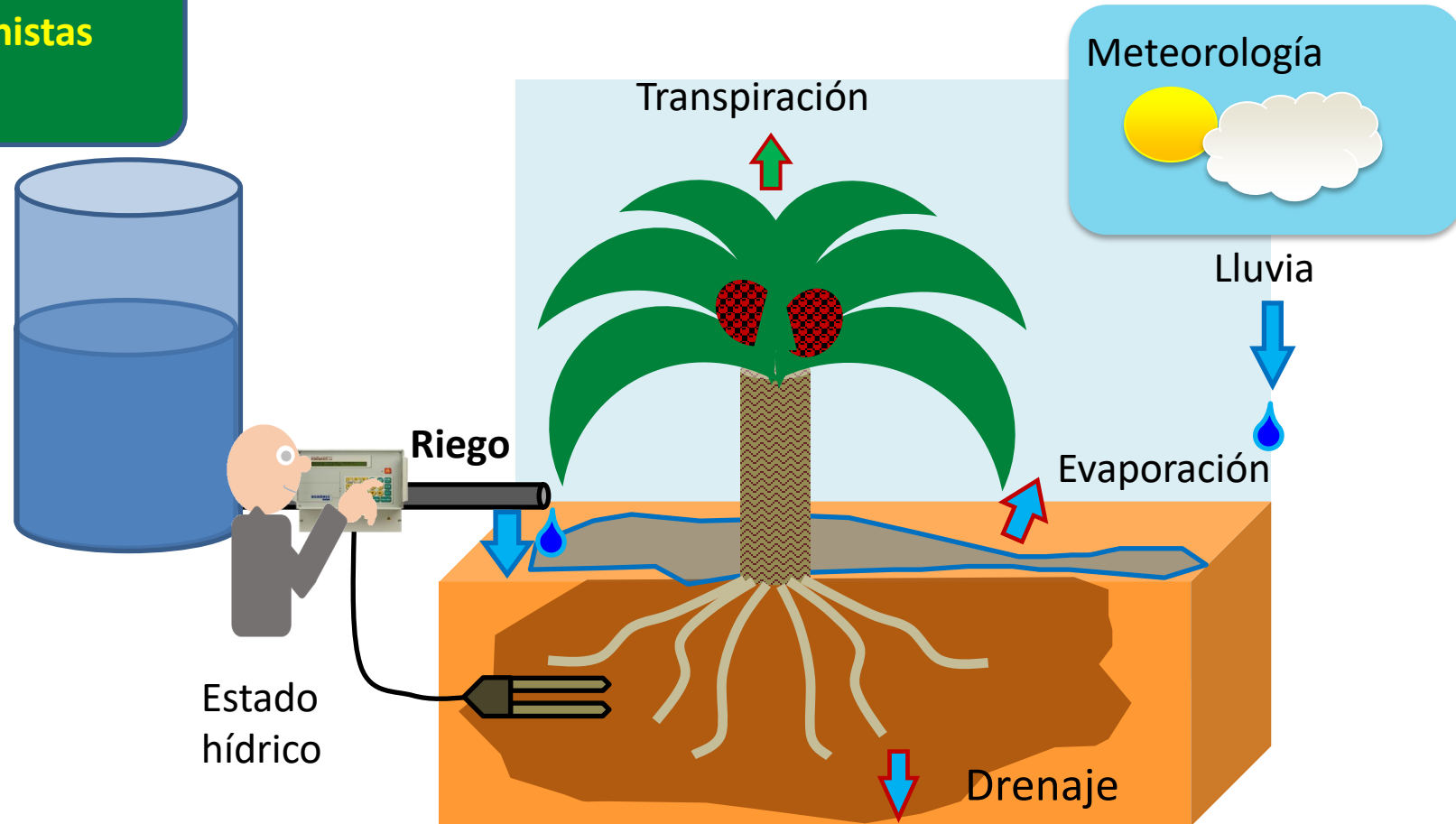
Una alternativa al balance hídrico: mantener el estado hídrico del suelo/cultivo dentro de un **rango de confort**



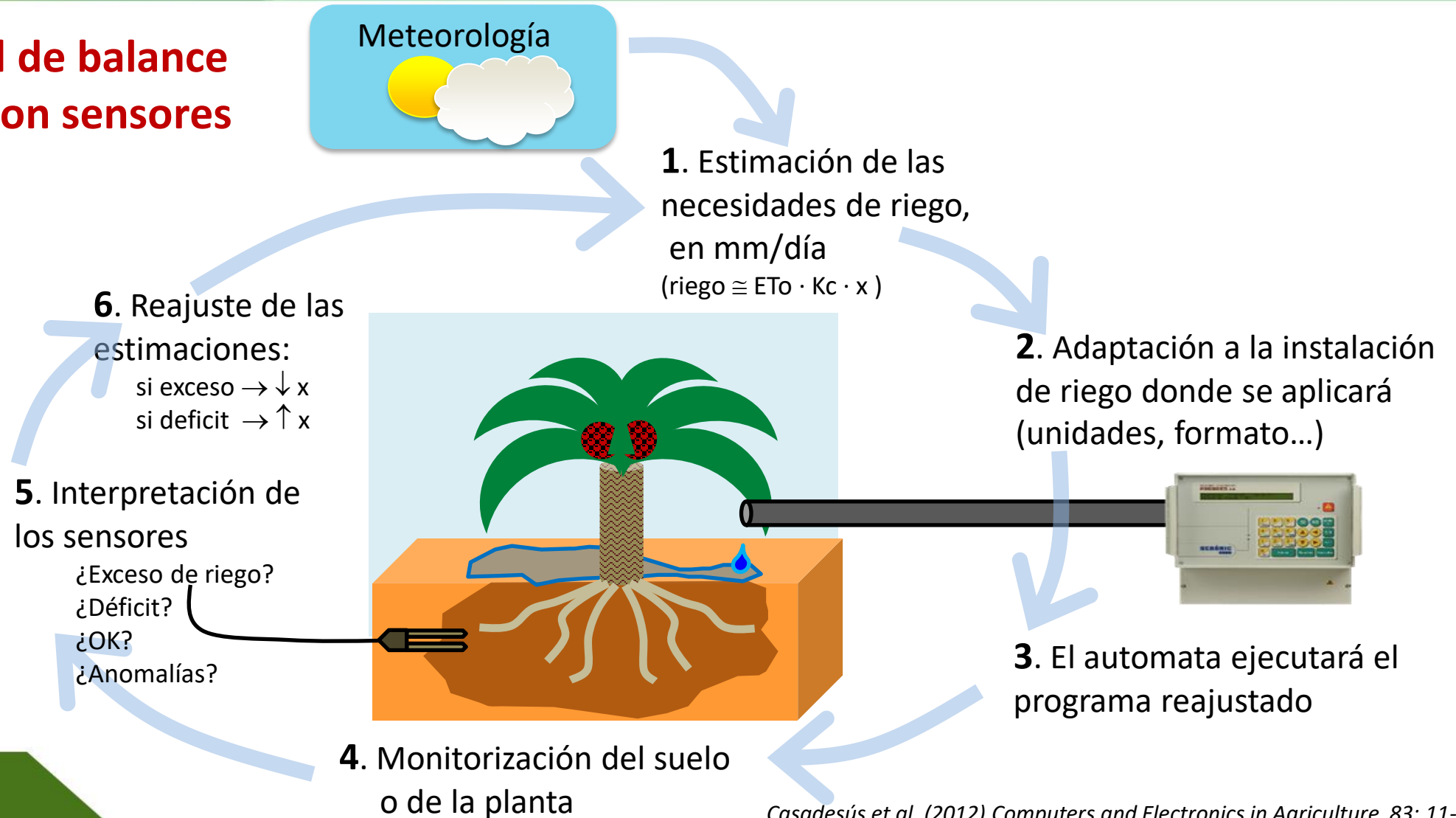
Posibles aproximaciones: 3) balance hídrico ajustado localmente por sensores

Balance hídrico y sensores no son antagonistas
Su combinación suma ventajas

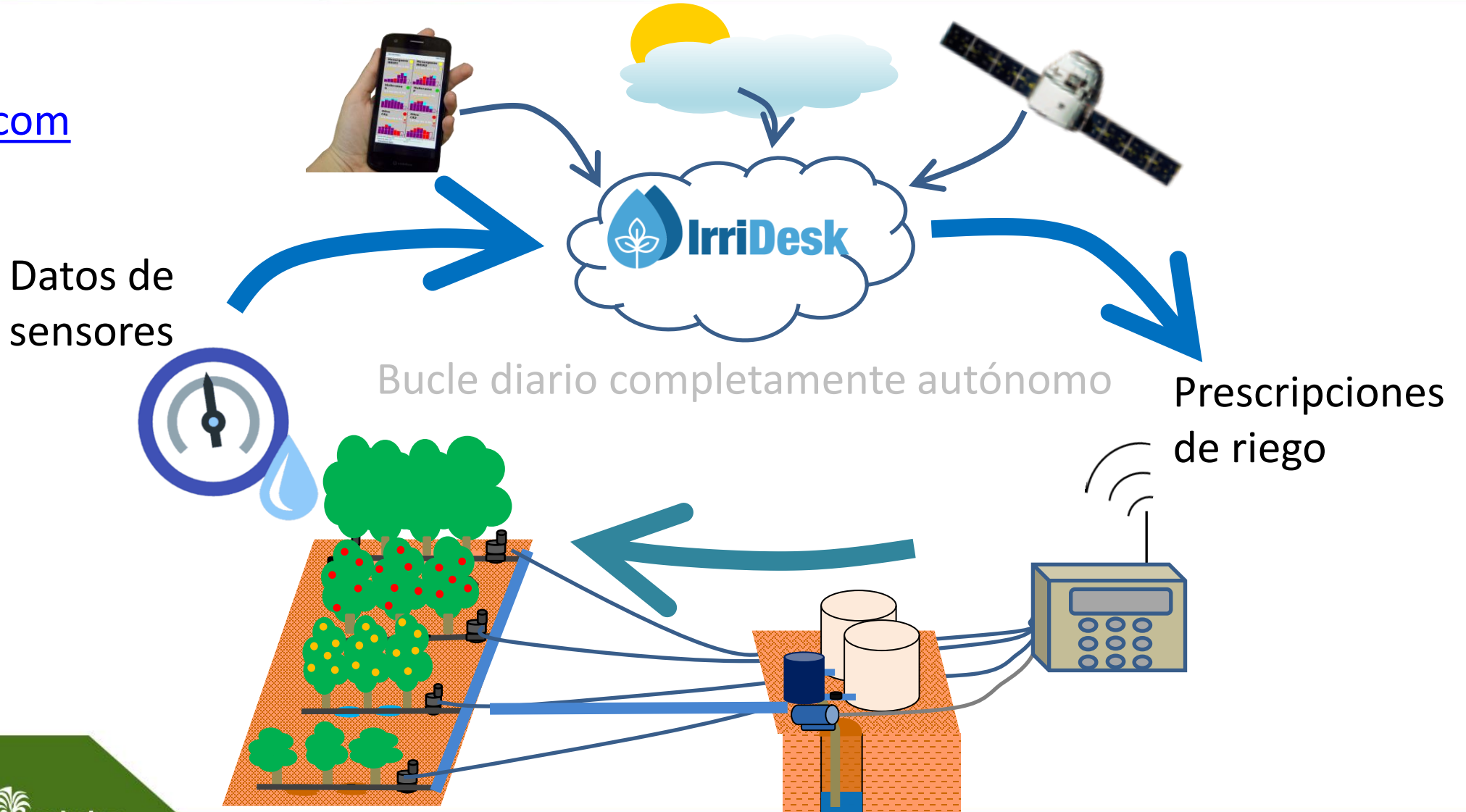
Usamos feedback de los sensores para tunear el balance hídrico para cada lote y sobre la marcha



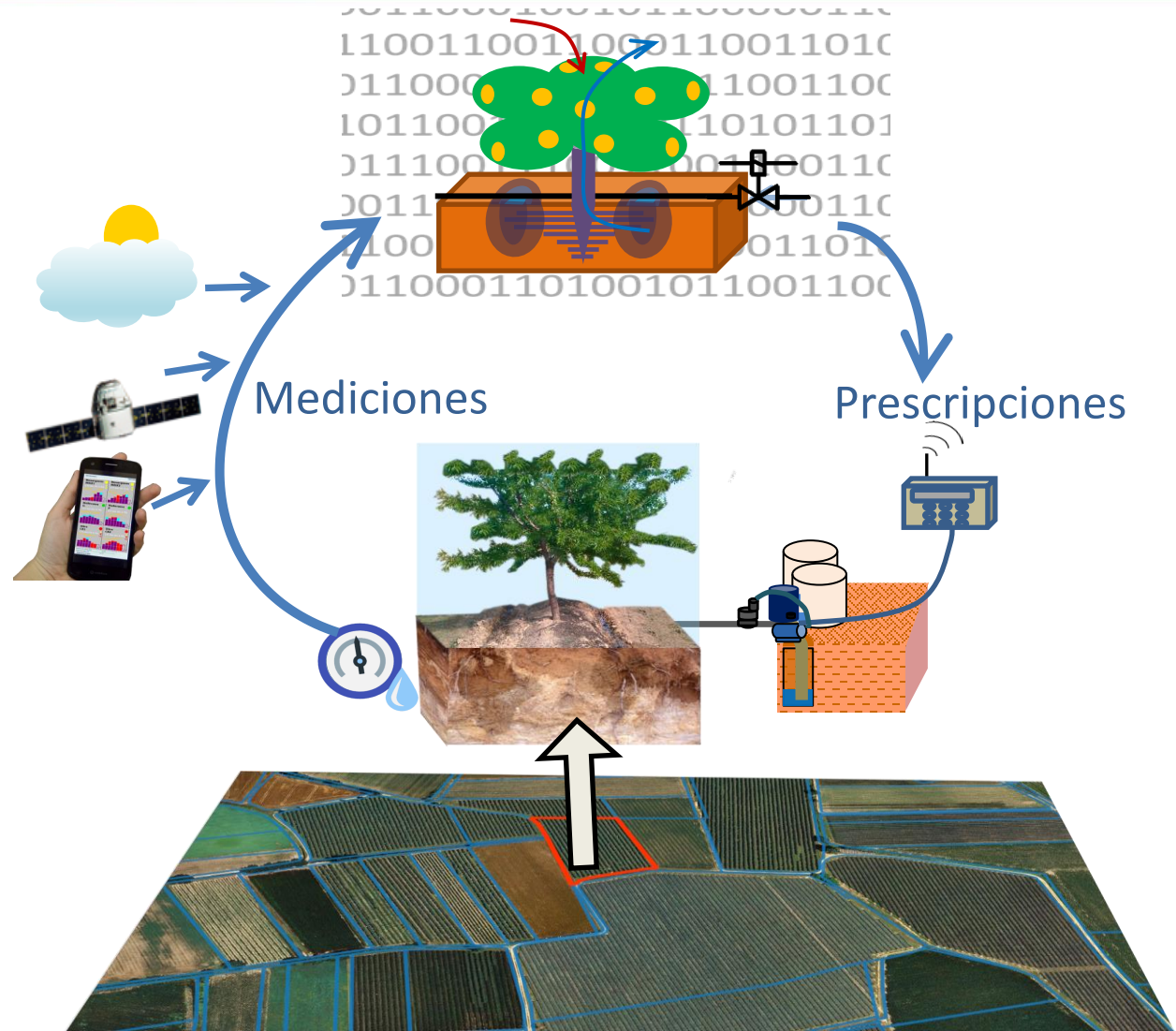
Algoritmo general de balance hídrico ajustado con sensores

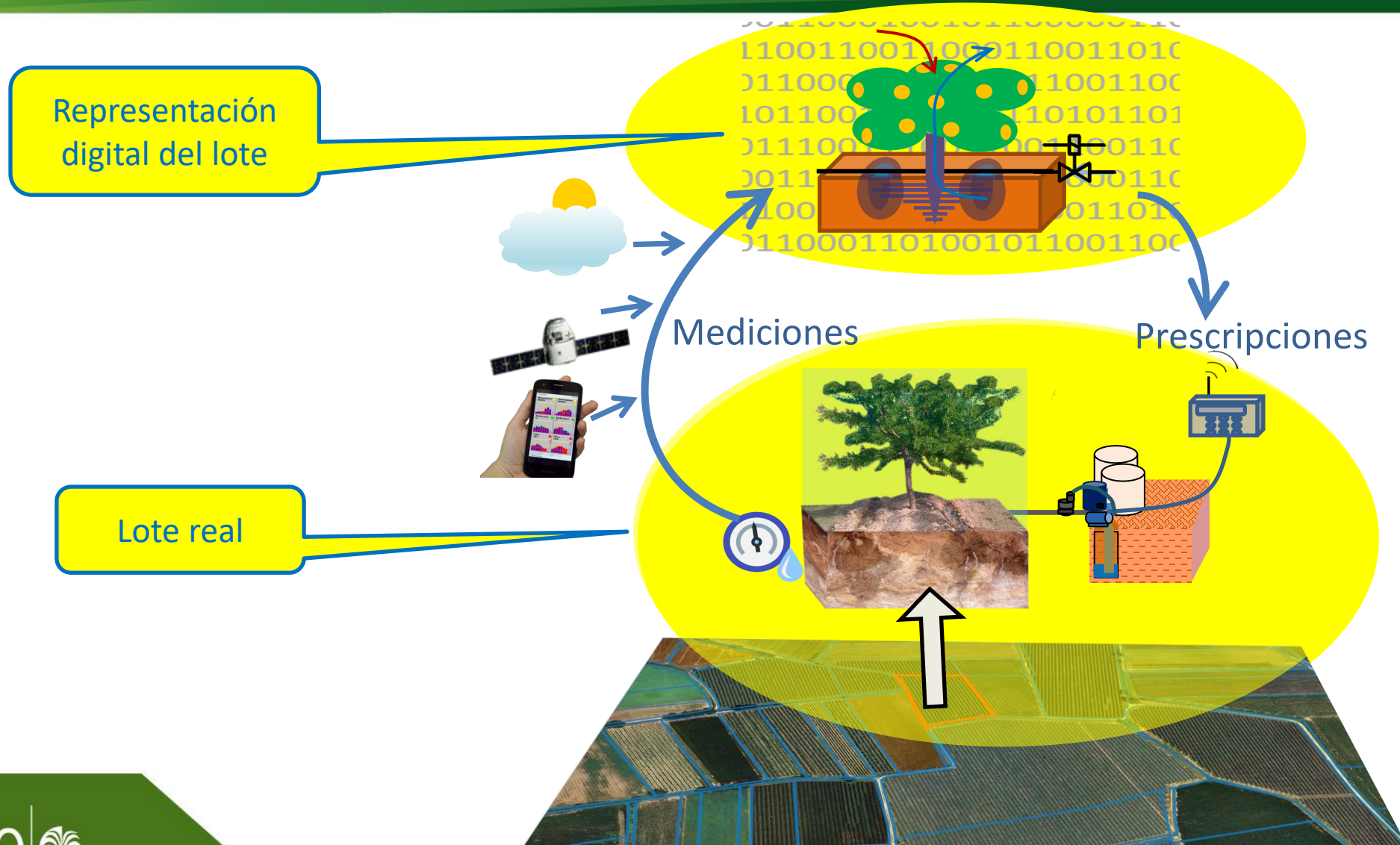


www.irridesk.com



IrriDesk se basa en tener un gemelo digital para cada lote regado

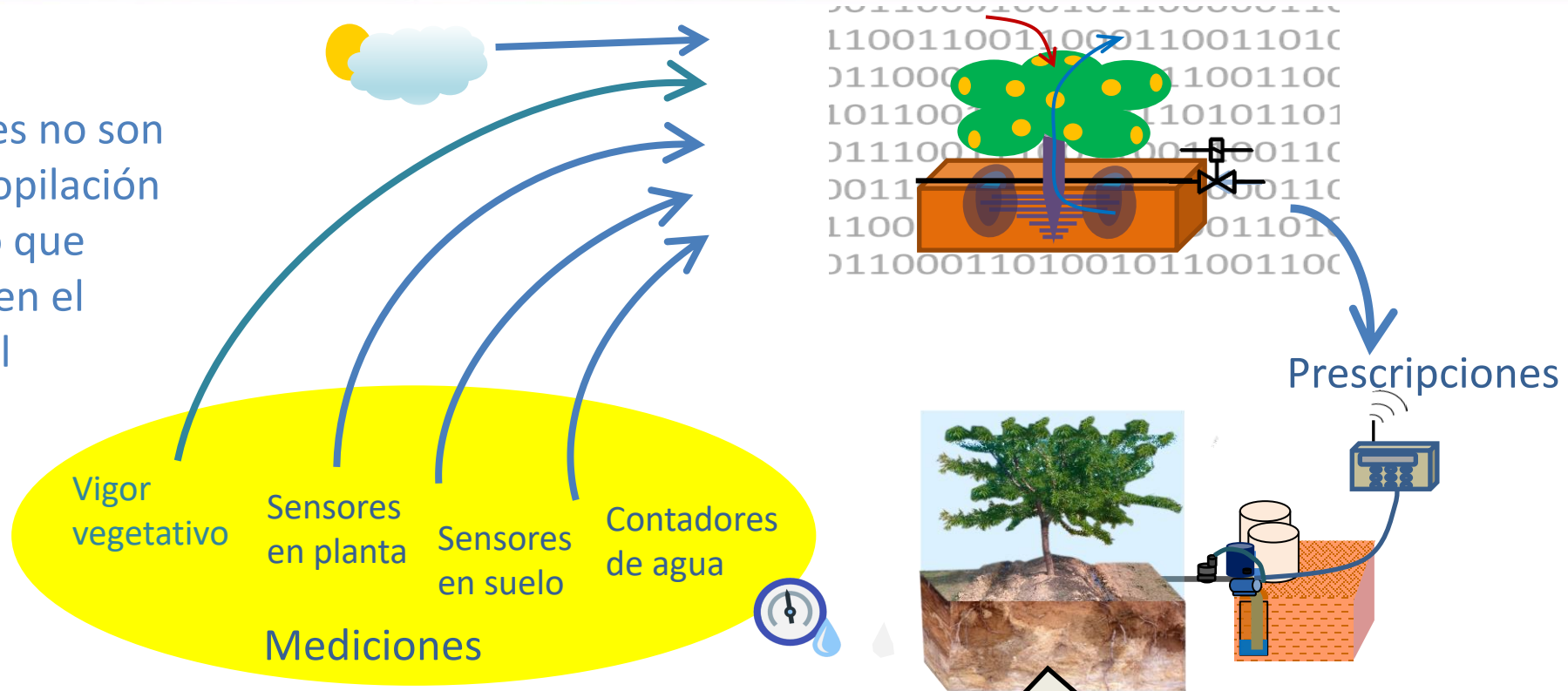




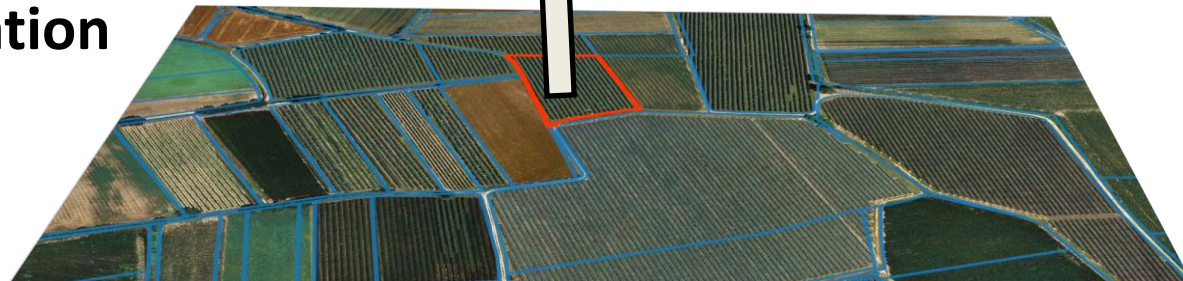
El lote real y su representación digital están permanentemente sincronizados por la transmisión de mediciones y prescripciones



Las mediciones no son una mera recopilación de datos, sino que tienen un rol en el modelo digital

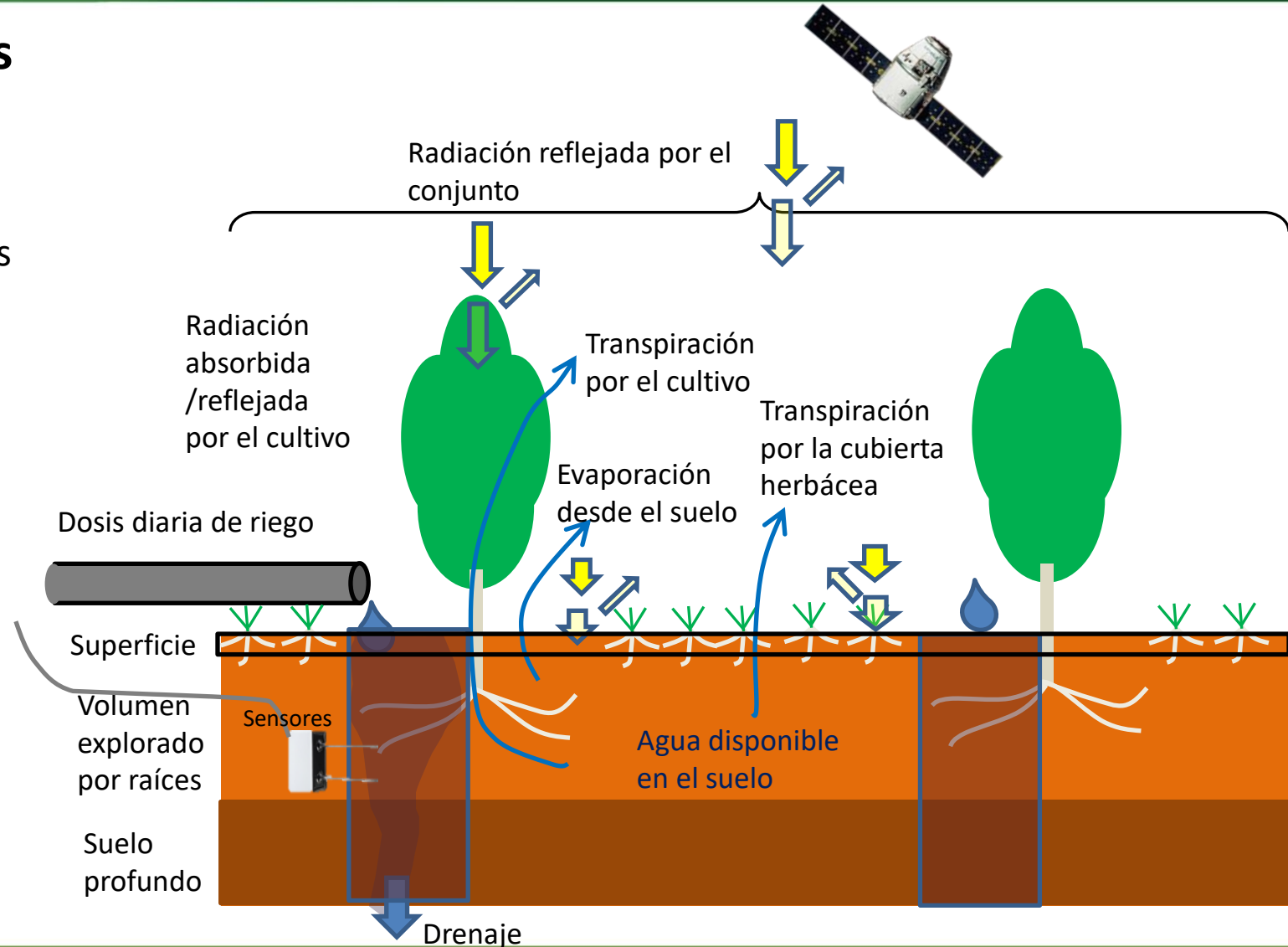


Integration of data for precision irrigation

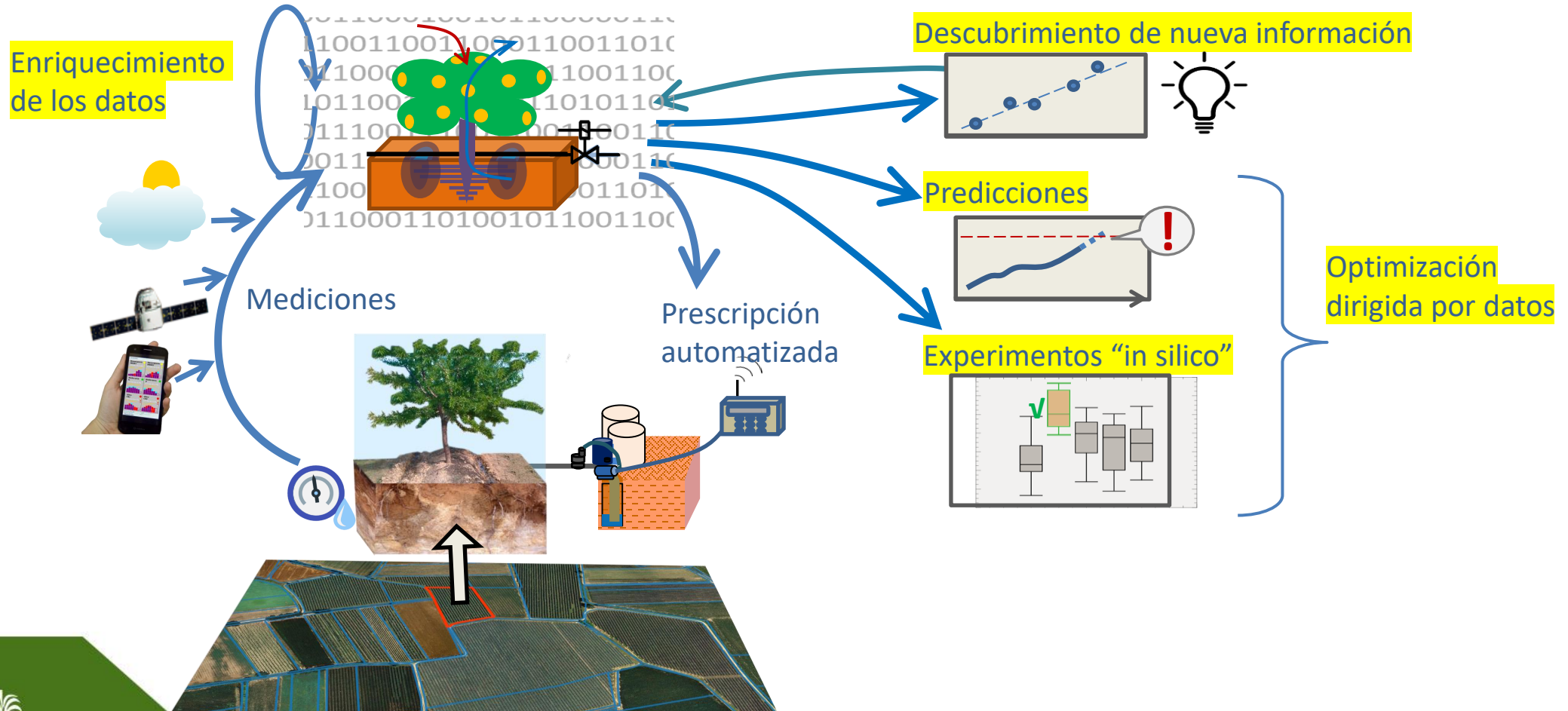


Modelo para plantaciones

- Dosel discontinuo
- Plurianual
- Riego localizado
- Cubierta herbácea entre árboles
- Mallas protectoras



Otras funcionalidades de un gemelo digital



Experiencias

Riego autónomo por balance hídrico ajustado con sensores

Maduración tecnológica a través de diversos proyectos I+D+i desde 2008

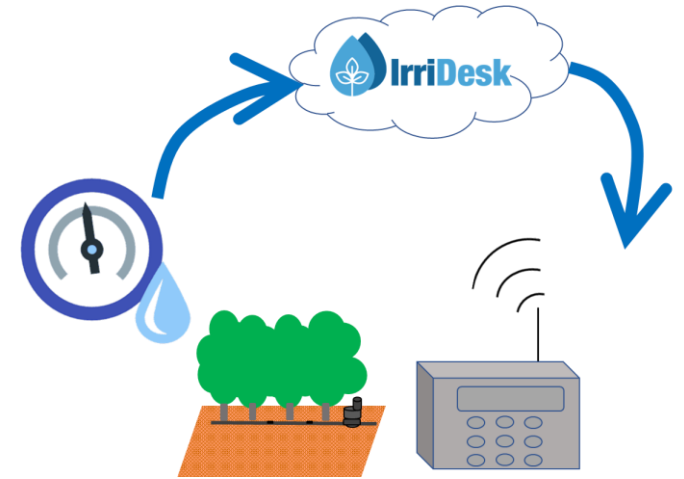


Cultivos:

- ✓ Manzano
- ✓ Melocotón
- ✓ Nectarina
- ✓ Ciruelo
- ✓ Almendro
- ✓ Olivo
- ✓ Viñedo
- ✓ Cítricos
- ✓ Tomate
- ✓ Pimiento
- ✓ Maíz

Desafíos agronómicos afrontados:

- ✓ Control del exceso de vigor
- ✓ Calidad del fruto
- ✓ Variabilidad espacial
- ✓ Riego con dotaciones limitadas
- ✓ Freático superficial
- ✓ Suelos compactos
- ✓ Cultivo en caballón
- ✓ Cultivo en invernadero
- ✓ Aguas moderadamente salinas
- ✓ Cultivo a escala comercial



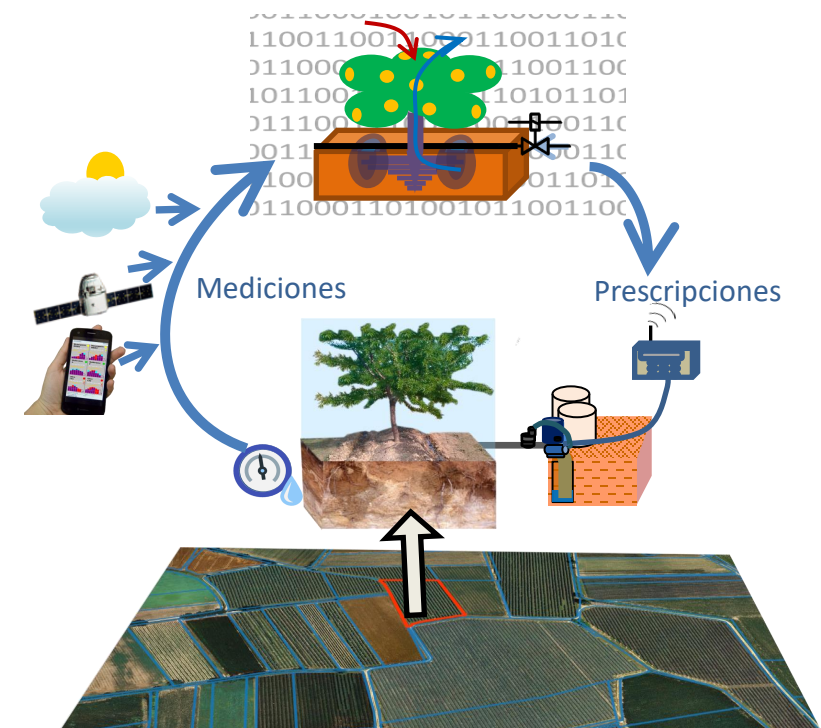
Logros habituales:

- ↑ 15% Productividad del agua (Kg/m3)
- ↓ 80% Tiempo dedicación al riego

Comparado con el manejo tradicional de balance hídrico por un experto

Otras ventajas del soporte por un gemelo digital:

- Mayor fiabilidad del sistema
- Detección rápida [automatizada] de anomalías en el riego
- Capacidad de anticipación a la demanda
- Amplio repertorio de variables para controlar el riego





IrriPalma: gemelo digital para el riego de la palma de aceite



Integrated with:

GeoPalma[®]

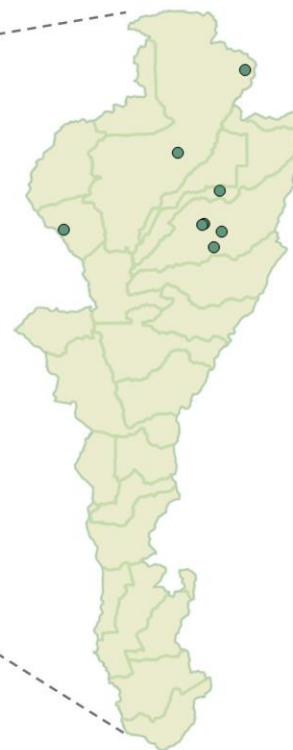
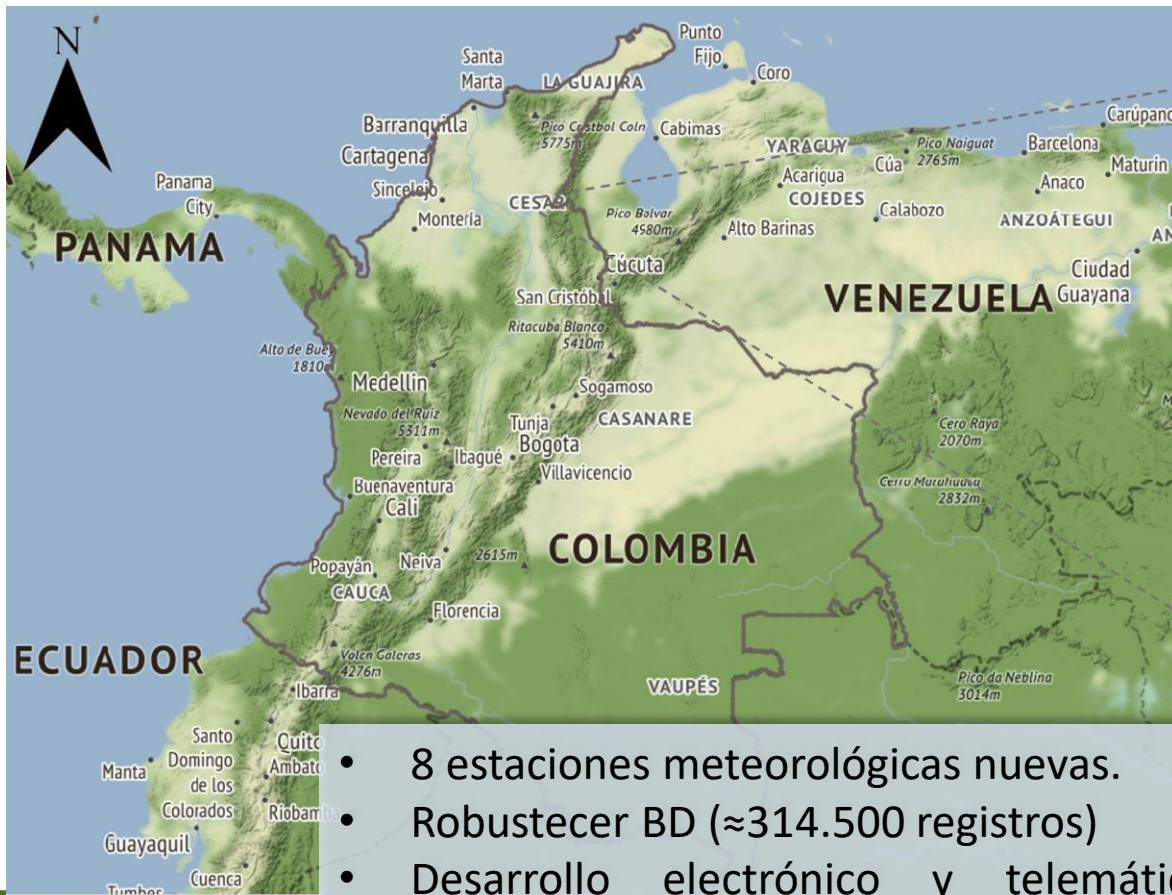
Objetivo general:

Evaluar técnicas adaptadas a la palma de aceite para caracterizar la variabilidad espacial en el estado hídrico de los lotes y para manejar las necesidades hídricas a escala de lote.

Productos:

- **Base de datos climática** estructurada e integrada a Geopalma Corp. para incrementar la disponibilidad de datos en áreas de cultivo de palma de aceite en el departamento del Cesar.
- **Herramientas de teledetección** aplicadas para determinar las necesidades hídricas de la palma de aceite y determinar variabilidad espacial a escala de lote, combinando imágenes multiespectrales y térmicas capturadas con ARP en un modelo de balance hídrico.
- **Piloto para riego asistido y autónomo** (diseño e implementación). Caso de estudio adaptado a las necesidades hídricas de un lote de cultivo de palma de aceite.

1. Base de datos climáticos



**Departamento
 Del Cesar**

- 8 estaciones meteorológicas nuevas.
- Robustecer BD (≈314.500 registros)
- Desarrollo electrónico y telemático enfoque IoT (Transmisión inalámbrica).
- Desarrollo de integración a XMAC.



Estación Cenipalma - Oleoflores



Estación Cenipalma - Tamacá



Estación Cenipalma - Palmacará



Estación Cenipalma - Macuira



Estaciones compactas, de bajo mantenimiento, autónomas, integradas en XMAC

2. Adaptación de métodos avanzados de teledetección para el caso del cultivo de la palma de aceite2.



Eddy Covariance:

Medición precisa y en continuo de evapotranspiración y fotosíntesis en un único punto

Teledetección

Mapas periódicos /ocasionales de:

- Parámetros biofísicos de la vegetación
- Crop Water Stress Index (CWSI)
- Evapotranspiración (ET)



2. Adaptación de métodos avanzados de teledetección al caso del cultivo de la palma de aceite2.



Eddy Covariance:

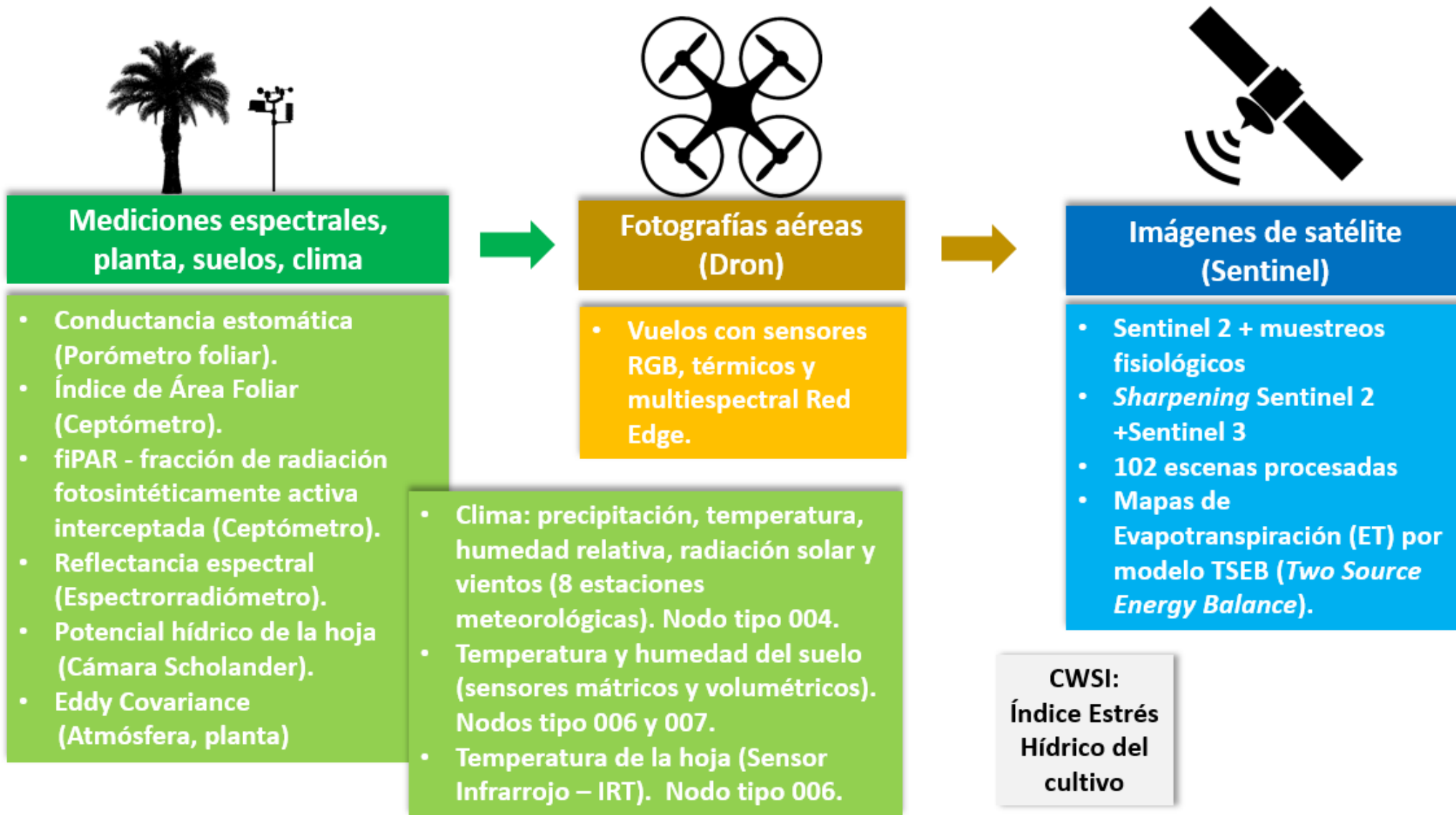
Permite ajustar y validar los métodos para palma de aceite

Teledetección

Permite monitorizar relaciones hídricas de la palma a gran escala: regional o nacional

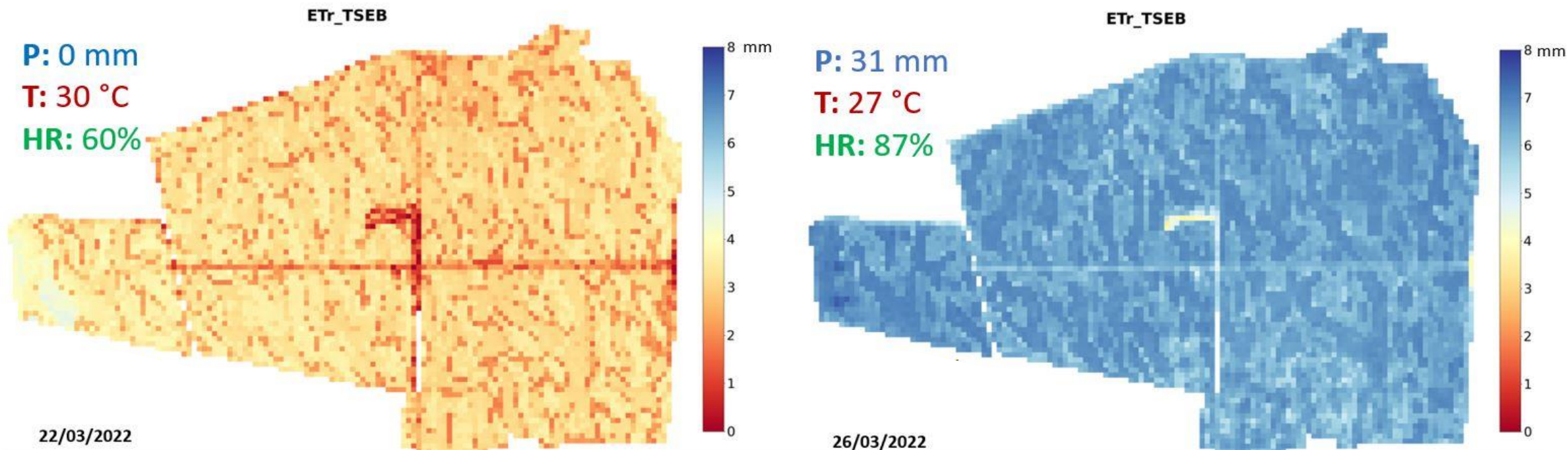


Metodología



Mapas de evapotranspiración (ET) – modelo TSEB

Monitoreo a gran escala de ET por modelos de balance de energía de dos fuentes

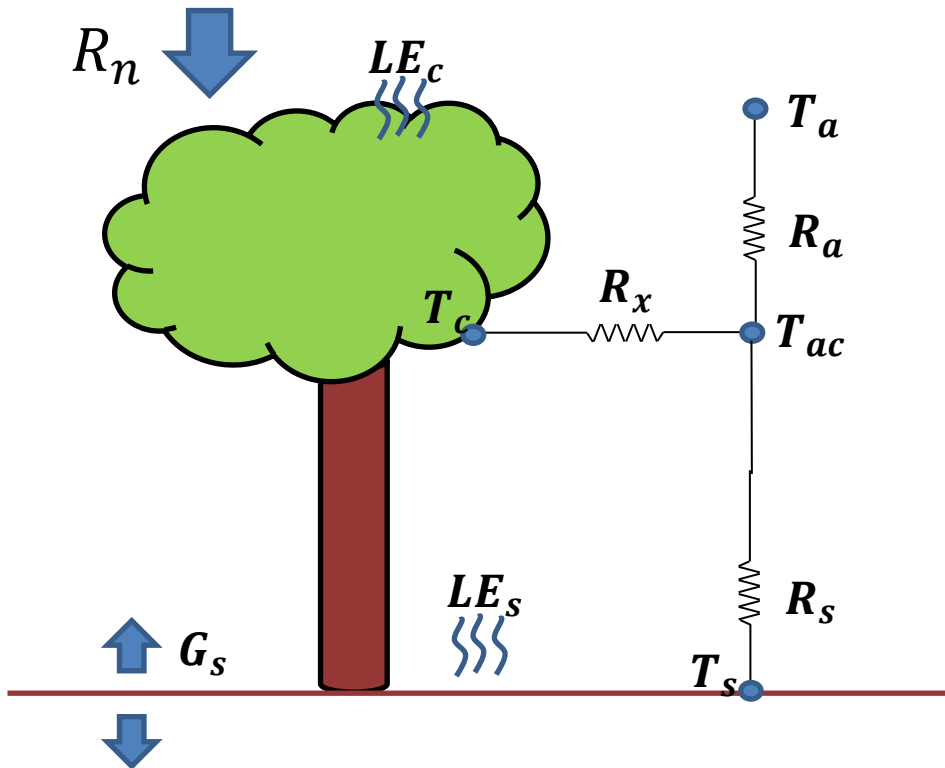


ET alta (azules) - HR (Humedad relativa) - H (Humedad) suelo

Modelo de ET por balance de energía de dos fuentes

Particiona el flujo de calor latente entre transpiración y evaporación desde el suelo

- Two source energy balance model (Norman 1995, Norman & Kustas 1999)



$$Rn = H + LE + G_s + P - R + G_p$$

$$H = H_c + H_s$$

$$H_c = \rho_{air} C_p \frac{(T_c - T_{ac})}{R_x} \quad H_s = \rho_{air} C_p \frac{(T_s - T_{ac})}{R_s}$$

$$LE_c = Rn_c - H_c$$

$$LE_s = Rn_s - H_s - G_s$$

Requerimientos de datos para modelo TSEB

- **Parámetros biofísicos de la vegetación**
Indice de Area Foliar (LAI), Fracción de cobertura del suelo, Fracción de vegetación verde, Albedo
- **Parámetros estructurales de la vegetación**
Altura de la vegetación, Transmitancia foliar
- **Datos meteorológicos**
Temperatura del aire, Radiación solar incidente, Velocidad de viento,
- **Temperatura de la superficie terrestre(LST)**

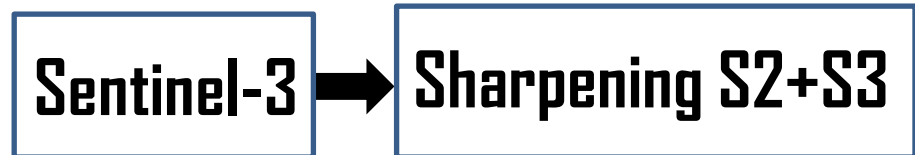
Sentinel-2

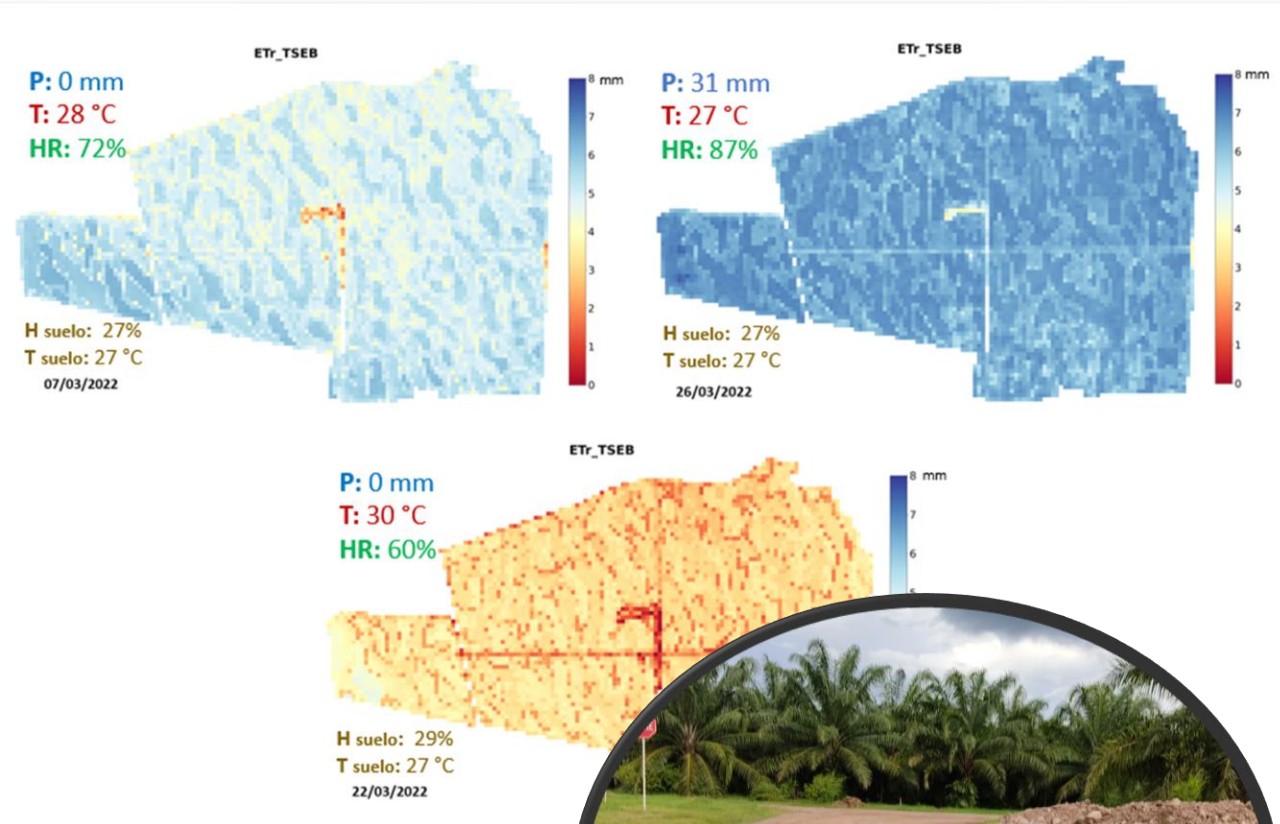


land cover
cci



Climate Change
Service





Espectrorradiómetro
350-2500 nm



Porómetro foliar
Conductancia Estomática

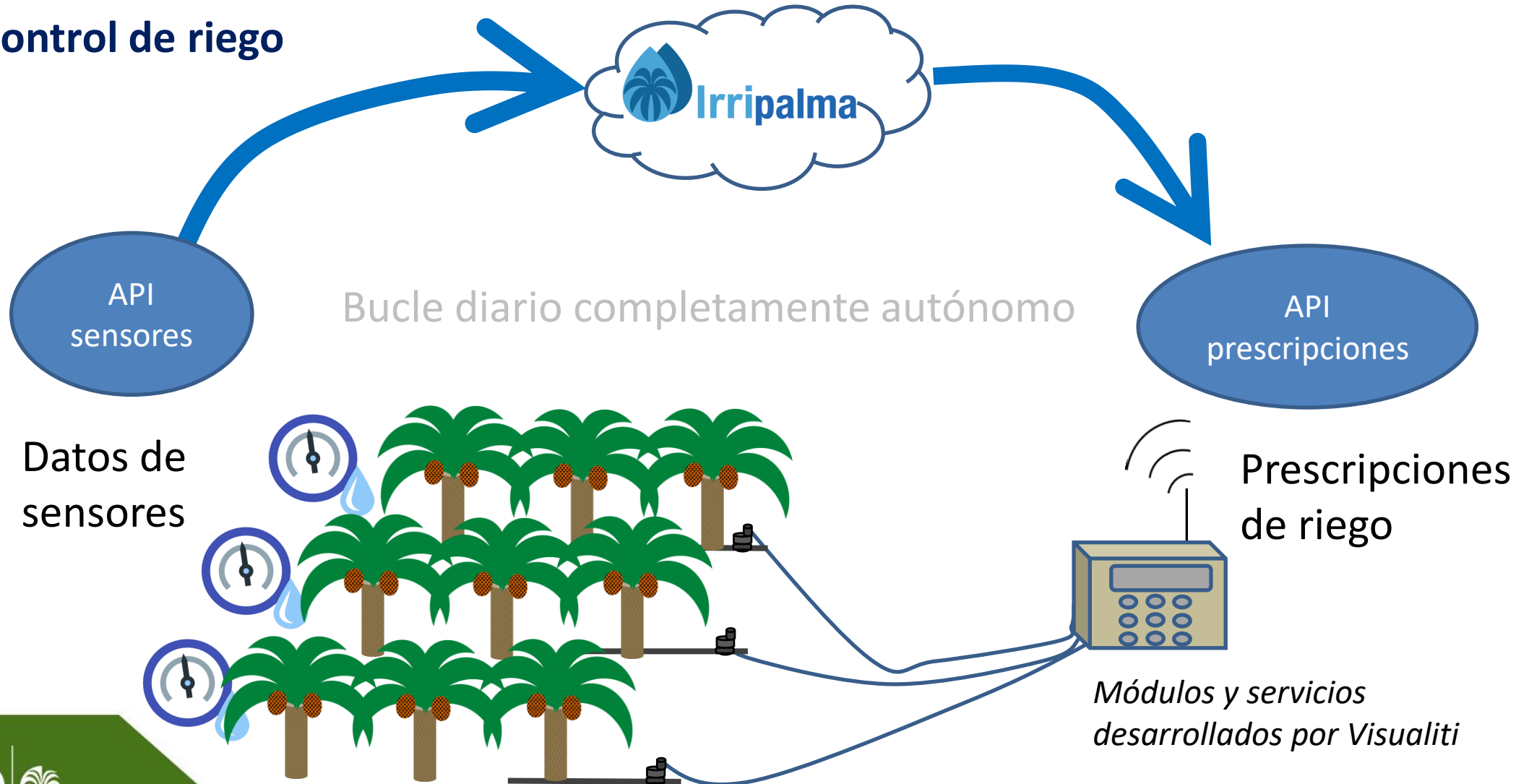


Ceptómetro
IAF y fiPAR

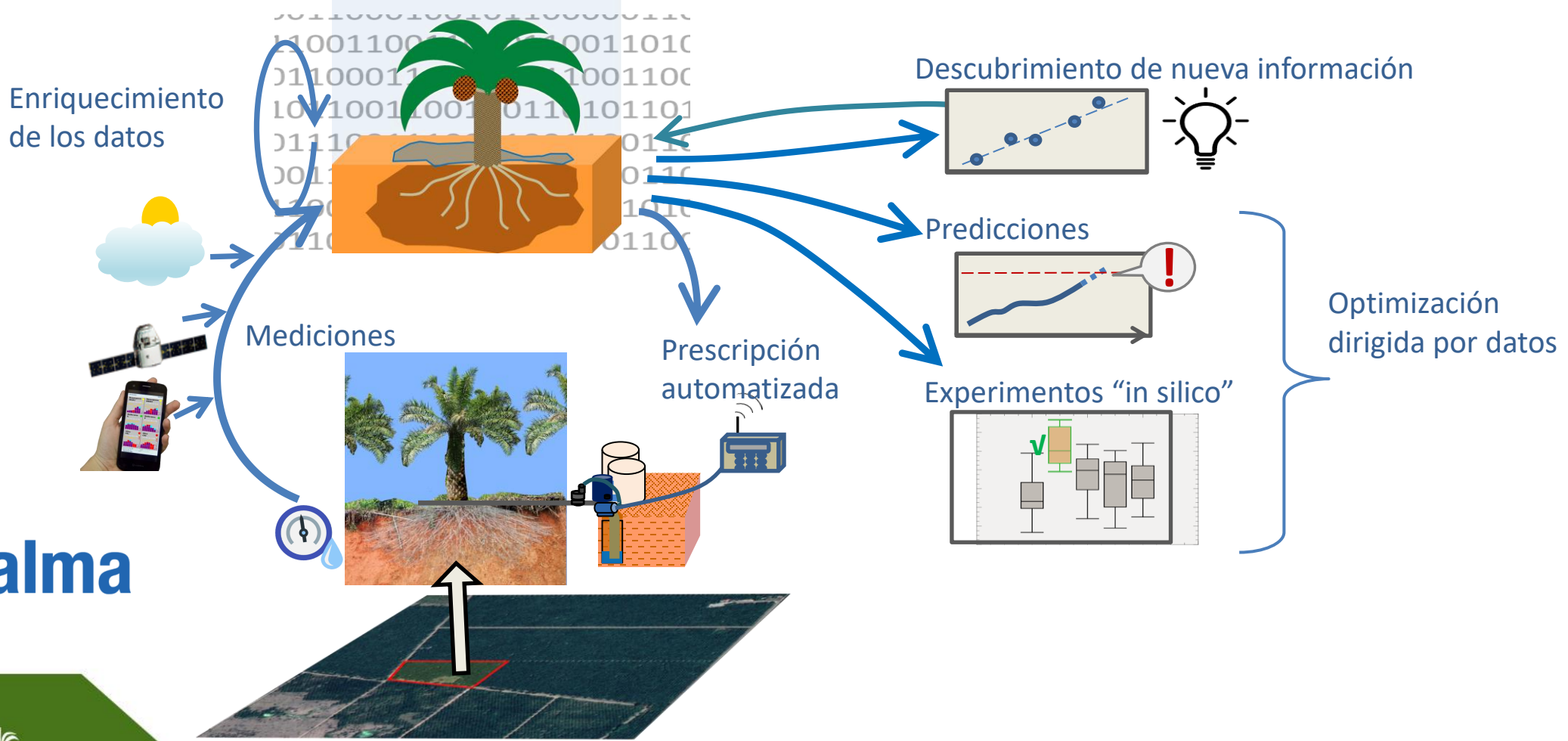


Cámara Scholander
Potencial hídrico

3. Piloto de control de riego



IrriPalma: gemelo digital para el riego de la palma de aceite



Prueba piloto:

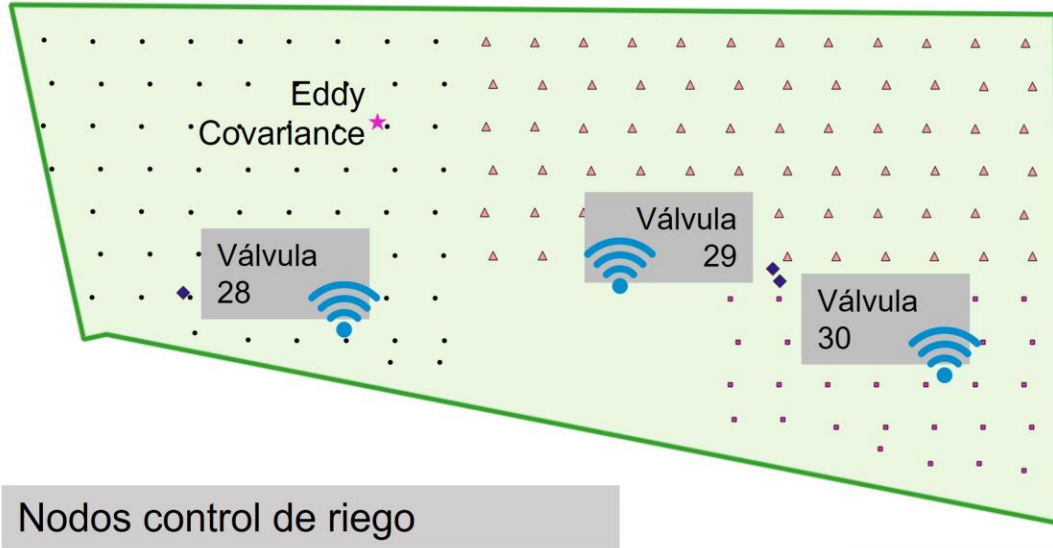
3 sectores de riego independientes, cada uno con su válvula y sensores



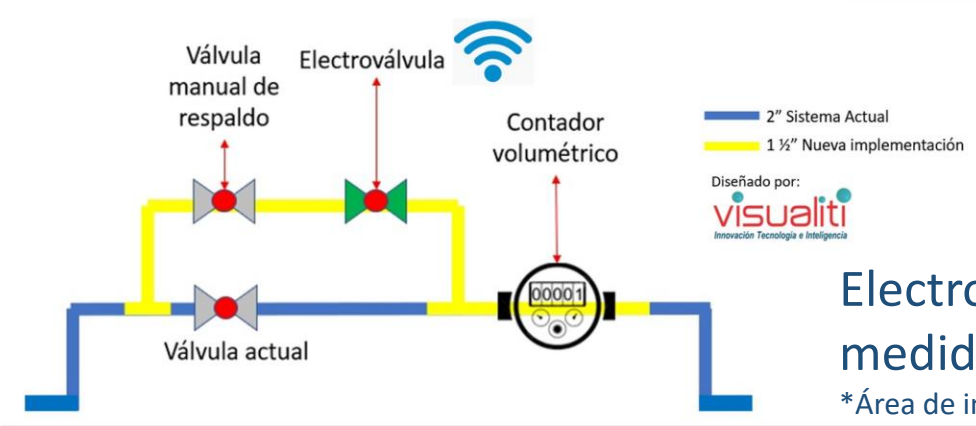
Lote C3, Plantación del estudio, Codazzi, Cesar



Prueba piloto de control de riego con IrriPalma



Nodos control de riego

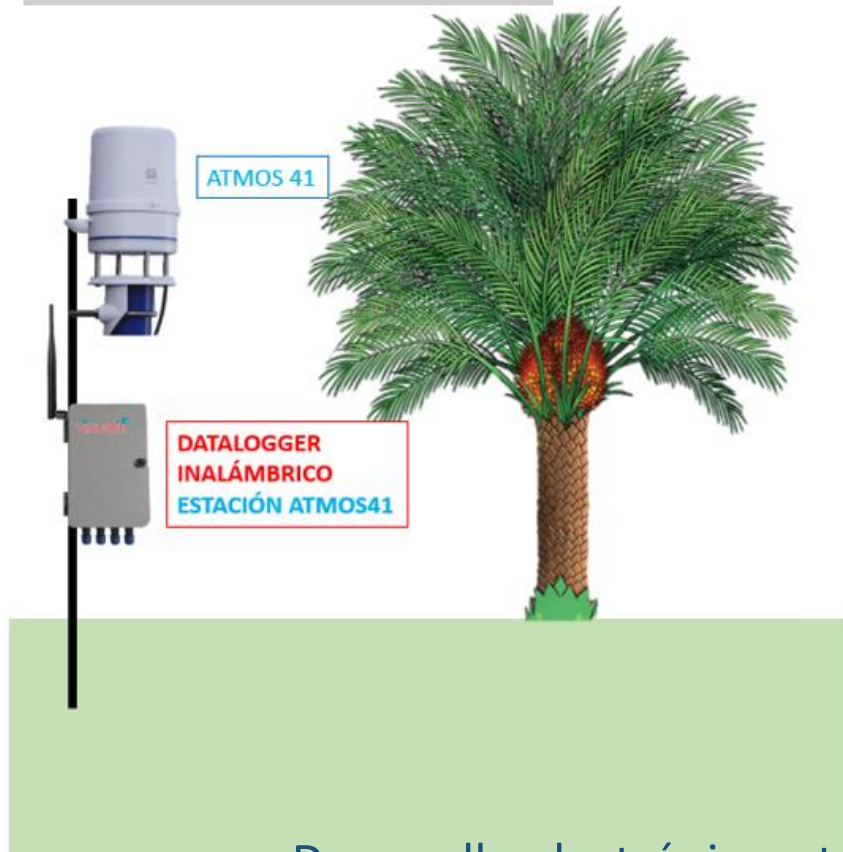


Prototipo diseño del sistema control riego automatizado

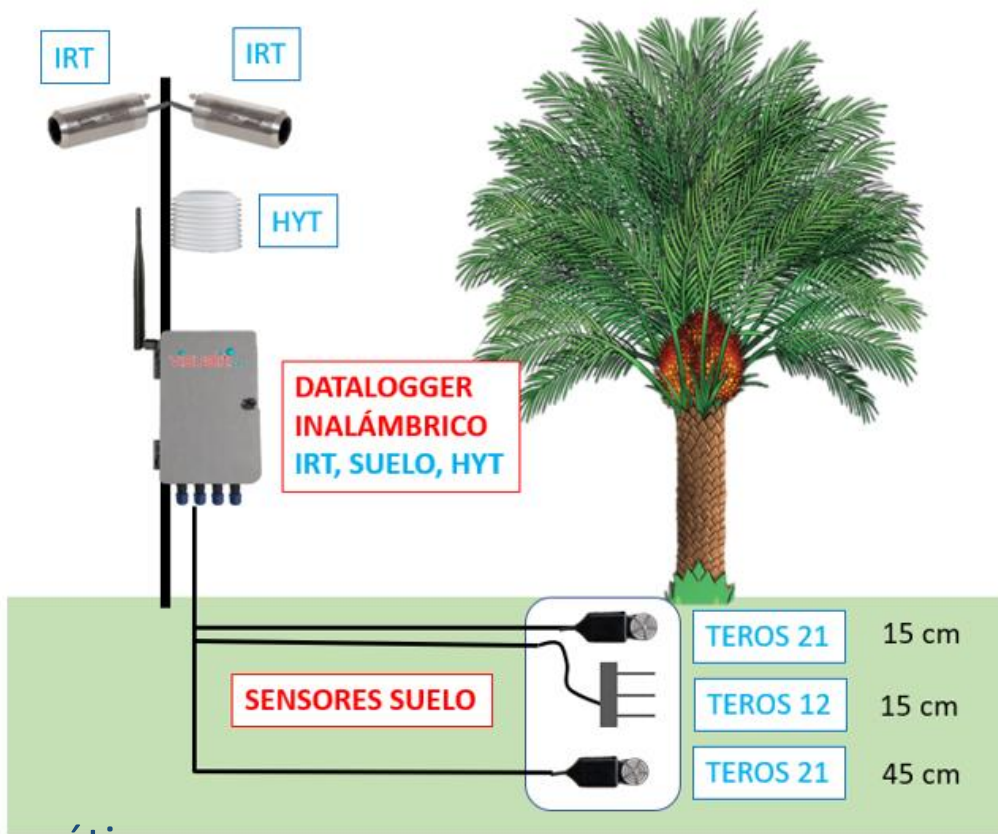
Electroválvulas con solenoide, medidor de flujo, sensores de suelo.
 *Área de investigación Aguas Cenipalma.

Plantación estudio

Nodo tipo 004



Nodo tipo 006

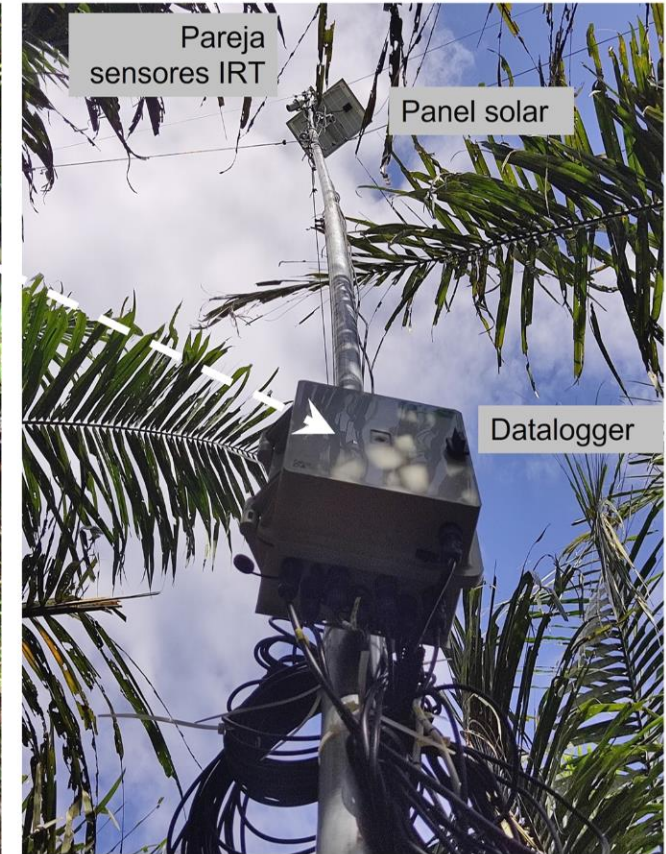
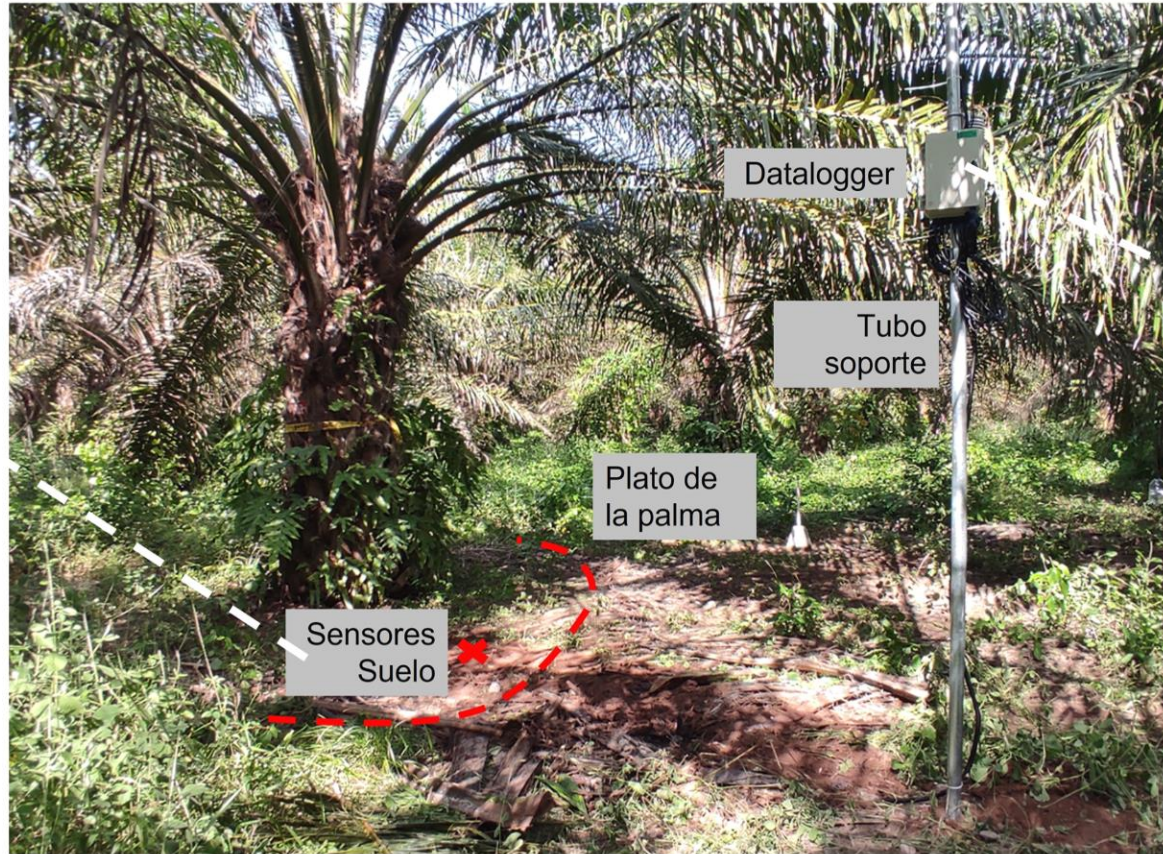
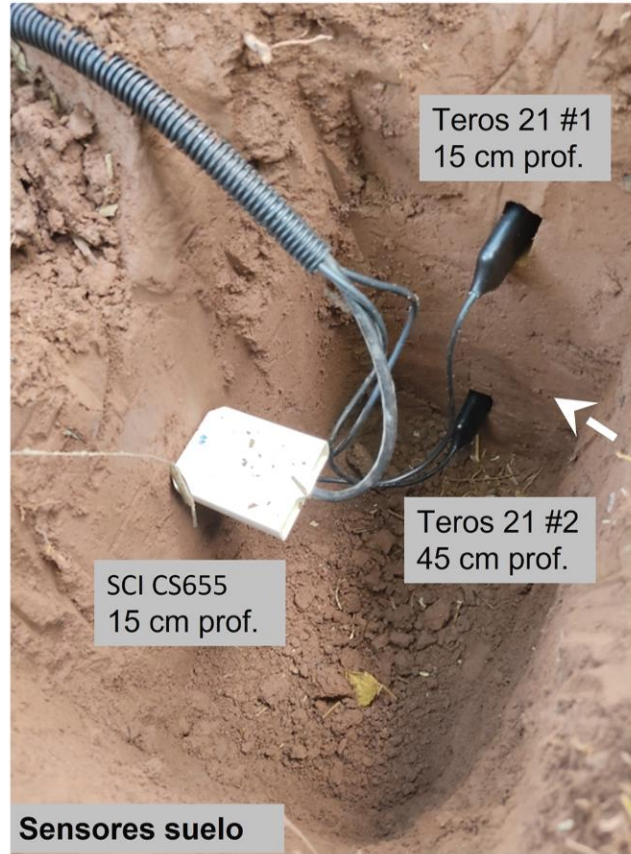


Desarrollo electrónico y telemático. *Diseño prototipo Visualiti SAS.

Protocolo de comunicación inalámbrica punto a multipunto de baja frecuencia 900 MHz.

Integración con tecnología GSM para transmisión de datos.

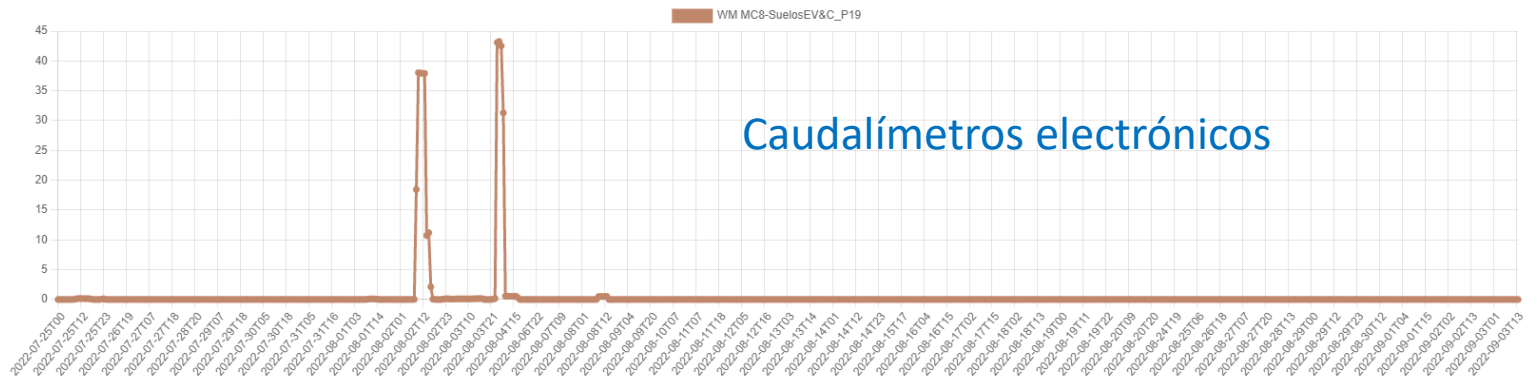
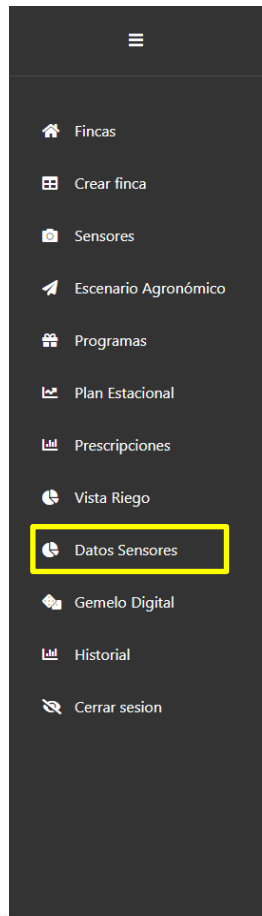
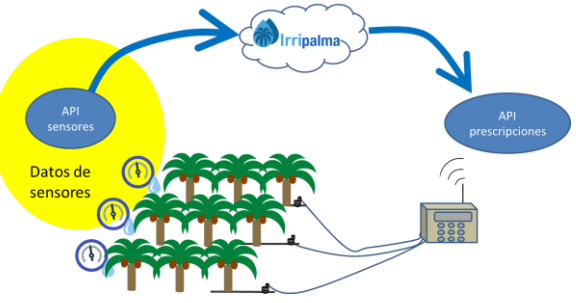
EL PODER TRANSFORMADOR DE LA PALMA DE ACEITE



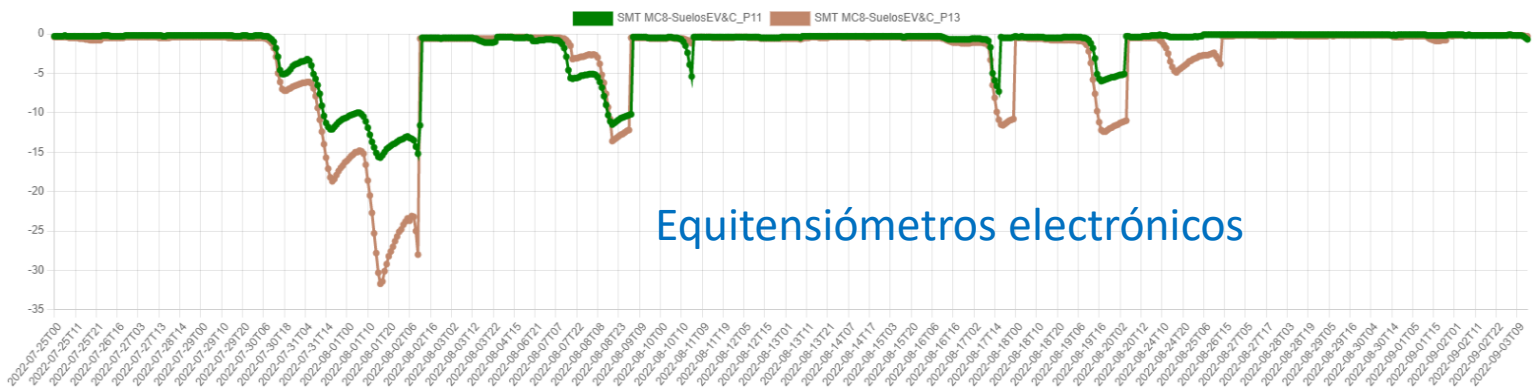




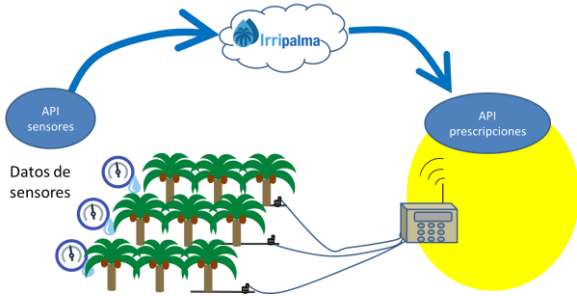
Algunas capturas de pantalla



Caudalímetros electrónicos



Equitensiómetros electrónicos



- 🏠 Fincas
- 🏠 Crear finca
- 📷 Sensores
- 📍 Escenario Agronómico
- 📅 Programas
- 📅 Plan Estacional
- 📊 Prescripciones**
- 🕒 Vista Riego
- 📊 Datos Sensores
- 👤 Gemelo Digital
- 📊 Historial
- 🚪 Cerrar sesion

Prescripciones

Finca: Cenipalma
 Canal: canal MC10-SuelosEV&C
 Fecha: 2022-09-04

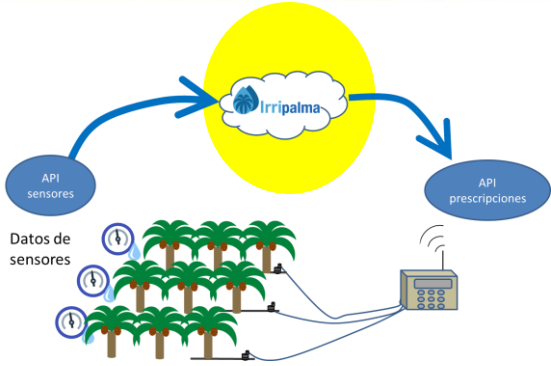
Programs	Today	Pending	Acumm	Programmed	Units
MC10					

Finca: Cenipalma
 Canal: canal MC10-SuelosEV&C
 Fecha: 2022-09-04

Programs	Today	Pending	Acumm	Programmed	Units
MC10 P1	2.130	2.130	76.152	78.257	minutes

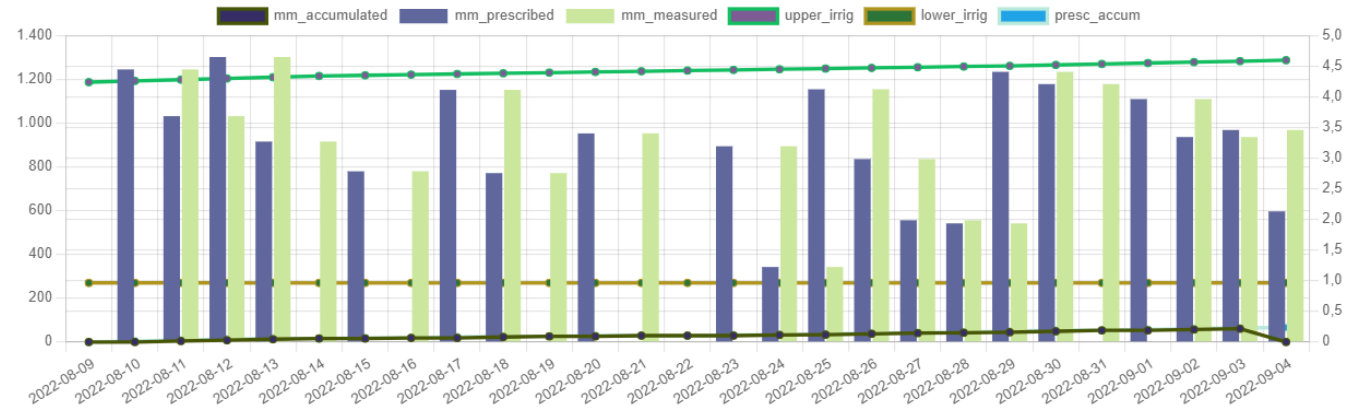
Prescripción:
mm/día

Minutos de
duración para el
próximo riego

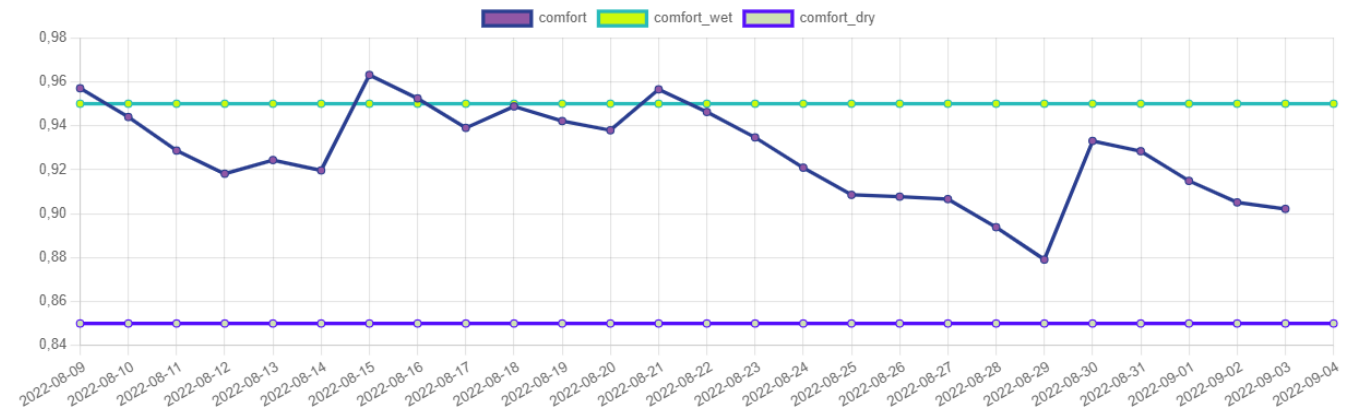


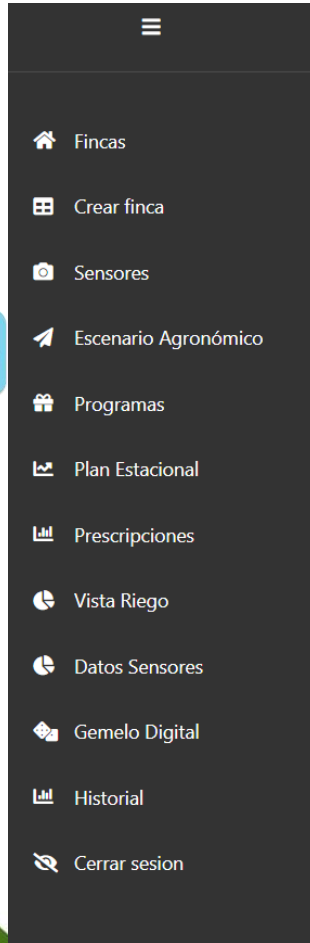
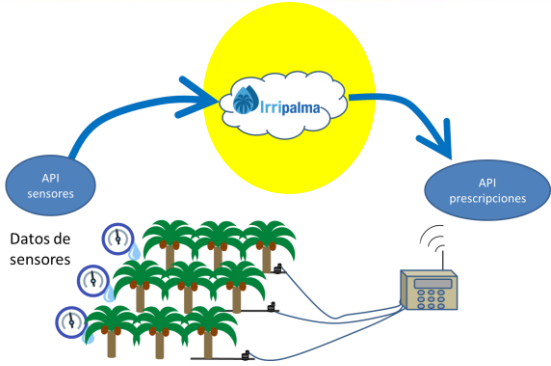
- Fincas
- Crear finca
- Sensores
- Escenario Agronómico
- Programas
- Plan Estacional
- Prescripciones
- Vista Riego**
- Datos Sensores
- Gemelo Digital
- Historial
- Cerrar sesion

Irrigation accumulated canal MC10-SuelosEV&C



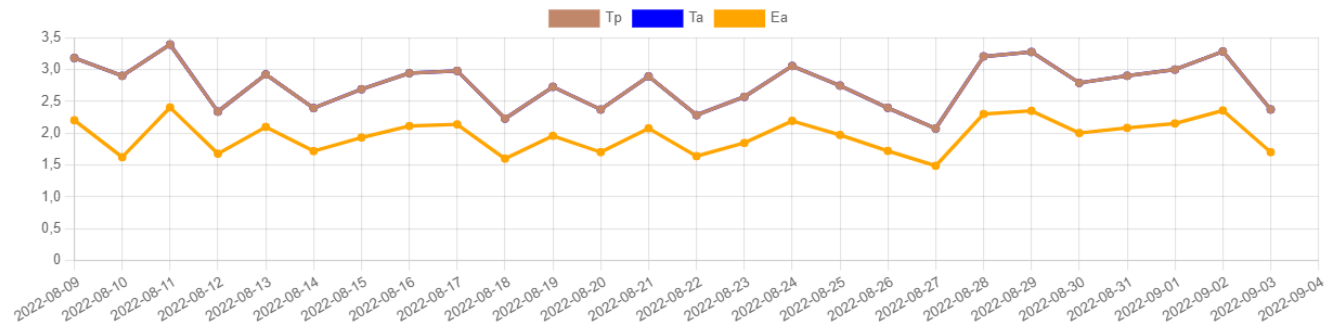
Comfort at canal MC10-SuelosEV&C



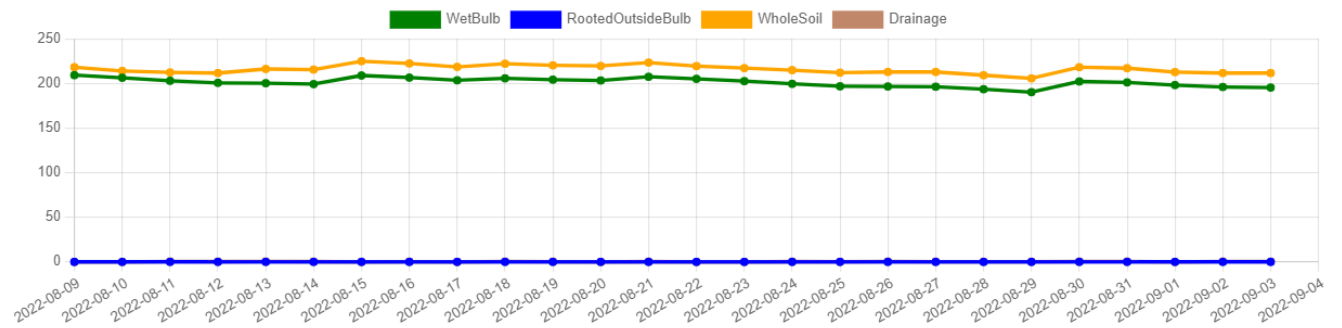


Gemelo digital

Transpiration and soil evaporation, mm



Available soil water and drainage, mm



Continuación

- El ensayo seguirá en marcha por al menos un año.
- Se evaluará la eficiencia en uso de agua por lote de estudio
- Relación cosecha por lote con agua aplicada (riego)
- Tomar otras mediciones de contraste en campo





THE TRANSFORMATIVE
POWER OF OIL PALM

Thanks

Agradecimientos a **Palmeras de la Cartuja SAS**

