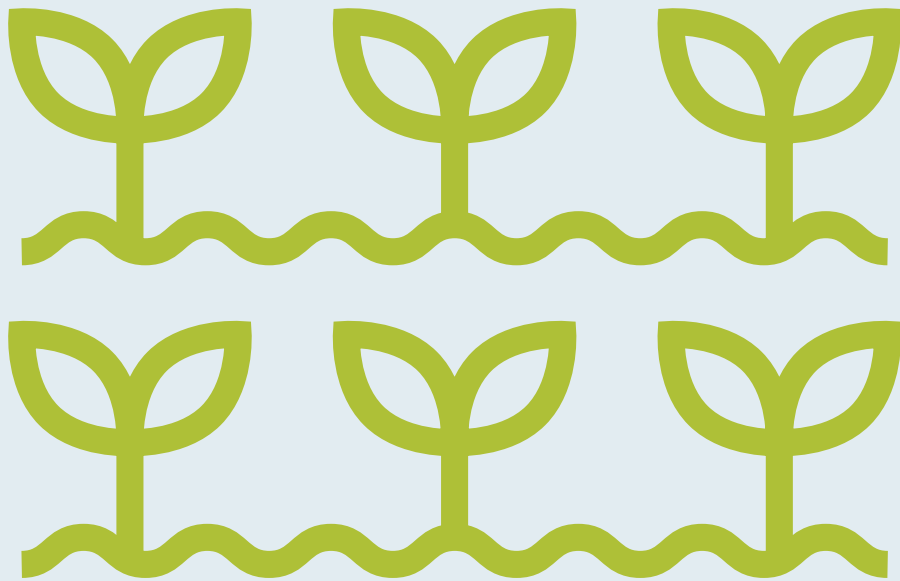




Agricultura de precisió: aplicacions al reg. Casos pràctics.



[Pàg 03](#) Projecte PECT motors del Segarra-Garrigues: ús eficient de l'aigua [Pàg 11](#) VISCA: una DSS per a la presa de decisions en viticultura [Pàg 14](#) Control automatitzat del reg i la fertirrigació, a través de la interoperabilitat entre sistemes facilitada per l'IoT [Pàg 18](#) Reg de precisió en una parcel·la comercial de fruiters [Pàg 22](#) Teledetecció, eina clau a la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya [Pàg 26](#) El projecte PECT Girona, regió sensible a l'aigua [Pàg 31](#) Gestió del reg en parcel·les demostratives de vinya a la Terra Alta i Valls del Corb [Pàg 34](#) El projecte europeu IDEWA. Estudi aplicat a la zona regada pel canal Algerri-Balaguer [Pàg 38](#) LIAISE, una missió internacional per estudiar les interaccions de la superfície terrestre amb l'atmosfera a la zona del Pla d'Urgell (Lleida) [Pàg 41](#) Parlem amb: Aaron Boone



Joan Gòdia Tresánchez

Director General d'Empreses
Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia

L'agricultura de precisió és una de les millors eines a utilitzar en els sistemes productius del tercer mil·lenni per aconseguir avantatges econòmics, ambientals i socials.

Tothom coneix la importància de fer una bona gestió de l'aigua, disposar dels coneixements necessaris i saber aplicar la tecnologia disponible per optimitzar aquest recurs vital i escàs. La Direcció General d'Empreses Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia, conscient que Catalunya és un territori deficitari en producció d'aliments, creu que cal avançar cap a un sistema agroalimentari sostenible mediambientalment, però també alhora econòmicament i socialment, a fi de donar resposta als grans reptes com ara l'emergència climàtica.

D'una banda, la tecnologia pot ser una eina clau en la gestió de l'aigua. Les experiències o els projectes d'investigació que diferents centres de recerca han anat desenvolupant en anys anteriors amb la simulació de diverses casuístiques, els seus resultats, han de ser útils per saber fer front a situacions crítiques com la sequera que vivim actualment. D'altra banda, l'agricultura de precisió està revolucionant la manera com cultivem i ajuda a estalviar recursos i a mantenir uns bons rendiments econòmics. És en aquesta línia on el nostre territori ha de continuar avançant i combinant tècniques entre si que permetin dur a terme tasques agrícoles amb una rigorositat molt més gran del que ho fèiem habitualment.

En aquest sentit, un bon analista afirmaria que l'agricultura de precisió és una de les millors eines a utilitzar en els sistemes productius del tercer mil·lenni per aconseguir

avantatges econòmics, ambientals i socials. A més, quan parlem de la tecnologia de reg de precisió, aquests quatre mots revelen al seu darrere un conjunt de projectes i treballs de recerca on s'han invertit molts recursos econòmics de diferents orígens per arribar a uns resultats importants aplicables al sector agrari. La millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua, o, dit d'una altra manera, l'increment del producte obtingut per cada gota d'aigua emprada, és clau per a la sostenibilitat del sector amb vistes al canvi climàtic. I és per aquest motiu que el Reg de Precisió té un paper valuós i molt camp per córrer, tenint en compte que ens permet una major eficiència en l'ús dels recursos naturals.

La recerca i els projectes d'investigació que treballin en l'aplicació de tecnologia puntera tenen com a objectiu principal controlar l'estat de l'aigua i els nutrients del sòl i de la planta i ajustar la dosi de reg i fertilització a les necessitats de cada moment del cicle vegetatiu de la planta.

Aquest *Dossier Tècnic*, com a continuació de treballs presentats prèviament en el *Dossier Tècnic 107*, del desembre de 2020, mostra diversos projectes d'investigació on s'ha treballat en diferents cultius i en diverses àrees del territori cercant l'aplicabilitat de la tecnologia vers la millora en la gestió de l'aigua.

Amb la tecnologia de reg de precisió, les comunitats de regants i els seus usuaris poden optimitzar la gestió de l'aigua i aconseguir millors beneficis. Aquestes tècniques advoquen per un ús racional de l'aigua que permet mantenir la sanitat i el rendiment dels cultius sense desapropiar res d'aquest recurs valuós. L'aigua és un factor cabdal per al creixement de les plantes. La majoria de terres necessiten reg artificial per cobrir les necessitats dels conreus i el reg localitzat n'és la millor opció.

L'Oficina del Regant-EA Tàrrrega, juntament amb el DACC i l'IRTA, volen transferir aquest coneixement, a més d'oferir un acompanyament en la seva aplicabilitat. Les conseqüències que vivim a causa del canvi climàtic palesen la necessitat de posar en pràctica els coneixements obtinguts en aquests projectes i continuar investigant en la seva millora.

Agraeixo a tots els autors la seva bona col·laboració en participar en la creació d'aquest *Dossier Tècnic* i desitjo que sigui útil per als regants com un instrument de progrés i de sostenibilitat del sector agrari.

Dossier Tècnic. Núm. 121

Agricultura de precisió: aplicacions al reg.
Casos pràctics. Març 2023.

Edició

Direcció General d'Empreses
Agroalimentàries, Qualitat i Gastronomia.

Consell de Redacció

Carmel Mòdol Bresolí, Joan Gòdia Tresánchez, Glòria Cugat Pujol, Cristina Massot Berna, Neus Ferrete Gracia, Mercè Soler Barrasús, Enric Vadell Guiral, Ramon Jordana de Simon, Rosario Allué Puyuelo, Laura Dalmau Pol, Valentí Marco Sanz, Antoni Enjuanes Puyol, Josep Maria Planas Cisternas, Jaume Sió Torres, Constanza Andrea Saavedra Valdés, Joan S. Minguet Pla, Mireia Medina Sala, Maria Josep de Ribot Porta, Rosa Cubel Muñoz.

Coordinació i producció

Maria Josep de Ribot Porta, Imma Malet Prat, Annabel Teixidó Martínez, Maite Sisquella Vila, Mercè Soler Anaya i Jaume Casadesús Brugués.

Correcció i assessorament lingüístic

Lluís Piqueres Pla i Susanna Saval Costa

Grafisme i maquetació

Carlos Guzmán Lorente.

Impressió

EADOP

Dipòsit legal

B-16786-05.
ISSN: 1699-5465.

El contingut dels articles és responsabilitat dels/de les autors/es. DOSSIER TÈCNIC no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autoria.

Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

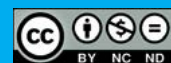
Gran Via de les Corts Catalanes,
612-614. 08007 - Barcelona.

Més recursos, enllaços i versió electrònica:

<https://ruralcat.gencat.cat>
<https://agricultura.gencat.cat/>
e-mail: sia.daam@gencat.cat

Portada:

Autor: Carlos Guzmán Lorente.



PROJECTE PECT MOTORS DEL SEGARRA-GARRIGUES: ús eficient de l'aigua

01. Introducció

En el marc del projecte PECT (Projectes d'especialització i competitivitat territorial) Motors del Segarra-Garrigues s'han endegat quatre activitats orientades a demostrar com s'hauria de gestionar el reg, tant en els nous regadius del Segarra-Garrigues com en els altres regadius on la dotació d'aigua és normalment reduïda, i on dintre d'una mateixa comunitat de regants poden variar les dotacions en funció de la ubicació de la finca. Aquest projecte està bàsicament orientat a la transferència del coneixements als regants, tècnics i gestors de l'aigua, encara que, com s'explica més endavant, també hi ha un com-

ponent de recerca/observació del comportament agronòmic dels diferents cultius orientat a ajustar les estratègies de reg a la realitat agroambiental de les parcel·les i a l'adaptació dels conreus en zones noves.

Aquestes activitats s'han focalitzat en quatre conreus llenyosos que es poden trobar al llarg de la geografia del Segarra-Garrigues, alguns dels quals nous, bàsicament per la zona on es s'ubiquen, com és el cas del pistatxer (festuc) a la zona de l'Urgell, o la poma de muntanya a la part alta de la comarca de la Noguera. D'altres, com la vinya a l'Urgell o l'olivera a les Garrigues-Segrià són més tradicionals als llocs on es cultiven.

Tot i que l'objectiu general del projecte és donar una guia de reg per a cadascun d'aquests conreus, en cada activitat s'han fixat uns objectius particulars que permetin ampliar el coneixement sobre el cultiu i la seva demanda hídrica, a la vegada que aportar informació específica sobre alguna característica particular d'aquests conreus.

Aquest escrit bàsicament pretén explicar quins han estat els objectius particulars de cadascuna de les quatre activitats, el seu plantejament sobre el terreny i els primers resultats que s'han obtingut en l'experimentació realitzada.

02. Els objectius particulars

El reg és una tècnica de conreu que, a part de subministrar l'aigua necessària perquè les plantes tinguin un estat hídric que els permeti un desenvolupament adient per la producció esperada, permet fer-hi una gestió que ens millori alguns aspectes del seu conreu. El control del creixement vegetatiu està molt lligat a l'estat hídric de les plantes, i també ho està la qualitat del producte obtingut i per descomptat la capacitat productiva. D'altra banda, alguns aspectes com la determinació dels requeriments d'aigua de reg en condicions especials (poma de muntanya i sota malla) no estan molt clarament definits. Totes aquestes possibilitats/incògnites poden arribar a ser de vital importància en la gestió del reg per a diferents conreus en el marc del Segarra-Garrigues. És per aportar aquesta informació que s'han concretat els objectius particulars per als quatre conreus del projecte. Aquests objectius particulars són:



Activitat experimental de poma de muntanya a Ribelles. Foto: IRTA.

- **Pomera:** com determinar els requeriments de reg de la poma de muntanya.
- **Vinya:** definició d'estratègies de reg per millorar/preservar la qualitat amb dotacions variables de reg i simplificació del control de l'estat hídric.
- **Pistatxer:** com influeix la gestió del reg en l'entrada en producció d'aquest conreu.
- **Olivera:** interacció reg – adob nitrogenat, recuperació d'oliveres fortament estressades i acceleració de l'entrada en producció en plantacions joves.

03. Activitat 1. Pomera d'alta muntanya

El conreu de la poma de muntanya introdueix, des del punt de vista del reg, diferents preguntes sobre la sensibilitat del conreu al dèficit hídric i sobre com es determinen els seus requeriments hídrics. Pel que fa a la determinació dels requeriments hídrics, l'interrogant clau és si els coeficients de cultiu (Kc), que s'apliquen a la poma en zones de conreu tradicional, són útils en condicions de muntanya, ja que la variació de temperatures dià/nit i la llargada de l'estació podrien ser decisius en la seva quantificació. Quant a la sensibilitat estacional, les estratègies de reg deficitari plantegen restriccions d'aigua a les plantes en moments puntuals on la sensibilitat de la pomera al dèficit hídric és menor i, per tant, afecta menys la producció. Aquesta sensibilitat està ben caracteritzada per a pomeres cultivades a les zones més caloroses, però es desconeix com es comportarà en zones de muntanya.

La sensibilitat de la pomera de muntanya al dèficit hídric és més rellevant que l'observada en pomeres de zones més tradicionals.

La parcel·la de poma de muntanya està ubicada a Ribelles (TM de Vilanova de l'Aguda) (fotos pàg. 3 i 4) i es va plantar l'any 2014. Ocupa una superfície aproximada de 4,1 ha amb diferents varietats (fuji, jeromine, gala i story), la major part ubicades sota malles protectores i una petita part sense malles. Aquesta diversitat de condicions ha permès plantejar diferents situacions de conreu, les més rellevants per a l'objectiu de específic establert

per a aquesta activitat; en concret, per a la varietat jeromine s'han concretat en el plantejament de tres estratègies de maneig que condicionen la demanda hídrica o l'estratègia de reg.

- Estratègia de reg total en pomeres sota malla (RT-M).
- Estratègia de reg deficitari en pomeres sota malla (RD-M).
- Estratègia de reg total en pomeres sense malla (RT).



Un aspecte de l'activitat experimental en poma de muntanya a Ribelles. Foto: IRTA.

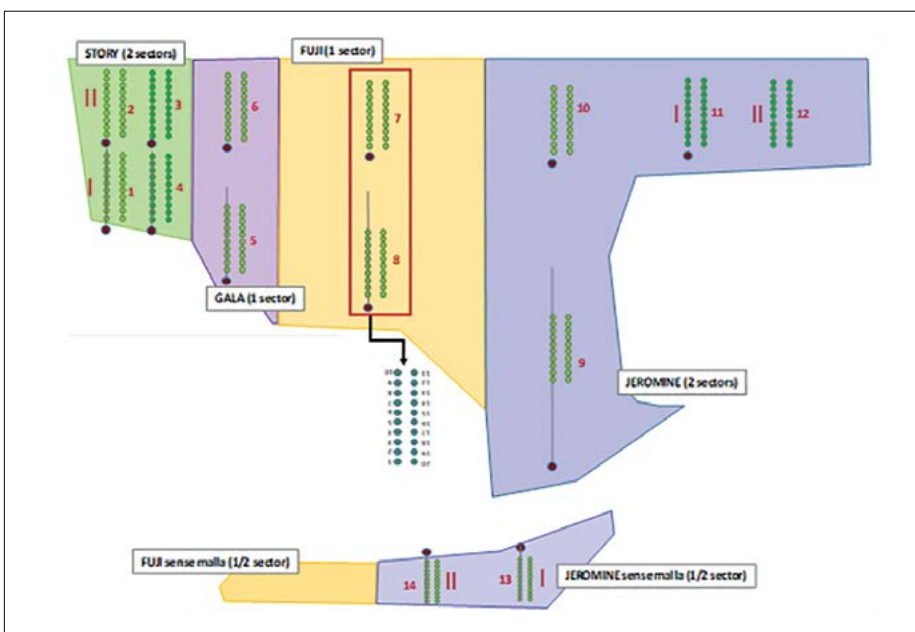


Figura1. Esquema de disseny experimental per a poma de muntanya. Font: elaboració pròpia.

En les altres varietats també s'ha plantejat la comparativa reg total – reg deficitari, però en aquests casos ha estat sempre sota malla protectora (fig. 1). S'ha observat que els resultats obtinguts en la varietat jeromine són extrapolables a les d'altres varietats.

Els resultats més rellevants d'aquesta activitat són que els requeriments hídrics de la poma de muntanya, en termes de coeficients de conreu (K_c),

són bàsicament els mateixos que els de la pomera de les zones tradicionals; que la sensibilitat de la pomera de muntanya és més rellevant al dèficit hídric que l'observada en pomeres de zones més tradicionals, el que obliga a ser més curosos amb el reg i a evitar de totes maneres dèficits hídrics persistents o intensos. Pel que fa a l'efecte de les malles protectores, aquestes redueixen en un 25% la demanda d'aigua de la pomera.

04. Activitat 2. Vinya

Tot i que la vinya ha estat un conreu típic de zones sense reg, la seva resposta al regadiu s'ha demostrat llargament positiva, sempre que s'ajusti el subministrament hídric, no als requeriments totals del conreu, sinó a evitar que en els moments més sensibles la planta pugui patir un dèficit hídric sever. Aquesta gestió de l'estat hídric de les vinyes requereix la definició d'una estratègia basada en la mesura més o menys freqüent de l'estat hídric, que és realment laboriosa de controlar ja que s'hauria de mesurar diferents vegades l'estat hídric dels ceps durant la campanya.

En el cas de la vinya un dels resultats rellevants és que en realitat la diferència en despesa hídrica entre les estratègies de reg en plena dotació o reg de suport són minses.



Detall de la finca experimental en vinya a Verdú. Foto: IRTA.



Detall de la finca experimental en vinya a Verdú. Foto: IRTA.

La parcel·la de vinya està ubicada al TM de Verdú (Urgell) (veure fotos a l'esquerra) i es va plantar entre els anys 2015 i 2016. Ocupa una superfície aproximada de 5,4 ha amb diferents varietats de raïm blanc (macabeo, xarel·lo i parellada) i quatre varietats de raïm negre (ull de llebre, cabernet sauvignon, syrah i garnatxa). Per cada varietat dels blancs hi ha 20 files d'uns 150 m de llargada de mitjana i per cada varietat dels negres hi ha unes 16 files d'uns 115 m de llargada de mitjana.

Per a cada varietat s'han plantejat dos tractaments de reg, que originàriament es van focalitzar amb les dues dotacions d'aigua de què disposaven diferents zones del canal Segarra-Garrigues (1.500 i 6.500 m³/ha i any), però que al llarg de l'evolució de projecte s'han orientat a dues estratègies (RPD: reg de plena

dotació i RS: reg de suport) basades en l'estat hídric esperat (fig. 2), on a les parcel·les d'RPD s'aporta aigua de reg per mantenir l'estat hídric en la banda definida per aquesta estratègia (banda blava de la figura 3A), sense limitació de volums d'aigua utilitzats però sense aplicar una gota extra que no sigui necessària per mantenir aquest estat hídric, i a les parcel·les d'RS es treballa amb dos condicionants: man-

tenir l'estat hídric definit (banda groga de la figura 3A) i la limitació del 1.500 m³/ha any de la dotació d'RS. Per a cada varietat s'han establert uns límits de potencial hídric lleugerament diferents on, en termes generals, les varietats de raïm blanc s'intenten mantenir en un estat hídric menys negatiu que les varietats de raïm negre. L'exemple que es presenta és particular de la varietat syrah (fig. 3B).

En aquesta vinya, i de forma intensiva, s'han ubicat sensors d'aigua al sòl en 28 localitzacions diferents (un punt de tres sensors en cada una de les 28 localitzacions que surten de tenir 7 varietats x 2 estratègies de reg x 2 repeticions). L'objectiu ha estat obtenir la relació entre el contingut de l'aigua al sòl i l'estat hídric de la planta amb la finalitat de facilitar el maneig de la vinya. Amb aquesta relació no caldria

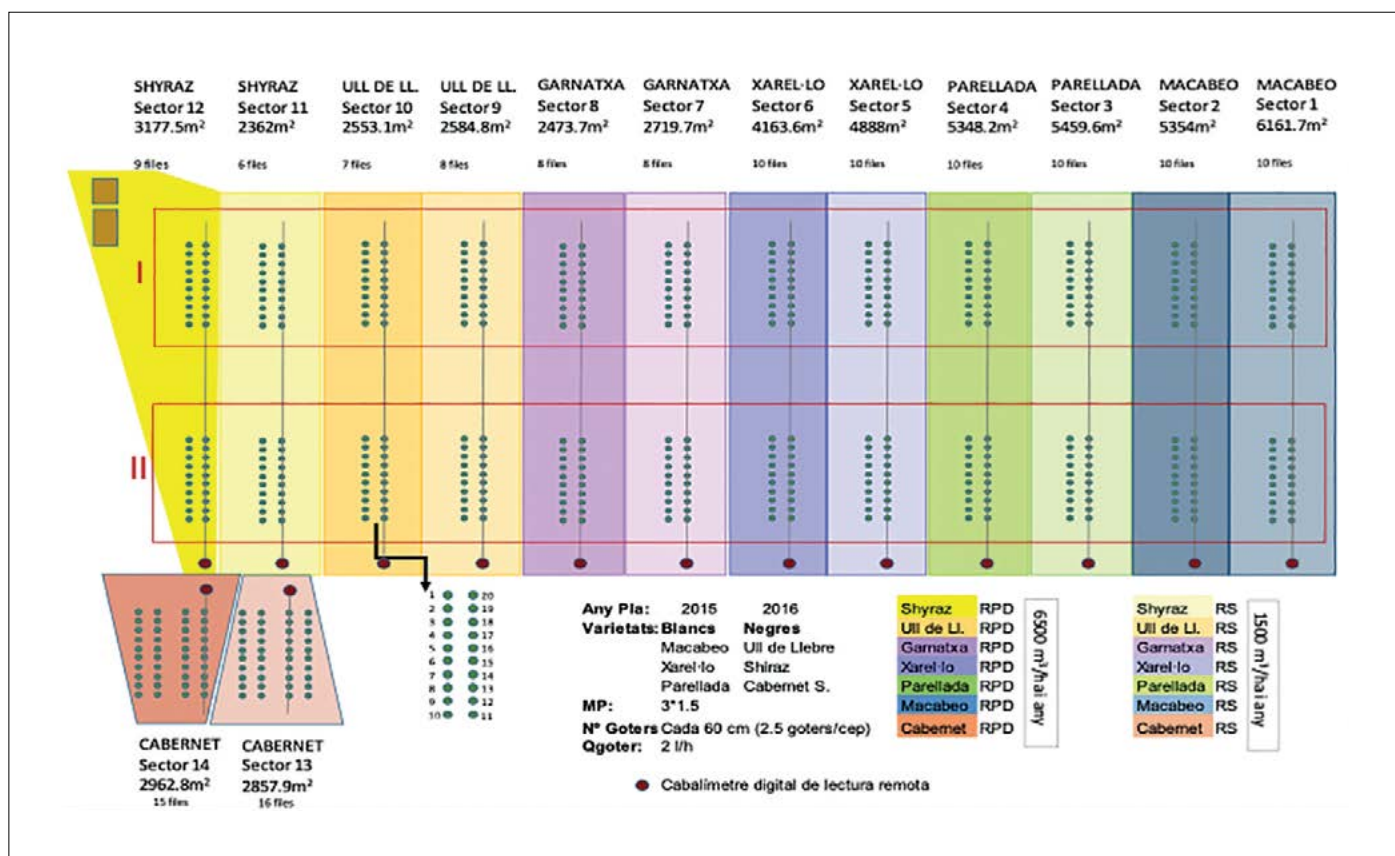


Figura 2. Esquema disseny experimental per a vinya. Font: elaboració pròpia.

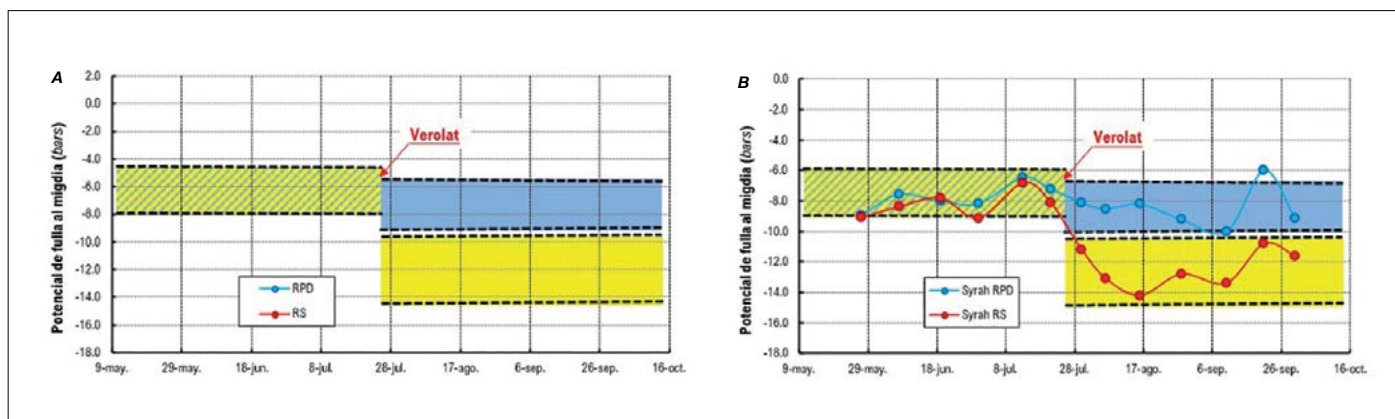


Figura 3. (A) Plantejament de zones per a on volem que es moguin els potencials d'hídric de fulla per al tractament reg de plena dotació (RPD) (blau) i reg de suport (RS) (groc) (esquerra). (B) Exemple de com s'ha concretat la seva aplicació a la varietat syrah (dreta). Font: elaboració pròpia.

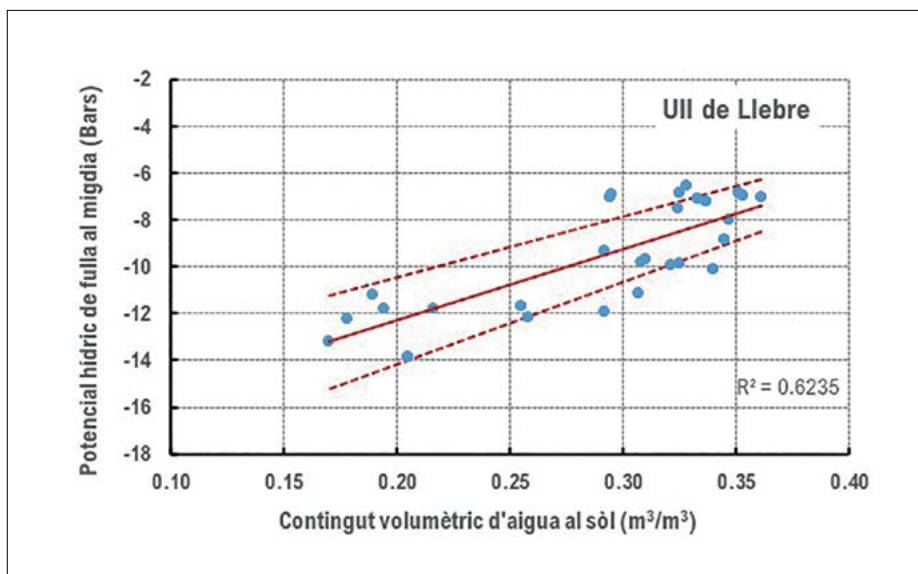


Figura 4. Relació entre el potencial de fulla al migdia i el contingut volumètric d'aigua al sòl per a la varietat ull de llebre. Font: elaboració pròpia.



Vistes de l'activitat experimental en pistatxer a Preixana. Fotos: IRTA.

fer els controls de l'estat hídric de la planta (mesura laboriosa i que requereix un equipament específic, càmera de pressió i personal entrenat per fer la mesura), i amb les dades d'aigua al sòl, mesurada amb sensors que podem llegir des del mòbil, es podrien plantejar aquestes estratègies de reg, el que les faria realment factibles per a la seva implementació a vinyes comercials.

Els resultats més rellevants d'aquesta activitat són, d'una banda, que s'està ajustant una estratègia de reg adequada a cada varietat; d'una altra, que en realitat la diferència en despesa hídrica entre les estratègies d'RPD o RS són minses, i, finalment, que es disposa de les primeres relacions entre el contingut de l'aigua al sòl (mesurada amb sensors) i l'estat hídric de la vinya (fig. 4). Disposar d'aquesta relació pot permetre que aquestes estratègies de reg siguin aplicables a la realitat de les vinyes del Segarra-Garrigues, en particular, i també a d'altres ubicacions.

05. Activitat 3. Pistatxer

El pistatxer és un cultiu relativament nou en algunes zones del Segarra-Garrigues, especialment en la seva vessant de cultiu en regadiu, i una de les característiques que el defineix és la seva lentitud a l'hora d'entrar en plena producció. Aquest és un fet remarcable en l'economia d'aquest conreu, especialment en zones de dotacions limitades d'aigua. En d'altres conreus, com l'ametller, s'ha vist que es pot accelerar el creixement vegetatiu a partir d'aplicar més aigua i mullar més volum de sòl els primer anys de la plantació, la qual cosa es tradueix en una entrada en producció més ràpida. Aquesta informació no es disposa per al pistatxer, i per tant l'objectiu particular en aquest cas és conèixer com el maneig del reg (volum d'aigua aplicada, sistema de reg i freqüència) repercuteix sobre el creixement vegetatiu del pistatxer.

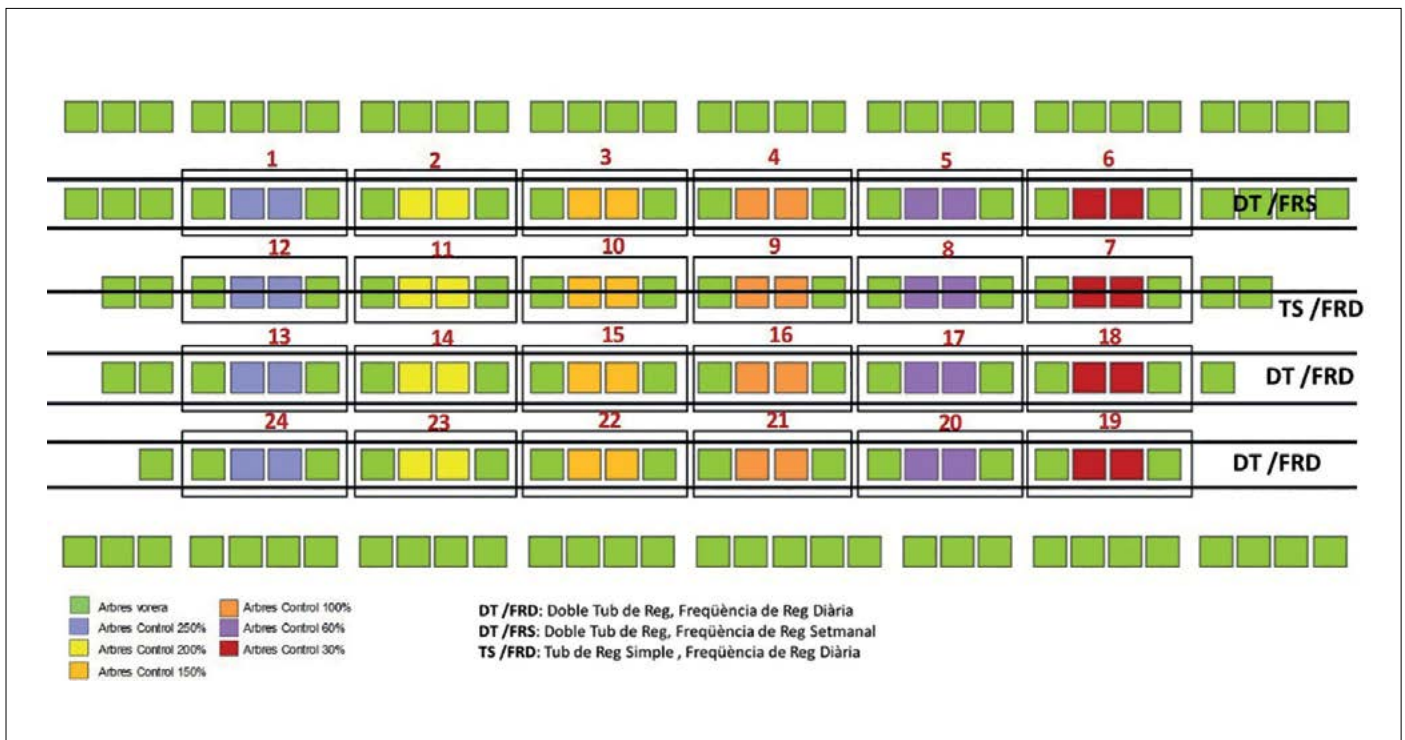


Figura 5. Esquema del disseny experimental en pistatxer. Font: elaboració pròpia.

La parcel·la de pistatxer està ubicada al TM de Preixana (Urgell) (fotos pàg. 7), es va plantar l'any 2018 en un marc de 7 x 6 m, amb la varietat kerman com a base i peter de pol·linitzador, i ocupa una superfície aproximada d'1,1 ha.

En aquesta parcel·la s'ha ubicat un disseny experimental on s'analitzen els efectes de l'aplicació de diferents volums d'aigua de reg (30%, 60%, 100%, 150%, 200% i 250% del que serien les seves necessitats teòriques), el disseny de reg (una o dues línies porta emissors per fila d'arbre) i la freqüència de reg (diari o setmanal) sobre el creixement de la planta i, per tant, de la seva potencial capacitat productiva (fig. 5).

Els resultats que hem obtingut fins ara (dos anys completament experimentals) indiquen que, a mesura que s'hi aplica més volum d'aigua, hi ha un augment notable del creixement vegetatiu, però que quan es supera la dotació equivalent a les seves necessitats teòriques no es veu aquest efecte positiu i que, en els tractaments de més alta dotació (200% i 250%), els efectes sobre el creixement són negatius.

06. Activitat 4. Olivera

L'olivera seria el conreu més històric de la zona del Segarra-Garrigues i molt adaptat a les condicions agroambientals d'aquesta zona. Amb tot, la seva posada en regadiu és relativament nova i, encara que ja es disposa de molta informació sobre el comportament d'aquest conreu en regadiu (els requeriments d'aigua i la seva resposta a volums variables d'aigua en fase productiva), no en tenim sobre els efectes del reg en el període d'entrada en producció. L'estat hídric de la planta, i per tant el seu creixement potencial, dependrà del volum d'aigua disponible i de l'estat nutricional (bàsicament nitrogen), ja que aquesta és una interacció (aigua-nitrogen) bàsica en la producció d'aquest conreu. Una altra característica bàsica de l'olivera és la seva resistència a la sequera i la seva capacitat de recuperació després d'una sequera prolongada, no obstant aquesta capacitat de recuperació no ha estat avaluada i és essencial a l'hora de determinar si arrancar o no una plantació. Sobre

En el cas de l'olivera i en la interacció estat hídric-nitrogen s'ha caracteritzat l'efecte beneficiós del nitrogen en el manteniment d'un bon estat hídric de la planta a diferents nivells de dèficit hídric.

aquests tres aspectes mencionats hi ha una manca d'informació i defineixen els objectius definits per l'olivera. El plantejament experimental en olivera s'ha fet en tres localitzacions diferents: Maials, les Borges Blanques, Maials-Llardecans.

A les Borges Blanques s'ha treballat en la recuperació d'arbres que havien sofert una sequera prolongada i intensa, a Maials en les relacions nitrogen – estat hídric i a Maials-Llardecans en la relació entre les dosis d'aigua i l'entrada en producció de l'olivera (amb un plantejament similar a descrit al pistatxer).



Detalls de diferents localitzacions de l'activitat experimental en olivera. Maials (foto superior) i Maials-Llardecans (foto inferior). Fotos: IRTA.



Activitat experimental a Borges Blanques abans (esquerra) i després (dreta) de recuperar plantes estressades per la manca d'aigua. Fotos: IRTA.

Els resultats més evidents de la tasca realitzada en aquest cultiu es centren en la recuperació de les varietats altament estressades, on es va evidenciar la importància d'iniciar la recuperació tant aviat com sigui possible a l'inici de campanya (sense massa incidència en l'estat previ de sequera a què s'hagi arribat. En la interacció estat hídric-nitrogen s'ha caracteritzat l'efecte beneficiós del nitrogen en el manteniment d'un bon estat hídric de la planta a diferents nivells de dèficit hídric. Pel que fa a la l'entrada en producció de l'olivera, aquesta activitat està encara en la fase experimental.

07. Consideracions finals

Els resultats d'aquestes activitats, pel que fa als objectius concrets esmentats, es van presentant a mesura que es disposa de prou certesa i validació tecnicocientífica.

08. Agraïments i reconeixements

Aquestes activitats formen part d'un projecte PECT (Motors Segarra-Garrigues) amb el suport financer dels Fons Europeus de Desenvolupament Regional de la Unió Europea, del Departament de Presidència de la Generalitat de Catalunya i de la Diputació de Lleida. El Projecte està liderat per l'Ajuntament de Tàrrega, amb la participació de l'Associació Acord i l'IRTA, i amb el suport de diferents empreses del sector (Grup Borges, Codorniu, Bodegues Torres, Fruits de Ponent) i el suport de diferents municipis i consells comarcals de la zona. Les activitats esmentades en aquest article han estat dirigides i realitzades pel personal investigador i tècnic del programa Ús eficient de l'aigua en agricultura de l'IRTA. Les explotacions sobre les que s'han realitzat les activitats experimentals són de titularitat privada (poma de

mntanya (Sr. Gerard Cases), vinya (Sr. Josep M. Pijoan) i pistatxer (Sr. Ramon Boleda), i olivera Maials (Sr. Joan Sabaté) o bé de titularitat pública (olivera Borges Blanques (Generalitat de Catalunya) i olivera Maials-Llardecans (Diputació de Lleida)), a tots ells agraïm la seva col·laboració.

Autoria



Dr. Joan Girona Gomis

Programa d'ús eficient de l'aigua en agricultura IRTA Lleida.
joan.girona@irta.cat

VISCA: una DSS per a la presa de decisions en viticultura

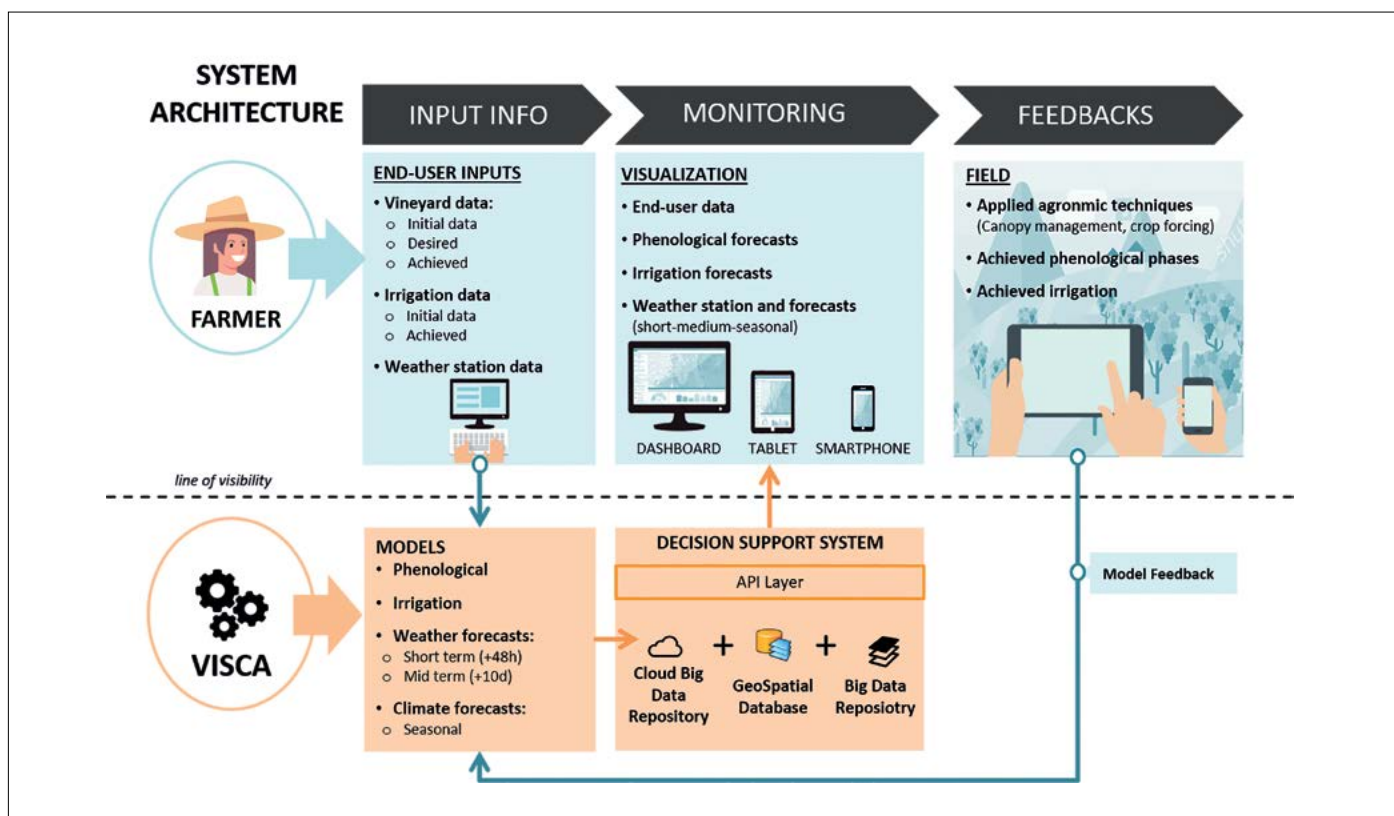


Figura 1. Esquema bàsic de VISCA. Font: <https://visca.eu/index.php/the-project-2>

01. Introducció

La quantificació dels fluxos que componen el balanç d'aigua a diferents escales de manera freqüent i precisa és, ara com ara, un dels grans avenços en el maneig del reg. La disponibilitat d'imatges procedents de diferents fonts (satèl·lits, drons) o l'ús de sensors en planta permeten obtenir informació del cultiu relacionada amb l'evapotranspiració (ET), l'evolució dels coeficients de cultiu (Kc) o la variabilitat de la parcel·la (mapes de vigor) en una alta resolució temporal i espacial. S'espera que l'avanç de la internet de les coses incrementi el volum de dades disponibles. El

repte actual no està per tant en la disponibilitat de dades, sinó en el maneig.

Les eines d'ajuda a la presa de decisions (DSS per les sigles en anglès) a l'agricultura s'han posicionat com una solució eficaç per interpretar de manera ràpida i coherent les dades procedents de diferents plataformes. Podem definir una DSS per a agricultura com un sistema informàtic capaç d'integrar informació des de diferents fonts i que ajuda els agricultors a la presa de decisions (Zhai et al., 2020). Les DSS contenen models matemàtics desenvolupats sobre la base de l'evidència científica, que permeten simular la resposta del cultiu da-

vant de diferents estímuls sobre la base de les dades disponibles. Hi ha multitud d'exemples a la literatura sobre DSS per a la gestió del reg (Gallardo et al., 2020; Maria Domínguez-Nino et al., 2020). En aquest dossier parlarem sobre VISCA, una DSS per a vinya en el desenvolupament de la qual va participar el departament d'ús eficient de l'aigua d'IRTA.

02. El projecte VISCA com a exemple de DSS

El projecte Vineyards' Integrated Smart Climate Application (VISCA) va ser un projecte cofinançat dins del programa de l'EU Horizon 2020, amb una dotació

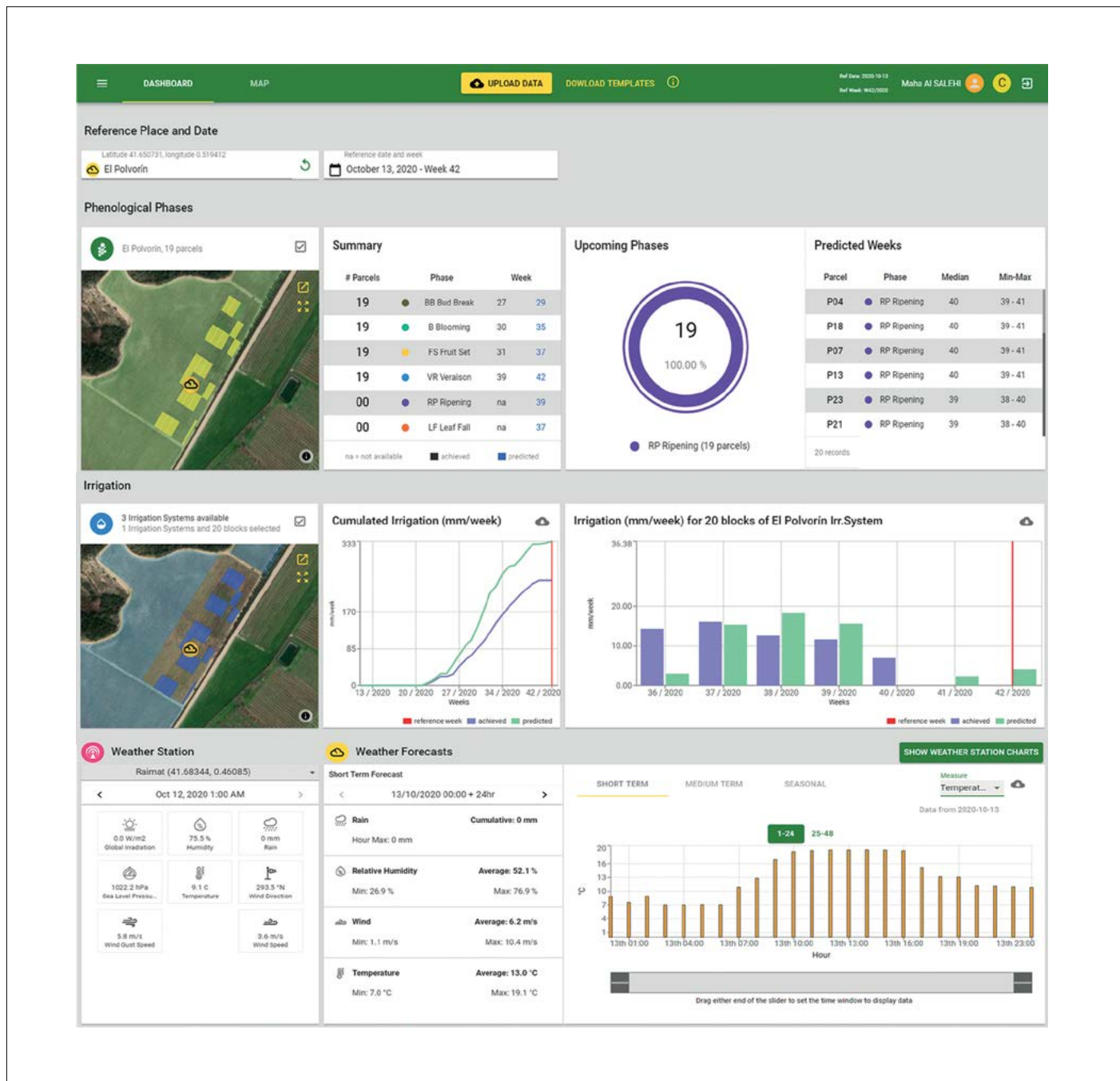


Figura 2. Panell frontal de l'eina. Al primer panell s'obtenen les prediccions fenològiques. Al segon obtenim les prediccions de necessitats de reg a una setmana vista i al tercer panell obtenim els valors de prediccions meteorològiques a diferents escales temporals (48 hores, 2 setmanes, 6 mesos). Font: <https://visca.eu/index.php/the-project-2>

de 3,2 M€. El consorci el conformaven 11 membres que pertanyen a centres de recerca públics, universitats i empreses privades. El principal objectiu del projecte va ser el desenvolupament d'una DSS específica per a la vinya que combinés models agronòmics amb prediccions climàtiques a diferents escales temporals, per a l'estimació de la fenologia i les necessitats de reg. El resultat final va ser una eina de fàcil ús que permet la

consulta de dades climàtiques i agronòmiques de forma ràpida. El desenvolupament de la DSS es va fer en estreta col·laboració amb els viticultors que formaven part del consorci. D'aquesta manera es va aconseguir desenvolupar una eina adaptada a les necessitats. VISCA DSS conté dos nivells ben diferenciats (fig. 1). Un nivell visible on el productor interactua amb l'eina, afegint o descarregant dades, i un nivell no visi-

Podem definir una DSS per a agricultura com un sistema informàtic capaç d'integrar informació des de diferents fonts i que ajuda els agricultors a la presa de decisions.

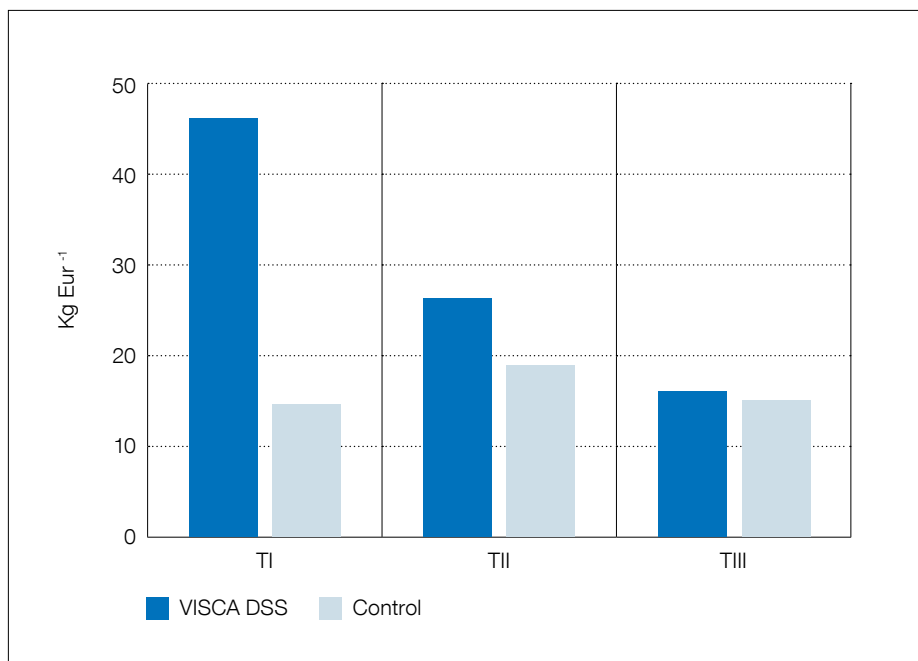


Figura 3. Comparació de quilos d'arrel per cost de mm d'aigua aplicat a tres tractaments de poda tardana quan es va fer servir la DSS (VISCA DSS) o es va seguir el protocol habitual de maneig de reg (control). Font: elaboració pròpia.

ble que inclou els models de simulació i les dades geoespacial. Aquest nivell no visible utilitza les dades provinents de diferents fonts per donar prediccions de necessitats de reg, evolució de la fenologia o taxes d'acumulació de sucres de manera continuada.

La figura 2 mostra la pantalla de visualització de la DSS. Al primer panell es tenen les dades per a la predicció estacional (a sis mesos vista) de diferents fases fenològiques. Al segon panell es mostren les prediccions de necessitats de reg per a la setmana entrant, i també el volum d'aigua aplicat fins a la data de consulta. Finalment, el tercer panell mostra dades de clima actuals i les prediccions a diferents escales temporals (hores, setmana i sis mesos).

03. Resultats

Un dels grans reptes dins del projecte va ser la integració de la DSS a la rutina de treball dels viticultors. Després d'un període de discussió amb els viticultors, vam arribar a la conclusió que el temps mitjà de dedicació a la DSS no havia de superar els 15 minuts (sense incloure-hi el temps necessari per intro-

duir les dades relatives a la configuració de la parcel·la, que es feien una sola vegada). Si la complexitat dels models o la interfície gràfica obligava els viticultors a romandre més temps per obtenir resultats de la DSS, perdien l'interès en l'eina. Aquest fet va condicionar el tipus de model que s'implementaria a la DSS. Havia de mantenir un equilibri entre el nombre de dades necessàries per funcionar i la capacitat predictiva. Un cop solucionada aquesta barrera, l'ús de la DSS per prendre decisions va mostrar resultats positius. La figura 3 mostra el quocient entre rendiment i cost de reg per a tres tractaments de poda tardana. Al gràfic es comparen els resultats obtinguts a l'hora d'utilitzar l'eina de gestió de reg integrada a VISCA o mantenir una programació sobre la base de l'experiència (tractament control). L'ús de l'eina quan s'implementava un maneig de poda nou va donar resultats molt positius; especialment, si tenim en compte que el tractament control el manejava un regant amb àmplia experiència. Aquest resultat exemplifica les potencialitats que la integració de les DSS dins del maneig diari de l'explotació poden tenir per millorar l'eficiència en l'ús de l'aigua.

04. Reflexions

Encara que el desenvolupament de DSS té un recorregut ampli, la seva integració dins la presa de decisions de les explotacions no està tan estesa. Els nous avenços en *big data*, la intel·ligència artificial o l'internet de les coses prometen noves potencialitats per a l'agricultura. En aquest context de digitalització del sector agrari, la integració de les DSS dins del maneig de les explotacions permetrà als productors afrontar amb més confiança els reptes a què s'enfronta l'agricultura del futur.

Per saber-ne més

GALLARDO, M., ELIA, A. i THOMPSON, RB, 2020. *Agricultural Water Management*, 240.

MARIA DOMINGUEZ-NINO, J., OLIVER-MANERA, J., GIRONA, J. i CASADESUS, J., 2020. Differential irrigation scheduling per automatitzat algoritme de water balanç tuned per capacitance-type soil moisture sensors. *Agricultural Water Management*, 228.

ZHAI, ZY, MARTINEZ, JF, BELTRAN, V. i MARTINEZ, NL, 2020. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170.

Projecte VISCA: <https://visca.eu/>

Autoria



Omar García Tejera

Investigador post Doctoral
Departamento de Ingeniería Agraria y del Medio Natural de la Universidad de La Laguna (ULL).
ogarcia@ull.edu.es

CONTROL AUTOMATITZAT DEL REG I LA FERTIRRIGACIÓ, a través de la interoperabilitat entre sistemes facilitada per l'IoT

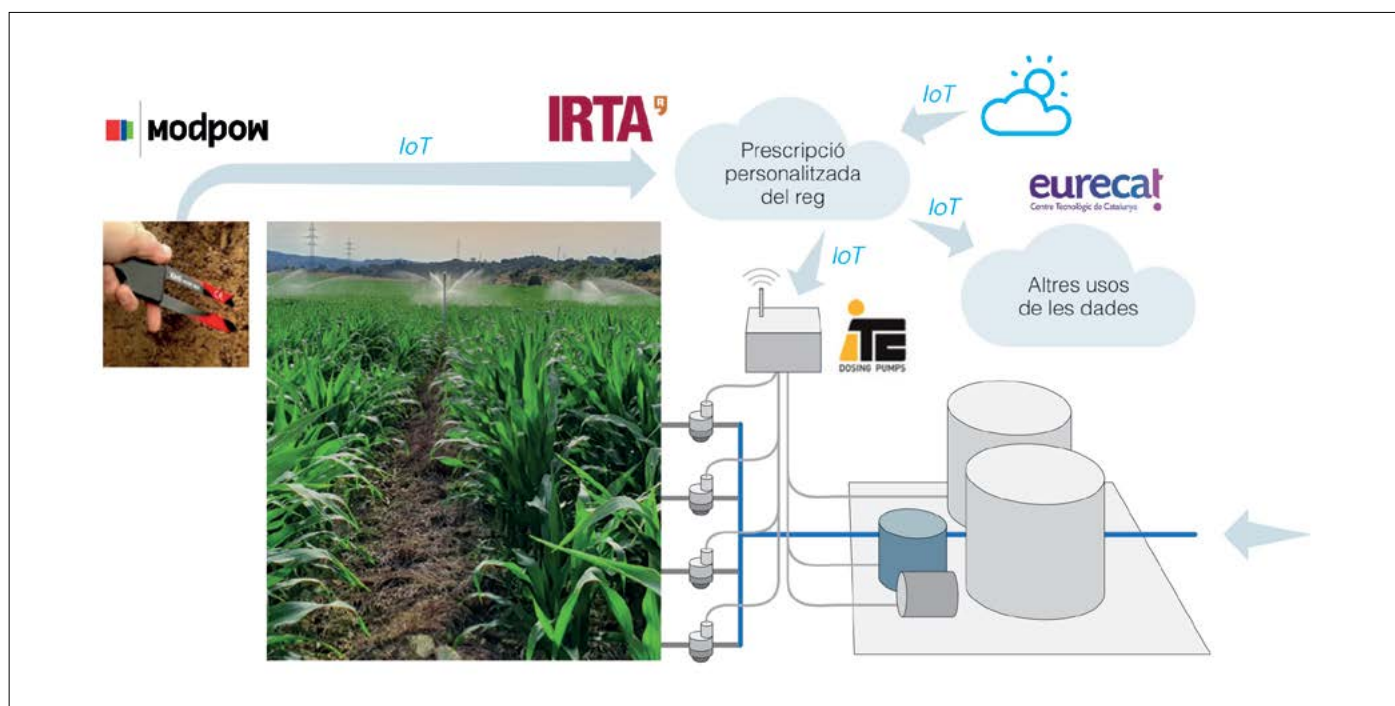


Figura 1. Esquema d'interconnexió entre sistemes per a l'execució de reg i fertirrigació. Font: elaboració pròpia.

01. Introducció

La gran majoria de parcel·les amb reg pressuritzat estan equipades amb un programador de reg. És un aparell, sovint connectat a Internet, que coordina el comandament de vàlvules i altres components de la instal·lació de reg, per tal d'executar els programes de reg i de fertirrigació. El repte per als regants és preparar els programes de reg i anar-los actualitzant al llarg de la campanya segons la meteorologia, el creixement dels cultius, l'estat d'humitat del sòl, etc. A això, hi poden ajudar altres tecnologies digitals, com són els sensors d'humitat del sòl i les eines de recomanació de reg. La situació ideal seria que aques-

tes tecnologies s'entenguessin entre elles per tal de, entre totes, fer més fàcil i precisa la programació dels regs. Ara bé, aquesta no és la situació habitual, ja que per a cadascuna de les tecnologies pot haver-hi diferents proveïdors al mercat que no siguin compatibles. Així doncs, tenim l'oportunitat d'aplicar, de manera coordinada, una combinació de tecnologies per dur a terme un reg de precisió, però la posada en pràctica s'enfronta a la dificultat d'intercanviar les dades entre aplicacions que s'han desenvolupat i posat al mercat per separat. Ens trobem davant d'un problema d'interoperabilitat entre sistemes. Més enllà de l'agricultura, aquests pro-

blemes d'interoperabilitat entre aplicacions i dispositius es donen en qual-sevol àmbit. El paradigma de l'Internet de les coses (IoT, de l'anglès *Internet of Things*) planteja el desplegament d'una gran quantitat de dispositius, que siguin identificables i que puguin comunicar-se entre ells a través dels protocols habituals d'Internet. Per això, l'IoT posa molt d'èmfasi en aspectes d'interoperabilitat. En aquest context, dins del projecte Internet dels conreus extensius (IoECrops) es va abordar un cas d'estudi d'interoperabilitat entre els principals dispositius i sistemes digitals implicats en el reg i la fertirrigació. Per facilitar la interoperabilitat entre diferents sistemes digitals implicats en el control del reg i la fertirrigació, el pro-



Punts de mostreig de la humitat del sòl i de la pluviometria. Fotos: IRTA.

jecte loECrops va analitzar els requeriments de la mesura a camp, la prescripció i l'execució dels regs, per estudiar quins fluxos de dades es poden establir entre ells. Per fer-ho es va proposar una formalització de les seves interaccions i de les dades a intercanviar, es va implementar la proposta i finalment es va avaluar en una prova pilot. L'objectiu era demostrar la viabilitat de definir unes interfícies independents del fabricant, que permetessin l'intercanvi de dades entre els diferents sistemes implicats en el control de reg i la fertirrigació per a la seva automatització.

02. Proposta d'interoperabilitat

La interoperabilitat es va abordar a través de la definició de diverses API que especifiquessin cadascuna de les interaccions previstes entre els diferents sistemes. Una API (de l'anglès, *Application Programming Interface*) consisteix en l'especificació de com es pot usar una determinada funcionalitat d'un sistema digital, com se li han de passar els paràmetres d'entrada i com retorna els resultats. Això afecta el disseny i la implementació de qualsevol solució digital, però és transparent per als agricultors i tècnics que les usen. Aprofitant estàndards *de facto* i propostes d'altres àmbits, les API implementades es van basar en l'arquitectura REST, i utilitza-

ven JSON per formatar les dades. Però el més important va ser l'evolució d'un model de dades semàntic, específic per a l'àmbit del reg, basat en l'ontologia SAREF4AGRI¹ d'ETSI i en l'estàndard SensorThings² de l'Open Geospatial Consortium. Aquest nou model de dades permetia l'intercanvi de dades entre sistemes de forma fiable i sense confusions en la seva interpretació. D'una banda, es va definir com havia de ser la petició i transmissió de dades entre una solució IoT de sensors genèrica i un sistema de prescripció de reg. D'altra banda, es va definir com havia de ser l'enviament de prescripcions de reg i fertirrigació a un controlador de reg genèric. Les API desenvolupades posen èmfasi en interaccions entre sistemes que es necessiten fer de manera periòdica, en general una vegada o més al dia, i que per tant cal que s'executin de manera automatitzada, sense intervenció de cap operari, però també altres interaccions descriptives de la tecnologia utilitzada a cada sistema i que en permeten la configuració. Aquestes API es van implementar en quatre sistemes informàtics: 1) la plataforma IoT de sensòrica de ModPow, 2) el sistema de prescripció de reg IriDesk, de l'IRTA, 3) la plataforma de gestió dels programadors de reg, d'ITC, i 4) la plataforma d'integració de dades d'loECrops, d'Eurecat. Els quatre sis-

temes van implementar exactament la mateixa API, fet que deixava entreveure la replicabilitat que podia tenir aquella API en qualsevol altre sistema de gestió de reg (plataforma de sensors, recomanador de reg, programador de reg, etc.).

Cal mencionar que en el cas de l'API del programador de reg, es va optar per transmetre prescripcions d'alt nivell, corresponents als mm de reg i unitats de fertilització a aplicar, que són realment les unitats rellevants des del punt de vista agronòmic. No hi havia constància de cap model de programador que fos capaç de rebre programacions en aquestes unitats, sinó que havien de rebre consignes de més baix nivell, com ara temps d'actuació o volum a aplicar per una bomba o vàlvula, cosa que obliga l'usuari a fer els càlculs necessaris entre el que demana la lògica agronòmica i el que entén el programador de reg.

03. Preparació de la prova pilot

La funcionalitat d'interoperar a través de les API proposades es va avaluar en una parcel·la pilot situada a Sanaüja, el 2020, al llarg d'un cicle de cultiu de blat de moro. Era una parcel·la de 4,5 ha, amb sòl de textura franca i profunditat variable entre 0,7 i més de 2 m. Prèviament, durant la campanya

¹ <https://saref.etsi.org/saref4agri/v1.1.2/> ² <https://www.ogc.org/standards/sensorthings>

de 2019, es van instal·lar tres punts de control amb enregistradors de dades de Modpow, cadascun amb tres sensors d'humitat del sòl (METER TEROS 10), a 20, 45 i 65 cm, i un pluviòmetre per mesurar la pluja més el reg per aspersió. La ubicació es va basar en la topografia i la variabilitat observada als sòls de la parcel·la. Les mesures recollides eren empaquetades i enviades via sòcol (*socket*) TCP amb encriptació i mitjançant un enllaç de comunicacions mòbils 2G/3G/LTE al servidor al núvol que s'encarregava del manteniment de les comunicacions amb els equips a camp i la gestió de les dades rebudes.

El sistema de reg es tractava d'una nova instal·lació de reg per aspersió, posada en marxa el 2019, dividida en 15 sectors. El capçal de reg estava equipat amb un controlador d'ITC, model Water Controller 3000, connectat a través de 3G amb la plataforma ITC-Cloud Manager. Aquest programador permetia definir un temps de reg específic per ajustar independentment la pluviometria i la quantitat de fertilitzant per a cada sector. El fertilitzant (32% N) s'incorporava a la xarxa de reg de manera proporcional. Això vol dir que es definia un valor de proporció entre fertilitzant i aigua que el controlador s'encarregava de mantenir durant tot el reg. A més de les API comentades, el sistema de prescripció també usava l'API del Servei Meteorològic de Catalunya per obtenir cada dia les dades meteorològiques actualitzades (estació agrometeorològica d'Oliola).

Abans de començar la campanya de reg, a través del sistema IrriDesk es va establir un pla de reg i fertirrigació específic per a aquesta parcel·la. Aquesta tasca va partir de les dades de meteorologia històriques de la zona (estacions agrometeorològiques d'Oliola i de Solsona), dels mostrejos de sòl realitzats, i també d'informació aportada per l'agricultor. Totes les tasques agronòmiques, així com la configuració inicial dels horaris de reg, les va dur a terme el mateix agricultor.

04. Execució de les proves

Des del dia de sembra, el 10 de maig, fins el 15 d'octubre, el sistema va anar generant prescripcions diàries de reg i fertirrigació de forma autònoma, sense intervenció de cap operari, basades en: 1) el pla de campanya preparat prèviament, 2) les dades meteorològiques en línia del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), i 3) les dades d'humitat de sòl i pluviometria dels aspersors mesurats a la mateixa finca. El sistema de prescripció consultava quatre vegades al dia les API de la plataforma de sensors i de l'SMC per obtenir-ne les dades i, una vegada al dia, a la matinada, les processava per decidir les noves prescripcions de reg, que enviava a l'API de la plataforma de control de reg. L'assaig va haver de fer front a diversos factors externs, que van posar a prova la tolerància a fallades del sistema. Entre elles, inclemències meteorològiques, interrupcions en l'alimentació elèctrica i desperfectes per la fauna en els sensors. Tot això no va impedir que els diversos sistemes seguissin interactuant de la manera esperada. Finalment, l'API de la plataforma loE-Crops permetia fer

un control global dels recursos utilitzats i un seguiment de les alertes generades.

05. Resultats

Per al conjunt de campanya, el reg aplicat va acabar sent de 4,780 m³/ha de mitjana, amb una forquilla entre 4.080 i 5.880 m³/ha depenent dels sectors. La fertirrigació aplicada va ser de mitjana 47 UFN/ha, amb una forquilla entre 40 i 61 UFN/ha. Es va obtenir una collita de 16.500 kg/ha, que és una producció prou alta per a aquesta zona, i més si ens fixem en el volum d'aigua i adobs aplicats. La productivitat de l'aigua de reg va ser de 3,45 kg de collita per m³ d'aigua de reg, afavorida per l'abundosa pluja rebuda durant el mes de juny. La productivitat de l'N va ser incerta de calcular degut a la incertesa en l'N aportat per altres vies.

Pel que fa als resultats tècnics, aquest assaig va poder demostrar que els diversos sistemes implicats en el control del reg basat en dades poden interoperar a través de unes API genèriques, independents del fabricant, tal com les definides al projecte. De manera més



Capçal de reg amb el programador, els sensors de cabal, pH i conductivitat. Foto: IRTA.



Esquema de la parcel·la pilot. Els polígons amb contorn groc i els números indiquen els sectors de reg. Els cercles vermells, els punts de monitoratge amb sensors. Els cercles verds, els mostresjos per a analítiques de sòl. Font: elaboració pròpia.

concreta, tant l'API per obtenir dades de sensors com l'API per enviar prescripcions de reg i fertirrigació van resultar efectives per a la funcionalitat que se n'esperava. Amb aquestes API es va poder completar diàriament el bucle de control de reg i fertirrigació, de manera autònoma i passant cada dia a través dels sistemes informàtics de les diferents organitzacions implicades.

L'assaig també va permetre validar la implementació d'un programador de reg "intel·ligent", que fos capaç de rebre prescripcions de reg i fertirrigació d'alt nivell, en mm de reg i unitats de fertirrigació a aplicar. Aquesta prestació permet simplificar molt l'API, sobretot pel que fa a la fertirrigació, ja que si s'hagués basat en l'enviament de consignes de baix nivell (actuació de vàlvules, bombes dosificadores, etc.) hauria estat necessari implementar un intercanvi d'informació, força complex, sobre la configuració de cada capçal de reg. De la manera escollida, els detalls es gestionen en la plataforma dels programadors de

reg, que és on es coneixen de primera mà, cosa que també ho fa més fiable. A més, això pot facilitar l'entrada de consignes per a l'usuari.

06. Conclusions

Com a conclusió, en el projecte loE-Crops s'ha proposat una API per a la interoperabilitat màquina a màquina entre els diversos sistemes que poden intervenir en la supervisió i control del reg. L'API s'ha provat viable a escala tècnica i agronòmica. El resultat és que facilita la interconnexió de sistemes per tal de proporcionar funcionalitats digitals avançades de control de reg i fertirrigació.

07. Agraïments

loECrops – Internet dels conreus extensius és un projecte d'R+D de la Comunitat RIS3CAT de Tecnologies de la Producció Agroalimentària (COPTA). Ha estat finançat pel Fons Europeu de Desenvolupament Regional de la Unió Europea en el marc del Programa Operatiu FEDER de Catalunya 2014-2020.

Autoria



Jaume Casadesús Brugués

Programa d'ús eficient de l'aigua en l'agricultura.
IRTA Lleida.

jaume.casadesus@irta.cat



Àlex Sala Serra

Co-fundador de Modpow.
Assessor.

asala@modpow.es



Xavier Corbella Cordoní

Enginyer
Gerent ITC

xavi@itc.es



Josep Pijuan Parra

Investigador
Eurecat

josep.pijuan@eurecat.org

REG DE PRECISIÓ

en una parcel·la comercial de fruiters

01. Introducció

L'aigua és un recurs escàs i és obligatori fer-la servir de forma responsable. Els problemes derivats de la manca d'aigua probablement augmentaran si les prediccions a mitjà i llarg termini sobre el canvi climàtic són correctes. Els registres meteorològics suggereixen augmentos significatius de la temperatura i una disminució de la precipitació anual, fet que implicarà una reducció dels recursos hídrics disponibles al segle XXI; encara que el canvi climàtic no farà sinó accentuar una situació habitual en zones semiàrides de la Península Ibèrica com són les sequeres periòdiques i la competència creixent pels recursos hídrics, que s'accentua als regadius. En aquest sentit, les tecnologies de la informació i la comunicació s'han convertit en una eina fonamental per fer una gestió òptima del reg, ja que permet utilitzar de manera més eficient els recursos productius (aigua, energia, fertilitzants) a les finques.

El balanç hídric és el mètode més utilitzat per determinar les necessitats de reg d'un cultiu, on s'han d'equilibrar les aportacions d'aigua al sistema sòl-planta amb els resultats esperats (Allen *et al.*, 1998). El mètode del balanç hídric presenta l'avantatge d'establir una relació directa entre les necessitats hídriques i les condicions climàtiques. Tot i això, compta amb l'inconvenient de no considerar les possibles desviacions entre els valors estimats i els consums reals provocats per les condicions particulars de la parcel·la, que produirà un error sistemàtic que s'anirà acumulant al llarg del cicle de cultiu. Una alternativa al balanç hídric és l'ús de sensors d'humitat per controlar el reg, que té com a principal avantatge poder ajus-

tar el reg a les necessitats d'una parcel·la específica. Tot i això, el control del reg basat en sensors presenta alguns inconvenients com ara el risc derivat de les avaries, la variabilitat en els mesuraments i la dificultat d'interpretar els sensors, especialment per al reg per degoteig, on la distribució de l'aigua és heterogènia. En general, els mètodes de balanç hídric i el control del reg mitjançant sensors presenten avantatges i desavantatges complementaris, per la qual cosa combinar ambdós mètodes sembla un bon enfocament per millorar l'eficiència de l'aigua de reg als sistemes agrícoles: determinar la dosi de reg a partir d'un model de balanç hídric per mitjà de sensors per ajustar aquest model a la situació real de cada parcel·la.

Els sistemes més simples que s'han

utilitzat en la programació de reg automatitzat consisteixen a activar o desactivar el reg quan els mesuraments del sensor estan per sobre o per sota d'uns valors líndars predefinits (Luthra *et al.*, 1997; Miranda *et al.*, 2005). Un enfocament més complet consisteix a combinar el mètode del balanç hídric amb sensors d'humitat del sòl o de la planta, de manera que es pugui estimar l'evapotranspiració de cultius (ETc) amb un reajustament posterior de l'estimació de l'ETc mitjançant sensors d'humitat de sòl (Casadesús *et al.*, 2012, Millán *et al.*, 2020). Aquestes eines, que poden ser d'especial interès en sistemes agrícoles amb valor alt, com ara fruiters o hortícoles d'hivernacle, tenen un potencial encara més gran en sistemes agrícoles que requereixen un maneig de reg molt controlat, com és el reg deficitari regulat (RDI).

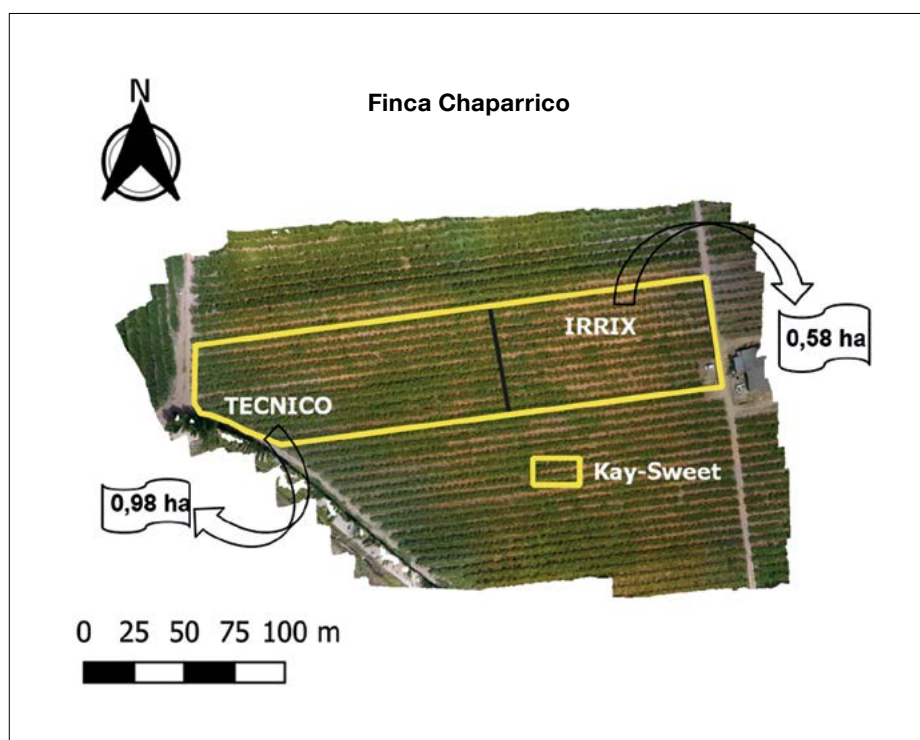


Figura 1. Parcel·la d'estudi. Imatge: CICYTEX

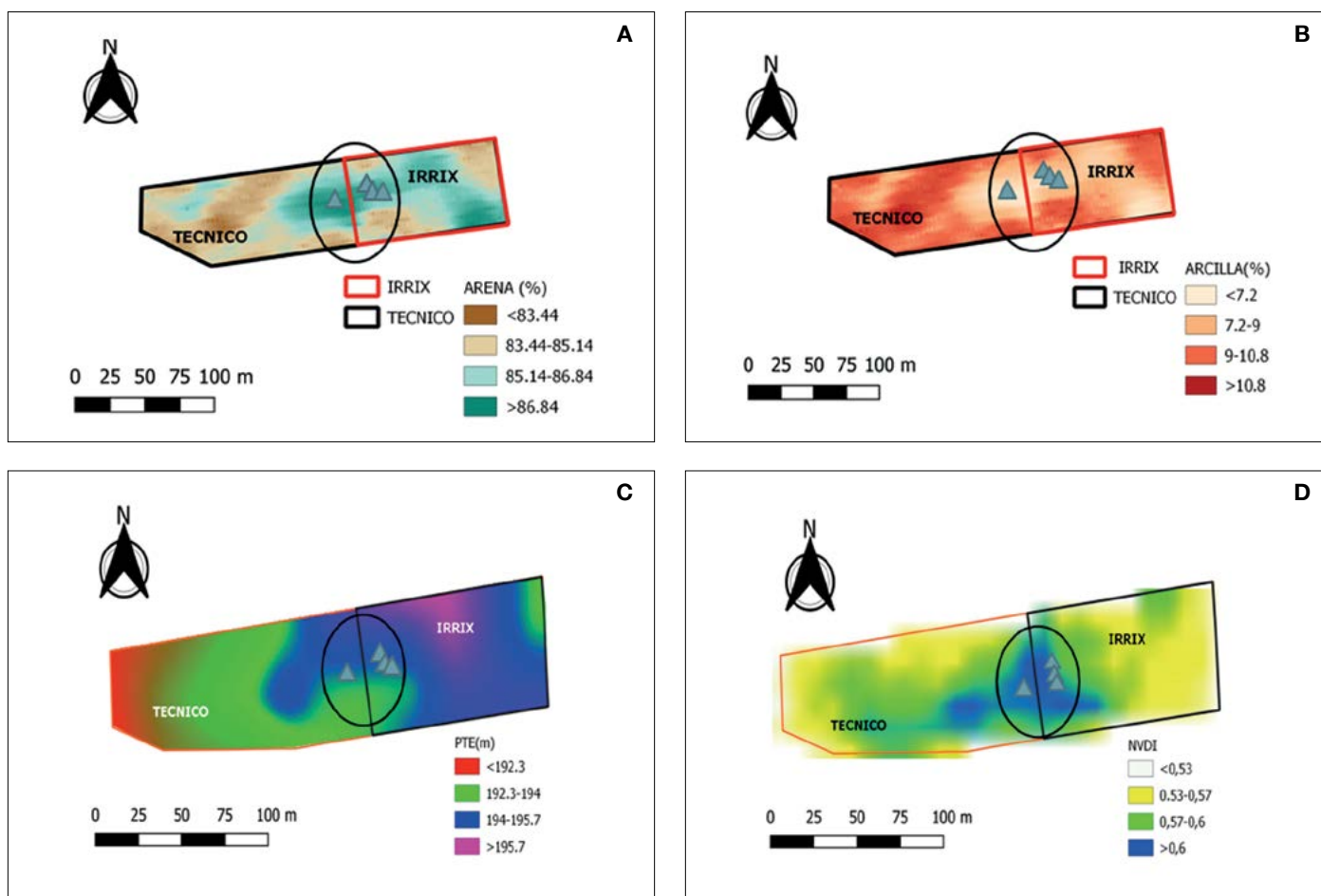


Figura 2. A) Mapa de percentatge desorra en ambdós sectors de reg, B) Mapa de percentatge d'argila C) Mapa pendents D) Mapa de NDVI. Els triangles indiquen els punts de control d'humitat de sòl seleccionats. Font: elaboració pròpia.

02. Objectiu

L'objectiu d'aquest estudi és l'ajust i la validació d'un sistema de reg automatitzat (IRRIX) que integra el mètode del balanç hídric amb mesuraments en continu de la humitat de sòl en una parcel·la comercial de nectarines. Un aspecte singular d'aquest treball és que aquesta programació preveu, entre d'altres, l'aplicació d'una estratègia de RDI.

03. Cas d'èxit: Utilització de la plataforma web IRRIX per dur a terme un reg automatitzat en una parcel·la comercial de nectarines

03.01 Parcel·la d'estudi

L'estudi es va realitzar el 2018 i 2019, en una varietat de nectarina de ma-

duració primerenca Kay-Sheet (1,56 ha), a la parcel·la comercial "Finca El Chaparrito", (fig. 1) pertanyent a l'empresa Haciendas Bio SA, ubicada a Pueblonuevo del Guadiana, Badajoz (latitud 38°56'13.59"N, longitud 6°45'21.98"O, dada WGS84), Espanya. Els arbres es van plantar a la primavera de 2009 a una distància de 5x3 m, en una orientació de fileres est-oest. Les nectarines es regaven diàriament usant un sistema de degoteig amb una sola línia lateral per filera d'arbres ubicada a 0,5 m de la base de l'arbre, y utilitzant emissors amb una taxa de descàrrega de 2,2 l/h, espaiats 0,5 m. Dins la mateixa plantació es van diferenciar dues zones (TÈCNIC i IRRIX) amb vàlvules de reg diferents per gestionar el reg de manera independent.

A la zona TÈCNIC, la programació de reg es realitzava segons els criteris es-

tablerts pel tècnic de la finca (0,98 ha). Per fer els càlculs de reg, feia servir l'evapotranspiració de referència (ETO) obtinguda d'una estació agrometeorològica propera pertanyent al REDAREX (<http://redarexplus.gobex.es>) i el coeficient de cultiu (Kc) adaptat al cultiu i plantació. El reg es va programar per cobrir les necessitats hídriques del cultiu en precollita, i des de collita fins a l'inici de caiguda de fulles va rebre el 75% de les necessitats hídriques calculades (ETc). A l'altra zona IRRIX, el reg es va programar de manera totalment automatitzada a través de l'aplicació IRRIX (0,58 ha), a la qual es va facilitar un pla estacional de reg que reproduïa els criteris dels tècnics de la finca.

03.02 Caracterització de la variabilitat espacial de la parcel·la

Abans de l'inici de l'assaig es va fer un

estudi de la variabilitat espacial de la parcel·la per determinar quina era la zona més idònia per situar el sistema de reg automatitzat. Se'n va analitzar la variabilitat espacial tant a terra com a planta per identificar un punt en ambdues zones que presentessin característiques similars. Per això es va mesurar la conductivitat elèctrica aparent del sòl (CEa) a dues profunditats diferents (0-30 cm i 0-130 cm); aquesta mesura permet relacionar la CEa amb les característiques texturals del sòl. Aquesta mesura es va obtenir amb el sensor Dualem- 1S arrossegat per un quad per tota la superfície de la parcel·la. Per relacionar la CEa del sòl amb la seva textura, es va fer un mostreig de sòl en 46 punts de la parcel·la a dues profunditats (0-30 cm i 30-60 cm), i mitjançant l'ús de tècniques geoestadístiques es van elaborar mapes de sorra i argila (fig. 2A i 2B). A més, es va fer servir un mapa de pendent (fig. 2C) i un mapa de l'índex de vegetació normalitzat (NDVI) (fig. 2D) obtingut del satèl·lit Sentinel-2(ESA). Es va observar que la zona de la parcel·la més propera a la línia que separava ambdós sectors de reg era la zona de la parcel·la que presentava característiques similars quant a pendent (194-195,7), sorra (>86%), argila (>7,2 %) i NDVI (>0,6). En conseqüència, es va determinar que aquesta zona era la més idònia per a la instal·lació del sistema de reg automàtic (IRRIX), i també el punt en què el tècnic realitzava els mesuraments per monitoritzar la parcel·la (TÈCNIC). A la zona IRRIX, es van seleccionar tres punts de control en els quals es van instal·lar cinc sensors d'humitat 10HS (Decagon Devices Inc.) a diferents profunditats i ubicacions en relació amb la posició dels degotadors: sota degotador a 30 i a 60 cm de profunditat i entre degotadors a 30 i 60 cm. S'hi va instal·lar també un sensor de temperatura de l'aire, una vàlvula solenoide i un relé. Aquest conjunt de sensors va ser connectat a un registrador de dades CR1000 (Campbell Scientific

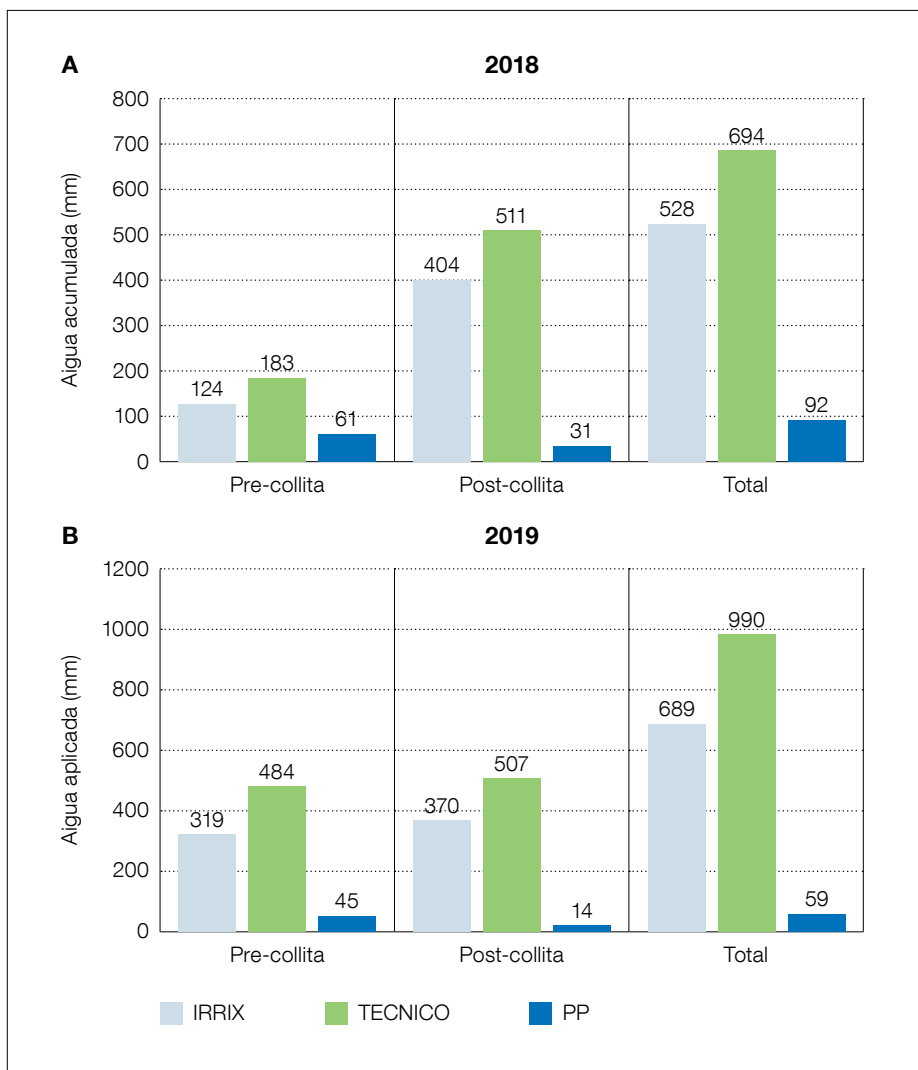


Figura 3. A) Aigua aplicada l'any 2018, zona TÈCNIC i IRRIX, B) Aigua aplicada l'any 2019, zona TÈCNIC i IRRIX. PP correspon a la precipitació. Font: elaboració pròpia.

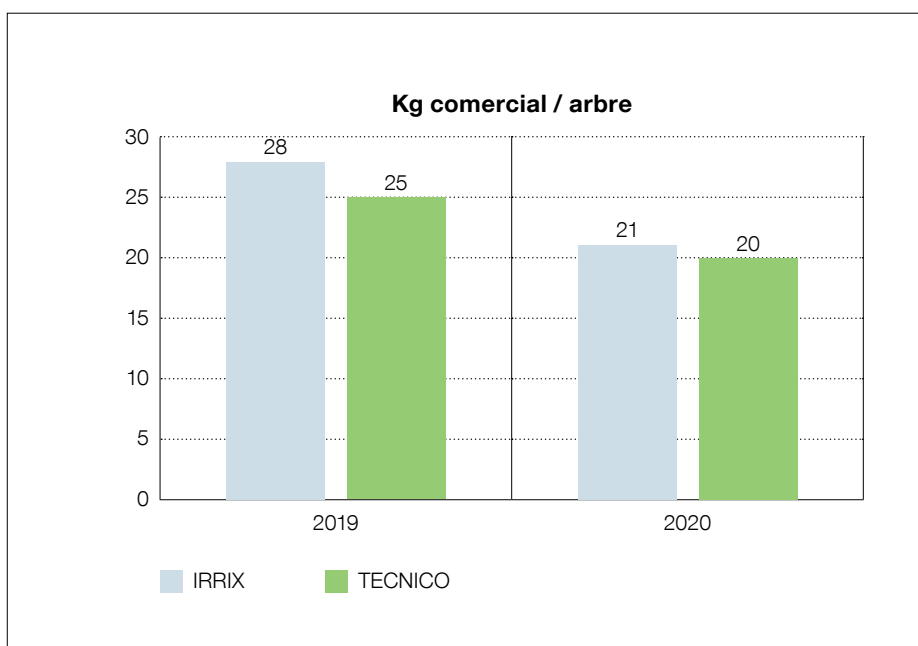


Figura 4. Producció de nectarines (kg/arbre). Font: elaboració pròpia.

Inc.) que prenia les dades cada cinc minuts. Les dades es baixaven al servidor IRRIX. A la zona TÈCNIC, es va seleccionar un punt de control on es van instal·lar els mateixos sensors d'humitat 10HS ubicats a les mateixes posicions que a la zona IRRIX. A més, per tenir en compte la variabilitat intraparcèl·laria, es van seleccionar més punts de control distribuïts al llarg de l'assaig (a TÈCNIC y a IRRIX, sumant-ne un total de 13) on es van mesurar el potencial hídric de la tija (Ψstem), i la producció i la qualitat del cultiu (dades no inclosos en aquest dossier).

Per establir un reg automàtic és fonamental fer un bon estudi de la variabilitat espacial de cara a establir els punts de control que seran utilitzats en la gestió del reg per al control del tot el sector de reg.

03.03 Avaliació del sistema de reg automàtic IRRIX

03.03.01 Volum d'aigua aplicat

Per a l'avaluació del sistema de reg automàtic IRRIX per a la gestió del reg en parcel·la comercial, es van comparar els volums d'aigua aplicats en precollita i postcollita pel sistema automàtic amb els aplicats pel tècnic de la finca. Per això, es va instal·lar a cada sector de reg un comptador digital d'aigua (MTKD-M, ZENNER, Villaviciosa de Odón, Madrid). L'any 2018 (fig. 3a), s'observa que la quantitat d'aigua de reg aplicada pel tècnic de la finca va ser més gran tant en precollita com en postcollita. IRRIX va estalviar un 35% d'aigua de reg en precollita i gairebé un 20% en postcollita. A la campanya completa es va aplicar un 25% menys d'aigua a la zona manejada per IRRIX en com-

paració amb la programació directa del tècnic. L'any 2019 (fig. 3b), IRRIX va estalviar un 34% d'aigua de reg en precollita i un 27% en postcollita. Tenint en compte la campanya completa de reg, la zona gestionada per IRRIX va aplicar un 30% menys d'aigua que la zona gestionada pel tècnic de la finca.

03.03.02 Producció

La recol·lecció es va dur a terme en tres passades el 2019 els dies 5, 11 i 13 de juny, i dues passades el 2020 els dies 5 i 11 de juny. La fruita va ser recol·lectada en la maduresa comercial. Es va recol·lectar i pesar la fruita de cadascun dels arbres pertanyents als punts monitoritzats. L'any 2019 (fig. 4), s'observa que la producció obtinguda a la zona IRRIX és lleugerament superior a la producció obtinguda a la zona TÈCNIC. L'any 2020, no hi ha diferències de producció a les dues zones.

04. Conclusions

La variabilitat afecta de manera important les diferents recomanacions de reg a realitzar en una parcel·la comercial. Per establir un reg automàtic és fonamental fer un bon estudi de la variabilitat espacial de cara a establir els punts de control que seran utilitzats en la gestió del reg per al control del tot el sector de reg.

El sistema totalment automatitzat va ser capaç d'executar i ajustar la programació de reg prèviament establerta sense intervenció humana, la qual cosa es va reflectir en un estalvi d'aigua i sense pèrdues en la producció i qualitat.

05. Agraïments

Aquest assaig s'ha realitzat gràcies al projecte H2020 FERTINNOWA i al projecte CESAGROS, ambdós cofinançats amb fons FEDER. Agraïm als tècnics i al personal de camp de l'empresa Haciendas Bio l'ajuda en el desenvolupament d'aquest assaig.

Per saber-ne més

CASADESÚS, J., MATA, M., MARSAL, J., & GIRONA, J. (2012). A general algorithm for automated scheduling of drip irrigation in tree crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83, 11-20.

MILLÁN, S., CAMPILLO, C., CASADESÚS, J., PÉREZ-RODRÍGUEZ, J. M., & PRIETO, M. H. (2020). Automatic irrigation scheduling on a hedgerow olive orchard using an algorithm of water balance readjusted with soil moisture sensors. *Sensors*, 20(9), 2526.

Autoria



Sandra Millán Arias

Departament d'Hortofruticultura. Tecnologia de la sostenibilitat. Centre de Recerques Científiques i Tecnològiques d'Extremadura (CICYTEX), Badajoz. sandra.millan@juntaex.es



Carlos Campillo Torres

Departament d'Hortofruticultura. Tecnologia de la sostenibilitat. Centre de Recerques Científiques i Tecnològiques d'Extremadura (CICYTEX), Badajoz. carlos.campillo@juntaex.es



Cristina Montesinos Barrios

Departament d'Hortofruticultura. Tecnologia de la sostenibilitat. Centre de Recerques Científiques i Tecnològiques d'Extremadura (CICYTEX), Badajoz. cristina.montesinos@juntaex.es

TELEDETECCIÓ, eina clau a la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya

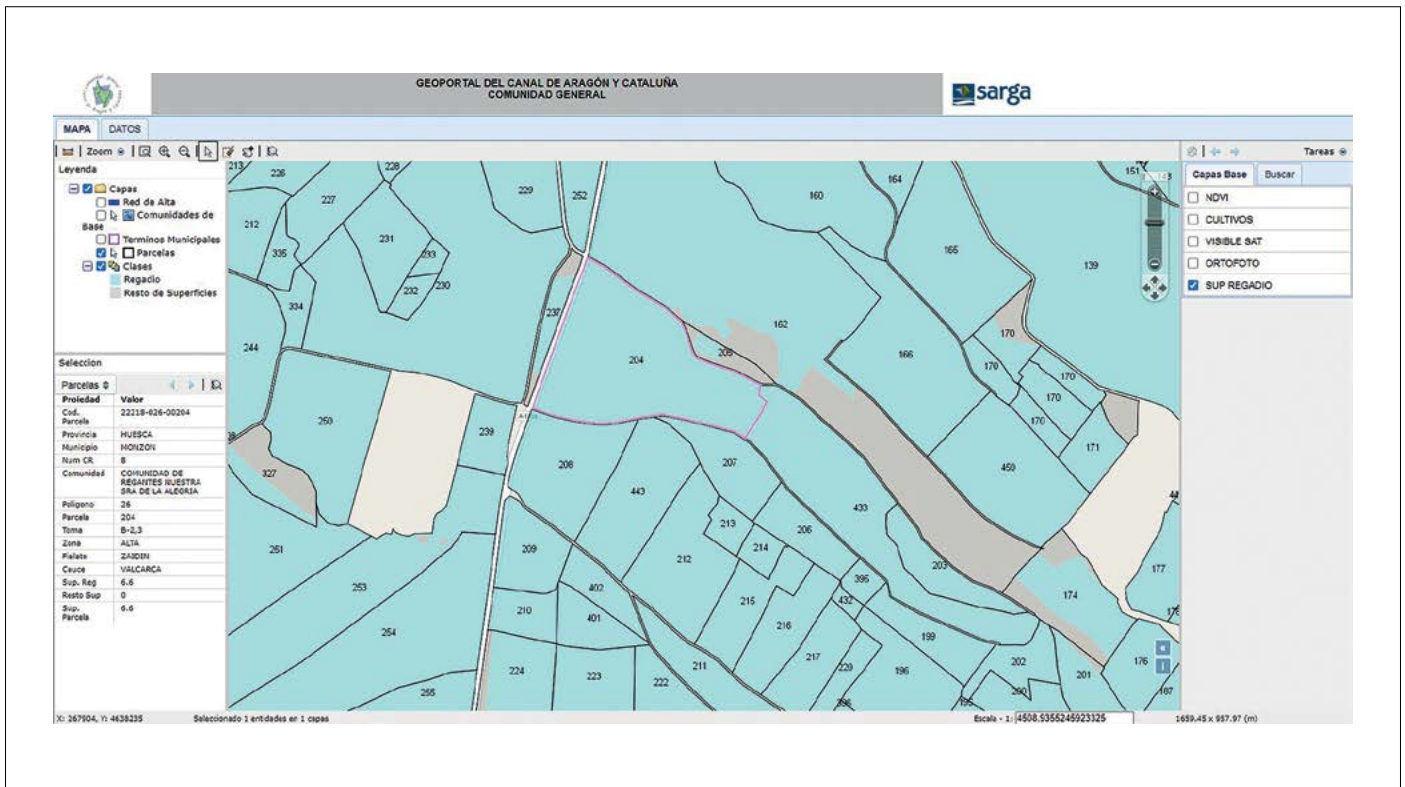


Figura 1. SIG del parcel·lari de la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya. Font: Geoportal del Canal d'Aragó i Catalunya.

01. Introducció

Amb més de 115 anys d'història, el Canal d'Aragó i Catalunya (CAiC) constitueix una de les zones regables de més potencial agroindustrial d'Europa. Situada entre les províncies d'Oscà i Lleida, subministra aigua a unes 105.000 hectàrees de reg que es reparteixen entre 129 comunitats de regants, també a 37 municipis i milers d'explotacions agràries i ramaderes.

Al Canal d'Aragó i Catalunya, com a tots els grans sistemes, l'aigua és un recurs limitat. L'equilibri entre necessitat i disponibilitat és la base que garanteix el desenvolupament sostenible

dels usos vinculats a l'aigua, per a la qual cosa, moltes vegades, la demanda s'ha d'ajustar a les disponibilitats del recurs. La Comunitat General de Regants del Canal d'Aragó i Catalunya (CGRCAiC), entre altres funcions, garanteix aquest equilibri ajustant les dotacions de reg mitjançant un valor màxim expressat en litres/segon/hectàrea, al qual s'han d'ajustar totes les comunitats de regants del sistema. Aquesta dotació màxima, anomenada prorrateig, es revisa cada dues setmanes a partir del comportament real de les aportacions i dels consums en aquest període, i compara aquesta evolució real amb el comportament previst en el model d'evolució

de campanya de regs que genera la mateixa CGRCAiC. Entre els inputs necessaris per a aquest model de campanya de regs figuren com a elements principals la disponibilitat del recurs i la demanda hídrica.

El coneixement de la disponibilitat hídrica es basa en la informació sobre volums embassats, cabals actuals i previsibles, sèries històriques i informació dels models de reserva de neu. A partir d'això, s'estableixen de forma objectiva previsions d'aportacions a dos mesos vista segons els percentils estadístics, tot ajustant-los de manera contínua sobre la base de les aportacions reals.

Pel que fa a la demanda, la caracterització a temps real del mapa de cultius de la zona i el seu estat fenològic són fonamentals per preveure aquestes demandes. En cas d'àmbits territorials tan extensos com la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya, l'ús de la teledetecció per satèl·lit es planteja com l'eina més idònia per disposar d'aquesta informació. Amb aquest enfocament, la teledetecció satel·litària és una eina, un element més integrat en un model destinat a garantir el desenvolupament adequat de les campanyes de reg. La teledetecció com a eina que, entre d'altres aplicacions, s'integra a la gestió de l'aigua.

No obstant això, l'ús conjunt de sistemes d'informació geogràfica (SIG) i teledetecció amplia les possibilitats de l'eina, i actualment s'aplica a d'altres aspectes com, per exemple, la gestió de nutrients dins de la zona regable per reduir-ne l'impacte en el medi ambient.

02. De les primeres aplicacions a l'actualitat

La implantació d'aquest tipus de tecnologies al Canal d'Aragó i Catalunya va ser progressiva i va començar amb la caracterització geogràfica de la zona regable. L'any 2000 es van iniciar els primers treballs mitjançant la creació d'un SIG orientat a la definició de les infraestructures del canal i una primera revisió del parcel·lari regable (figura 1). Aquests treballs han tingut, i segueixen tenint, continuïtat durant els anys successius, i s'ha aprofundit en aquestes tasques d'actualització de la superfície de reg, agrupació o segregacions de parcel·les, incorporació o baixa de parcel·les

de regadiu entre d'altres, a fi de tenir el padró de reg actualitzat any a any.

L'ús d'imatges satel·litàries Landsat va començar l'any 2013, en què es van realitzar els primers mapes de cultius mitjançant la interpretació, píxel a píxel, dels valors de l'índex de vegetació normalitzat (NDVI) i es van definir patrons que associaven cultius amb l'evolució anual de l'NDVI. El sistema presentava mancances (escassetat d'imatges, necessitat de sèries llargues de dades per caracteritzar els cultius, baixa resolució, etc.), però va resultar ser el germen de treballs posteriors.

L'entrada en funcionament de Sentinel-2 (2017) va permetre superar els obstacles tècnics que es plantejaven amb l'ús d'imatges Landsat. Es va augmentar la disponibilitat i resolució de les imatges i, fruit de l'experiència adquirida els anys anteriors, es va veure reduïda la mida de la sèrie de dades necessàries per caracteritzar cultius. Tot aquest canvi tecnològic es va plasmar a partir de l'any 2017 amb el desenvolupament del *Model d'identificació de cultius i el seu desenvolupament aplicat a la gestió de l'aigua en alta de les CR mitjançant teledetecció*, per mitjà del qual es van continuar realitzant anualment els mapes de cultius i estudiant el seu grau de desenvolupament, per destinar-los a la gestió hídrica.

A partir de 2019, els treballs es van orientar a consolidar tots els desenvolupaments anteriors (actualització de la superfície regable, dades bàsiques de la infraestructura, mapes de

En cas d'àmbits territorials tan extensos com la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya, l'ús de la teledetecció per satèl·lit es planteja com l'eina més idònia per a la caracterització a temps real del mapa de cultius i el seu estat fenològic.

Des de 2019 es disposa d'una aplicació que combina l'ús dels SIG amb la teledetecció.

desenvolupament vegetatiu i evolució de cultius), i se'ls va donar una nova aplicació que combinava l'ús dels SIG amb la teledetecció. Aquesta combinació de tecnologies permet relacionar els usos agraris amb els ramaders per establir un model de balanços entre producció de nitrogen d'origen orgànic i necessitats de cultius. Aquest model està actualment en desenvolupament mitjançant un projecte de cooperació anomenat *Balanços de fertilització a la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya (FertiCAC)*.

03. Funcionalitats de la teledetecció i SIG al CAiC

Millor gestió hídrica

La modernització de regadius, l'evolució dels mercats internacionals de productes agraris i la creació d'un important teixit agroindustrial a la zona regable han fet que, els darrers anys, el mapa de cultius canviï i, amb això, les necessitats hídriques del sistema. L'ús sistemàtic de la teledetecció per satèl·lit ha permès caracteritzar aquests canvis a temps real i predir els requeriments hídrics, per tal d'ajustar les dotacions per a una mi-

Cultius	Any	
	2013	2021
% Superfície ocupada per alfals	25,8	6,02
% Superfície ocupada per doble collita	14,6	28,96

Taula 1. Evolució del percentatge de la superfície ocupada de determinats cultius a la zona regable del CAiC. Font: elaboració pròpia.

l·lor gestió hídrica.

Mitjançant la generació de mapes mensuals d'NDVI i tres mapes de cultius anuals es realitza una anàlisi comparativa i quantitativa de les dades, que estableix un model de previsió de demandes d'aigua a dos mesos vista. Amb això s'anticipa la presa de mesures i, mitjançant el seguiment diari de les dades, s'ajusten les dotacions disponibles per equilibrar les possibles limitacions i laminar-ne els efectes. Aquesta metodologia ha funcionat satisfactòriament des de l'any 2013 i pot caracteritzar tant aspectes anuals com l'evolució dels cultius al llarg d'una sèrie d'anys.

Com dèiem, l'evolució dels cultius a la zona regable és dinàmica: al marge dels aspectes purament conjunturals d'un any concret, generalment s'observa un creixement a les superfícies de dobles collites i un augment de les explotacions de fruita seca en plantacions intensives, en detriment de la producció de farratges, cereals d'estiu o explotacions de fruita dolça (taula 1).

Aquesta evolució de cultius fa que es concentrin les demandes hídriques en els mesos finals de campanya, amb la qual cosa encara es fa més necessari anticipar-se a la presa de mesures.

Requeriments nutricionals dels cultius

A partir dels valors d'NDVI i tipus de cultiu, caracteritzats per uns patrons de necessitat de fertilització i coneixent la presència de nutrients a l'aigua de reg i al sòl, es poden establir les necessitats nutricionals principalment de nitrogen i fòsfor per als cultius de la zona regable. D'aquesta manera es quantifica la massa de nutrients a aportar, la distribució geogràfica a la zona regable i la distribució temporal al llarg de l'any.

Al marge d'això, la capacitat fixadora de nitrogen per part de les lleguminoses és un altre aspecte que cal tenir en compte. Mitjançant els mapes de cultiu es determina la superfície ocu-

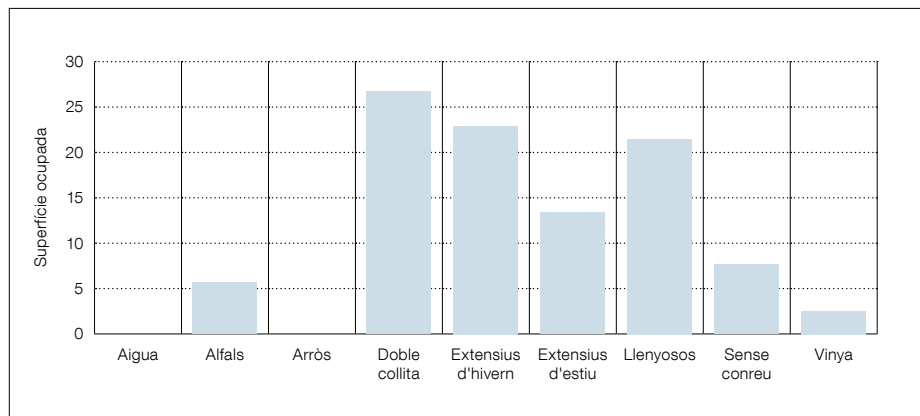


Figura 2. Distribució de la superfície ocupada per cada cultiu a la zona regable del CAiC (2021). Font: elaboració pròpia.

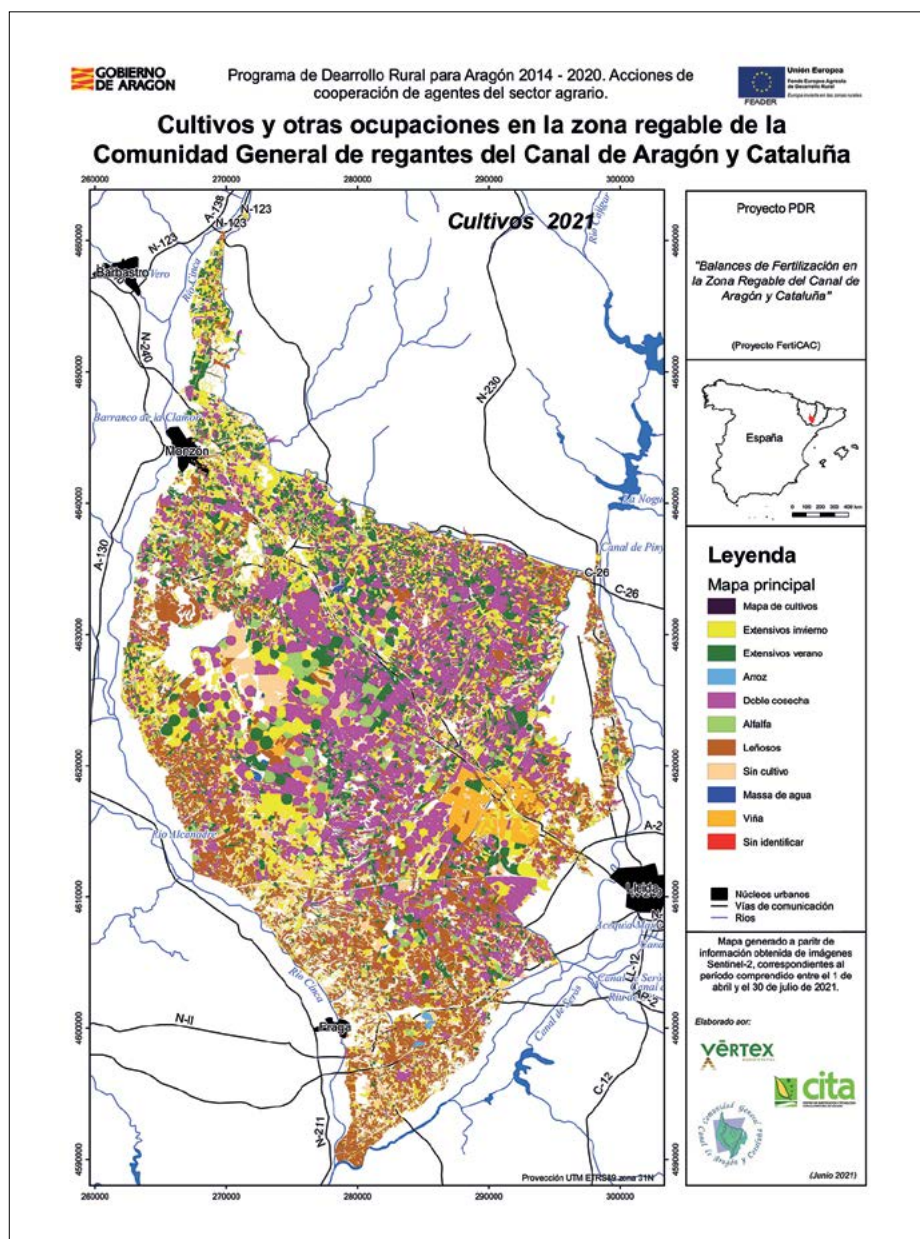


Figura 3: Mapa de cultius i altres ocupacions a la zona regable del Canal d'Aragó i Catalunya (setembre 2021). Font: mapa generat a partir de les imatges obtingudes de Sentinel-2 (de l'1 d'abril al 30 de juliol de 2021) i elaborat per Vértex Agroforestal, el Centre d'Investigació i Tecnologia Agroalimentària d'Aragó (CITA) i la Comunitat General del Canal d'Aragó i Catalunya.

pada per lleguminoses i així s'estima el nitrogen que es fixa en el sistema.

Producció de nitrogen orgànic

Actualment està en desenvolupament l'ús de dades de diferents orígens que, integrats en un únic SIG, permetrà integrar en una base de dades les característiques rellevants de cadascuna de les explotacions ramaderes que es troben a la zona regable. A partir de l'ús combinat de dades del Registre ramader, cadastre, parcel·lari de la CGRCAiC i dades de consum d'aigua, s'estima quina és la producció de fems i purins i es quantifica el nitrogen orgànic produït, i també la seva distribució espacial i temporal.

Balanços de nutrients

Per mitjà de la informació obtinguda dels mapes de cultius i els mapes de vigor, juntament amb les dades de les explotacions ramaderes correctament georeferenciades i el nitrogen fixat per les lleguminoses, s'estan realitzant balanços de nutrients per a la zona regable del CAiC. D'aquesta manera, es comparen les necessitats nutricionals dels cultius presents amb la producció de fertilitzants orgànics a cada zona d'estudi i per a horitzons temporals diferents.

Fruit de tot això i després dels primers resultats, es detecta que, per zona regable, la producció de nitrogen orgànic és molt similar a les necessitats de nitrogen al sistema, encara que sí que és cert que tant la seva distribució temporal com geogràfica requereixen mesures orientades a l'equilibri entre generació i demanda.

Qualitat dels retorns

Per tal de detectar la presència de nutrients als retorns de reg, mitjançant l'ús de models digitals del terreny (MDT) s'han generat mapes de conques i identificat punts singulars de drenatge. Detectats els punts d'anàlisi, es duen a terme presa de mostres

bisetmanals i analítiques d'aigües que en quantifiquen el pH, la conductivitat elèctrica i la concentració de nutrients i pesticides presents.

En disposar d'informació de les parcel·les que drenen en un punt, quins cultius hi són presents i quin és el seu vigor, es relaciona amb els requeriments de fertilització i aquests es comparen amb els resultats de les anàlisis d'aigua de cada punt.

L'ús de la teledetecció com a eina de suport a la presa de decisions relacionades amb la gestió de l'aigua i el seu ús combinat amb SIG amb fonts d'informació diverses obren un ventall de noves aplicacions, com ara la reducció de la contaminació difusa que actualment està en desenvolupament.

04. Conclusions

La CGRCAiC va començar amb els SIG com a eina per assolir uns objectius finalistes, en concret, la caracterització geogràfica de la seva zona regable i cens de reg. Tanmateix, això només va ser una primera aplicació d'una eina que posteriorment va ser la base de nous treballs. L'ús de la teledetecció com a eina de suport a la presa de decisions relacionades amb la gestió de l'aigua i el seu ús combinat amb SIG amb fonts d'informació diverses obren, en el cas de la CGRCAiC, un ventall de noves aplicacions, com ara la reducció de la contaminació difusa que actualment està en desenvolupament.

La facilitat d'accés a les dades de partida continua sent fonamental, facilitat entesa en un doble aspecte: econòmic

i tècnic. Costos d'adquisició més baixos faran més senzill que nous usuaris provin aquest tipus de tècniques, però ha de ser la facilitat de maneig i la generació d'una base tècnica adequada als usuaris les que facin que el seu ús sigui prolongat en el temps. Amb aquesta base tècnica consolidada, l'usuari mateix serà el que podrà trobar les millors aplicacions particularitzades de l'eina i orientar-la a una finalitat o a una altra.

Per saber-ne més

<https://www.cayc.es>

<https://www.cayc.es/index.php/es/servicios-web/geoportal>

https://twitter.com/cayc_ca

https://www.mapa.gob.es/images/es/ponencia4_tcm30-581242.pdf

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

QUINTILLA, R., PORTER CALLEJERO, CL, I CASTERAD SERAL, MA (2014). Apoyo a la gestión del agua en alta en la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña con teledetección.

Autoria



Roberto Quintilla Blanco

Director d'Explotació del Canal d'Aragó i Catalunya.
Comunitat General de Regants del Canal d'Aragó i Catalunya
cayc@cayc.es



Inés Samperi Tena

Responsable de Serveis Agronòmics. Comunitat General de Regants del Canal d'Aragó i Catalunya
ines@cayc.es

EL PROJECTE PECT

Girona, regió sensible a l'aigua

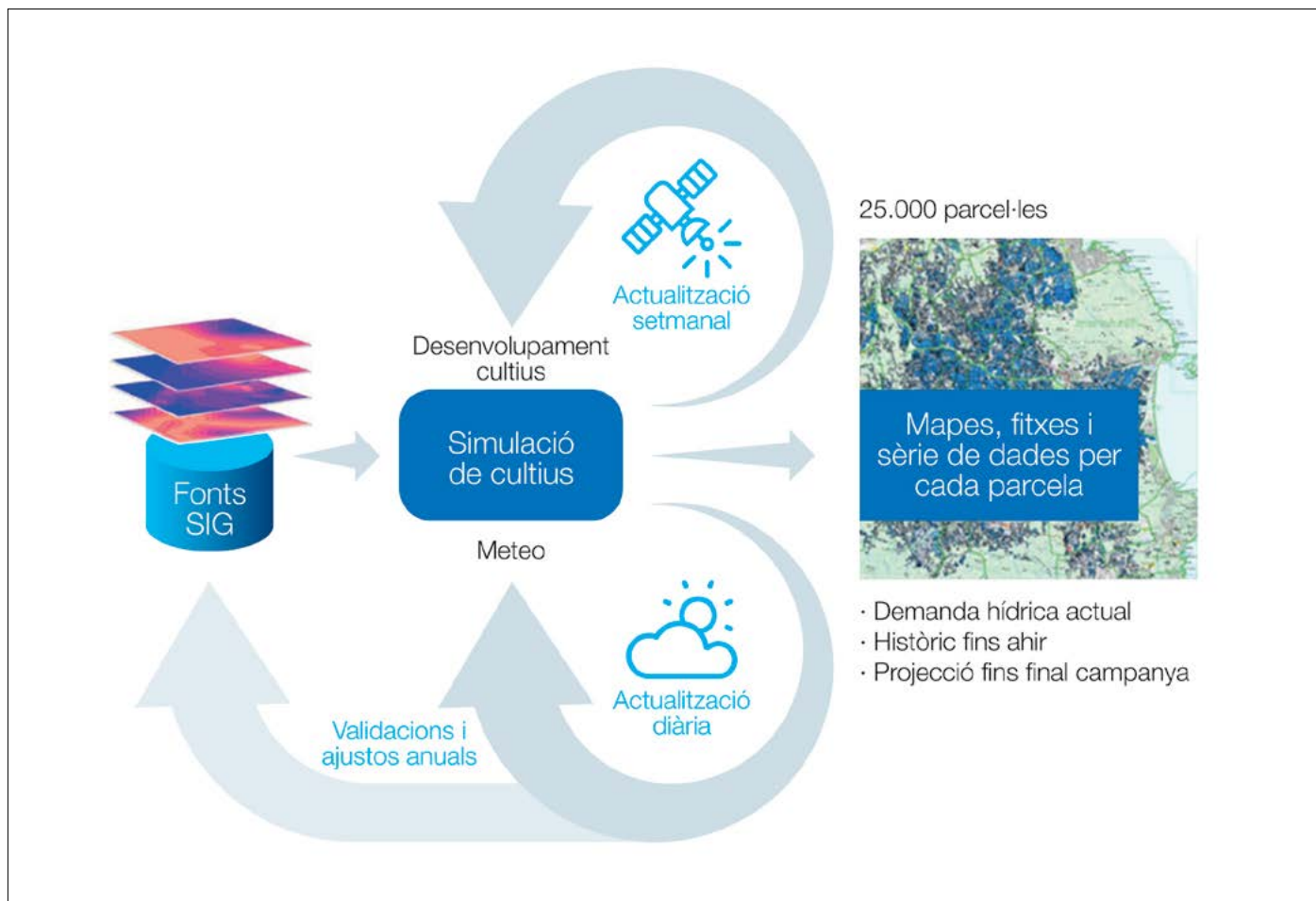


Figura1. Esquema conceptual de l'operació de foment del reg de precisió al Baix Ter. Font: elaboració pròpia.

01. Introducció

El Baix Ter és la plana al·luvial de formació deltaica formada pel riu abans de la seva arribada a la mar Mediterrània, on s'ubica la principal zona de regadiu per a la producció d'aliments de la conca fluvial de Catalunya.

L'àrea ocupa 16.000 hectàrees de regadiu, el 60% estan regades per quatre captacions d'aigua superficial del riu Ter dins el mateix àmbit i distribuïdes per quatre comunitats de regants: Presa de Colomers, Molí de Pals, Sèquia Vinyals i Cervià de Ter-

Jafre; mentre que la resta de superfície és regada amb aigua d'origen freàtic, a través de pous que exploren principalment l'aquífer superficial.

Des de la dècada dels anys noranta del segle passat, es posen de manifest les conseqüències negatives de l'augment del transvasament d'aigua del riu Ter per mantenir la conurbació barcelonina a través de la canalització construïda els anys seixanta i actualment gestionada per l'ens d'abastament d'aigua Ter-Llobregat (ATL). Aquest transvasament, a la dècada dels anys 2000-2010, va des-

Al riu Ter, abans dels embassaments que regulen el seu cabal, hi arriba un 42% menys d'aigua que fa seixanta anys –quan es va planificar el transvasament–, fruit, principalment, de l'augment de la superfície boscosa a la capçalera de la seva conca.

viar el 45% de aigua del riu, mentre que a la dècada 2011-2020 ha estat del 33% de l'aigua circulant pel riu a l'inici de la derivació al Pasteral.

La pèrdua de potencial de l'aqüífer superficial, la intrusió d'aigua marina a les zones litorals de l'aqüífer profund, l'escàs cabal ambiental del riu que dificulta el manteniment del medi natural associat a l'aigua són els aspectes més evidents sobre el territori; però en l'àmbit legislatiu, en mantenir la prioritat en l'ús de l'aigua dels usos industrials per davant dels usos agrícoles de regadiu en el sistema de gestió de l'aigua de l'àmbit Ter-Llobregat, evidencia la penalització que pateix la tradicional activitat agrària del territori.

L'aqüífer profund és la principal font de proveïment d'aigua dels municipis del Baix Ter, malgrat que actualment ja no ofereix la garantia d'abastament necessària per a alguns municipis costaners en les èpoques estivals. Alhora, al riu Ter, abans dels embassaments que regulen el seu cabal, hi arriba un 42% menys d'aigua que fa seixanta anys –quan es va planificar el transvasament–, fruit, principalment, de l'augment de la superfície boscosa a la capçalera de la seva conca.

Totes aquestes situacions que es concentren al Baix Ter situen el territori en un atzucac si no es desenvolupen actuacions de millora en la gestió de l'aigua i d'adaptació al canvi climàtic. En aquest sentit, el projecte PECT Girona, regió sensible a l'aigua, implementa diferents sistemes de millora en la gestió de l'aigua, especialment pel que fa al regadiu. Els tres àmbits de millora de l'eficiència que s'han contemplat són el regional de tota la zona del Baix Ter, la millora en els canals de distribució de l'aigua i la millora de la programació del reg a parcel·la.

La primera actuació, desenvolupada per l'IRTA, aborda l'estimació de les

necessitats de reg de cada parcel·la concreta del territori, a partir de la simulació del sistema sòl-cultiu ajustada, per fomentar el reg de precisió, amb observacions de l'estat dels diferents cultius de la zona per teledetecció i al llarg de la campanya de reg.

Per tal de millorar la gestió hidràulica del canal principal de la comunitat de Regants de Cervià de Ter-Jafre, s'ha instal·lat un sistema de control remot automatitzat dels elements de regulació que permet millorar la disponibilitat d'aigua per als regants i evitar excedents.

La segona actuació liderada pel grup de recerca d'enginyeria i gestió del reg de la UdG aborda la millora de la distribució de l'aigua i estableix un sistema de gestió de l'aigua en els canals de reg de la Comunitat de Regants de Cervià de Ter-Jafre que millora l'eficiència del transport, evita sobrants en el canal principal i sèquies derivades i anul·la els vessaments puntuals que hi podia haver.

La tercera actuació s'ocupa de la millora de l'eficiència a escala de parcel·la per mitjà d'un sistema expert que facilita recomanacions de reg a la demanda a partir de la informació de sensors de mesura d'aigua al sòl i volum d'aigua de reg recollida a través de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) que, juntament amb la previsió meteorològica a set dies vista i la modelització dels principals cultius, ofereix a demanda la previsió de reg a cada parcel·la. El sistema anomenat GIROREG també ha estat desenvolupat per l'IRTA.

02. Sistema d'informació per difondre i fomentar el reg de precisió al Baix Ter

L'objectiu de l'activitat és disposar d'una representació dinàmica del sistema sòl-planta-atmosfera per cadascuna de les parcel·les regades, que permeti visualitzar mapes representatius de les necessitats hídriques del parcel·lari en la data actual, i també l'evolució al llarg de la campanya de reg, la previsió fins a final d'any i les pautes observades en campanyes anteriors. Les dades són consultables públicament, tant de manera visual com descarregables perquè agricultors i gestor d'aigua les puguin usar.

El sistema desenvolupat permet el seguiment individualitzat de cadascuna de les prop de 25.000 parcel·les agrícoles del Baix Ter. Cada parcel·la està representada pel seu bessó digital, inicialitzat a partir del parcel·lari SIGPAC, DUN entre 2015 i 2021, mapes de sòls i d'elevació del terreny. Seguidament, s'ha reconstruït, per simulació, el desenvolupament del cultiu i l'evolució de l'estat hídric del sòl des de la campanya de 2015. A partir de la campanya de 2019, les simulacions estan ajustades amb les observacions del desenvolupament dels cultius obtingudes a partir dels satèl·lits SENTINEL 2, que des de mitjan 2018 ofereixen una imatge cada cinc dies. Diàriament, el sistema actualitza les estimacions usant dades del Servei Meteorològic de Catalunya interpolades en una malla de 1 km. Cada vegada que hi ha disponible una nova imatge de SENTINEL 2 lliure de núvols, el sistema l'usa per estimar els paràmetres biofísics de la vegetació i ajusta les simulacions per tal de fer coincidir el desenvolupament previst amb l'observat. Una vegada a la setmana, s'actualitzen les prediccions de requeriments hídrics pel cultiu fins a final d'any, a partir d'una sèrie de simulacions que parteixen de l'estat actual i que consideren una combinació de dades meteorològiques dels darrers

deu anys. Les dades poden ser consultades públicament a través d'un visor (www.irriter.cat) i també es poden descarregar perquè usuaris professionals i institucions puguin usar-les en les seves pròpies aplicacions.

03. Automatització, control i gestió del canal de reg de la Comunitat de Regants de Cervià de Ter-Jafre

El sistema de gestió actual del canal no permet oferir als regants un cabal de reg regular en parcel·la perquè la xarxa de regadiu és un sistema complex gestionat manualment i únicament a partir de l'experiència. La infraestructura i controls existents no permeten una adequació de les entregues en parcel·la a les demandes del regant en cada moment, per la qual cosa és necessari variar la maniobra en el canal principal i en les sèquies derivades en temps real i de manera continuada –el que no és possible actualment–, per la qual cosa, a més de reduir l'eficiència d'aplicació de l'aigua, genera sobrants en el canal principal i sèquies derivades i vessaments puntuals.

Per tal de millorar la gestió hidràulica del canal principal, s'ha instal·lat un sistema de control remot automatitzat dels elements de regulació que permet millorar la disponibilitat d'aigua per als regants i evitar excedents.

S'ha elaborat un SIG de l'àrea de regadiu i una diagnosi de l'estat actual del canal per tal de conèixer l'estat de conservació de l'obra civil i els elements de derivació i regulació (comportes i vàlvules). Seguidament, s'ha realitzat una anàlisi del comportament hidràulic en les seccions crítiques dels diferents trams del canal per tal de definir les actuacions necessàries. La proposta s'ha consensuat amb la Comunitat de Regants i el DAAC.

S'han instal·lat quatre comportes basculants d'alumini extruït amb vessador a la part superior amb possibilitat de consigna del calat aigües amunt, del cabal circulat i de registre en continu. També s'ha instal·lat un sensor de nivell en un punt crític del canal principal comunicat a una comporta de guillotina monitoritzada per

permetre el desguàs ràpid en cas de desbordament accidental. Finalment, s'ha instal·lat una comporta automatitzada a l'entrada d'una sèquia secundària que serveix a unes 40 hectàrees, equipada amb un cabalímetre ultrasònic amb capacitat de regular el cabal circulat i registrar en continu. El sistema, que funciona amb energia solar i bateries, es controla remotament via mòdem 3G i localment a cada comporta.

En la temporada de reg 2022, es va validar i avaluar el rendiment del sistema de control instal·lat a partir de les dades recollides durant els primers anys de funcionament.

Per arribar a l'automatització completa del canal, caldria establir la comunicació entre les comportes i determinar la necessitat d'instal·lar-ne més. Per completar aquesta nova etapa caldria que els regants canviessin el model de gestió actual a un sistema basat en previsions de demanda de reg, introduir un model dinàmic en els trams del canal i incorporar personal tècnic per a la gestió.

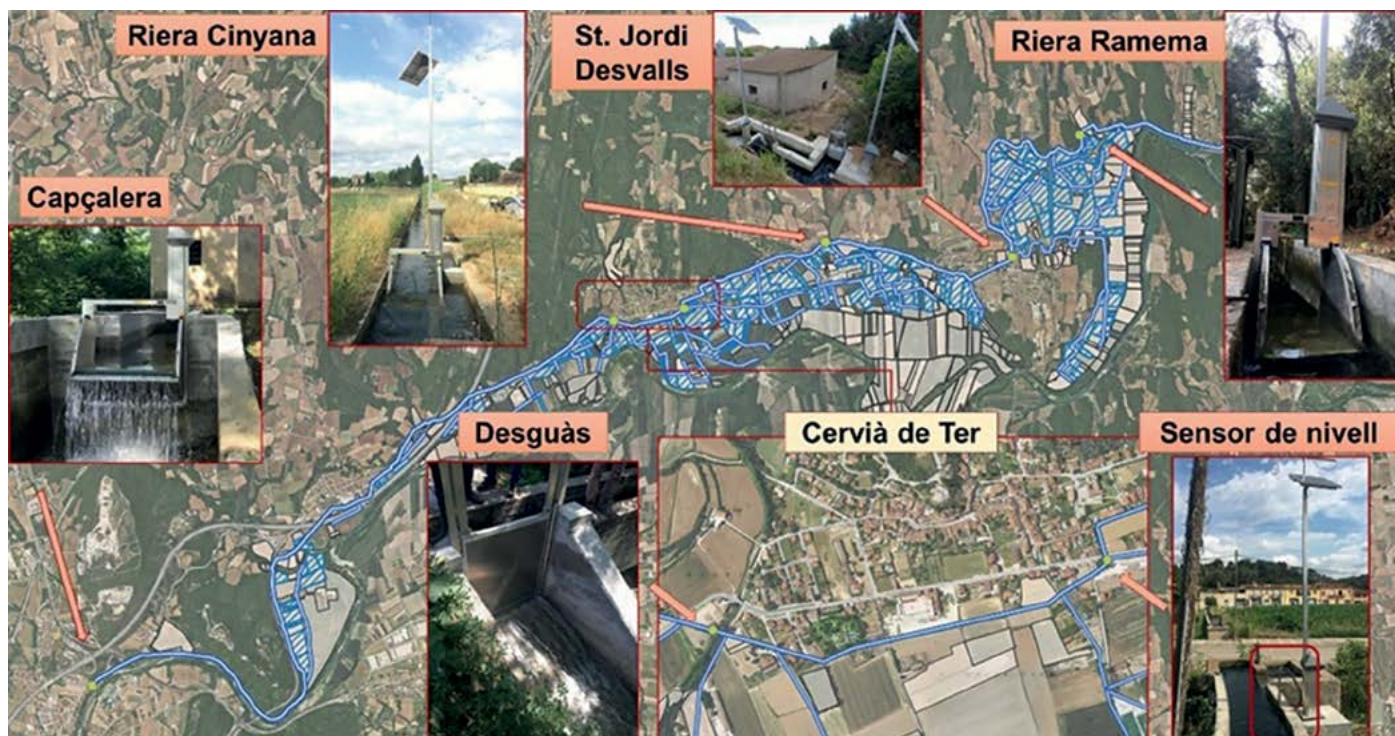


Figura 2. Localització de les actuacions d'automatització, control i gestió del canal de reg de la Comunitat de Regants de Cervià de Ter. Font: elaboració pròpia.

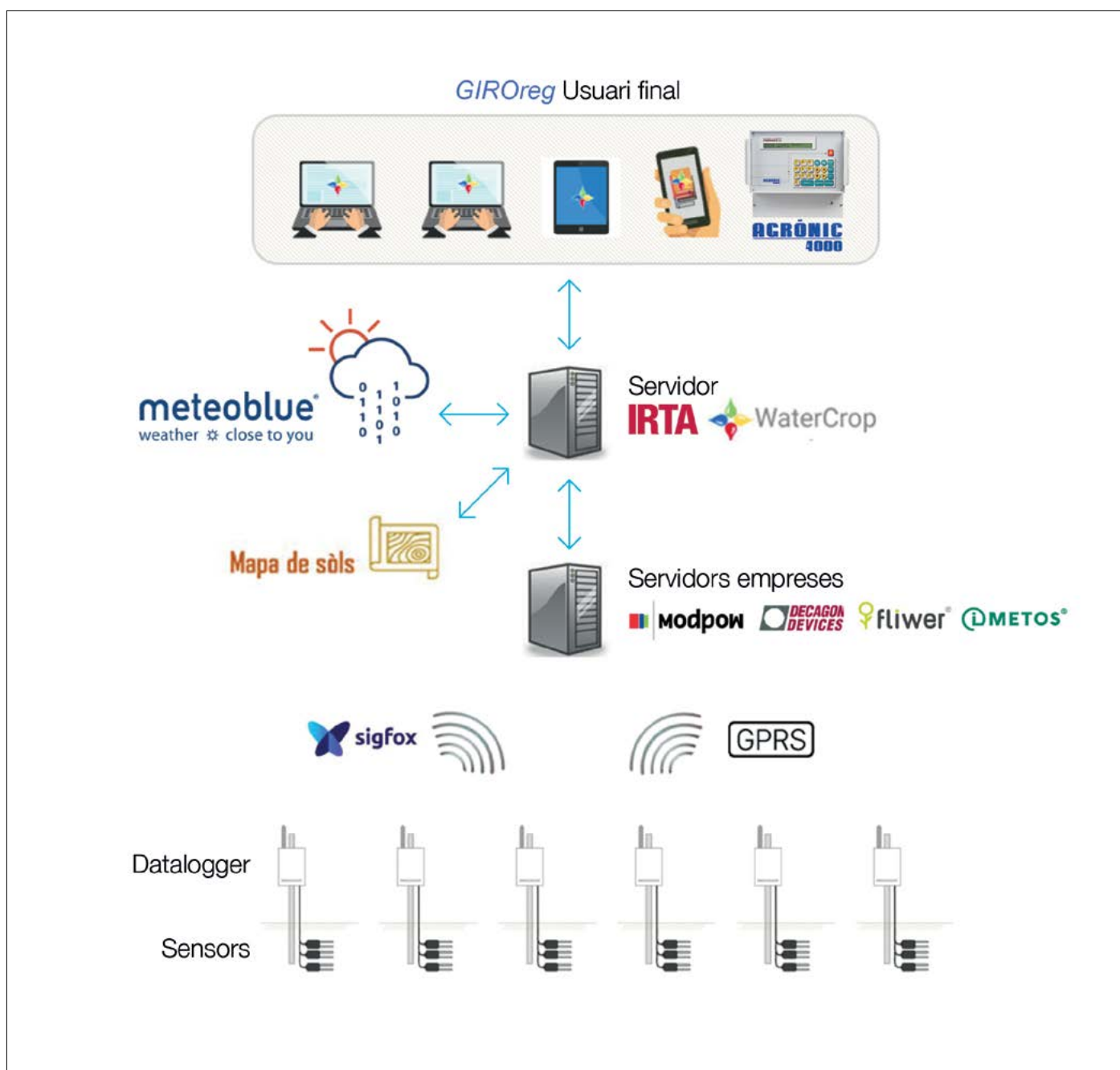


Figura 3. Esquema de funcionament i recepció de dades de la plataforma Watercrop que conformen les recomanacions GIROreg. Font: elaboració pròpia.

04. Implementació d'estratègies demostratives per a la millora de l'eficiència del reg en parcel·la basat en sensors d'aigua al sòl

Per millorar l'eficiència de l'aigua a escala de parcel·la cal ajustar l'aigua de reg a les necessitats concretes del cultiu a cada camp, així millora la uniformitat de distribució i s'eviten pèrdues per drenatge.

En el marc del projecte, actualment,

hi ha 125 parcel·les de fruiters al Baix Ter instrumentades amb un equip de sensors d'aigua al sòl i mesuradors volumètrics d'aigua de reg instal·lats en la xarxa de reg per degoteig que transmeten la informació diverses vegades al dia a través dels sistemes de comunicació GRPS o Sigfox al sistema expert desenvolupat, anomenat Watercrop. El sistema incorpora la previsió meteorològica (Meteoblue AG) i elabora una proposta de reg per als propers set dies. A les finques que disposen

Per millorar l'eficiència de l'aigua a escala de parcel·la cal ajustar l'aigua de reg a les necessitats concretes del cultiu a cada camp, així millora la uniformitat de distribució i s'eviten pèrdues per drenatge.

de sensors d'aigua al sòl, la proposta de reg és corregida en funció de l'estat hídric del sòl i és personalitzada per la finca, i a les finques on no es disposa de sensors, la proposta de reg es corregeix pels valors mitjans de consum hídric de les 125 parcel·les instrumentades.

La disposició d'equips de sensors per a la mesura del contingut volumètric d'aigua al sòl instal·lats a diferents fondàries permet detectar tant les pèrdues d'aigua per drenatge com els dèficits d'aigua al sòl, i facilita l'ajust de la dosi d'aigua de reg a les necessitats reals dels diferents estadis fenològics del cultiu i les perspectives meteorològiques dels propers dies. La plataforma Watercrop basa el seu funcionament en ajustar el reg a les necessitats dels cultius, a partir de l'automatització dels processos de modelització de cultius, la mesura continuada del contingut d'aigua al sòl i l'evolució de les previsions meteorològiques.

En el cas de cultius extensius, hi ha certes peculiaritats. A més, en ser cultius de temporada, subjectes a una rotació agrícola i a diversitat de sistemes de distribució d'aigua dins la parcel·la, la instal·lació de sensors de mesura del contingut hídric del sòl té un hàndicap, ja que la seva instal·lació i desinstal·lació suposa un cost significatiu, que en ocasions pot no compensar els agricultors. En aquests casos, només hi ha sensors en parcel·les pilot, i s'incorpora al sistema la informació dels mapes de sòls que permeten estimar les característiques hidràuliques del sòl, que juntament amb la modelització del cultiu i la mateixa previsió meteorològica estima les necessitats de reg per a cada parcel·la de conreu herbaci.

L'automatització de tots aquests processos és clau per a una recomanació pràcticament a temps real, i a demanda de cada camp i usuari. Els càlculs de reg, la recepció de les da-

des meteorològiques o l'enviament i recepció dels valors d'humitat al sòl són tots processos que es gestionen internament dins el sistema per tal de donar les recomanacions ajustades i adaptades a les diferents finques, parcel·les i cultius. Tant és així que ja hi ha deu finques de fruiters al Baix Ter, al programador de reg de les quals la plataforma transmet directament les consignes de reg per regar cada parcel·la de forma automatitzada, i per tant, sense la intervenció de cap persona en el procés.

En el cas de fruiters, s'ha valorat l'eficiència del sistema de reg implantat, en comparació amb la programació de reg basat en el balanç hídric. Es produeixen estalvis d'aigua de reg que varien entre el 20 i el 35 %.

En el cas de fruiters, s'ha valorat l'eficiència del sistema de reg implantat, en comparació amb la programació de reg basat en el balanç hídric. Es produeixen estalvis d'aigua de reg que varien entre el 20 i el 35 %.

05. Conclusions

Cada cop hi ha menys barreres tecnològiques i econòmiques per a la informació que aporten les TIC per a la millora de la gestió de l'aigua en l'àmbit agrari. La reduïda disponibilitat del recurs obliga a l'estalvi d'aigua en l'àmbit agrari i això passa per la millora de l'eficiència del reg i per incorporar aspectes del reg de precisió per fer sostenibles les explotacions agràries de regadiu en el context de canvi climàtic. Els vents hi bufen a favor, perquè cada vegada hi ha tecnologia més eficient i a un cost més reduït.

Agraïments

Aquestes actuacions han estat realitzades en el marc del projecte PECT Girona, regió sensible a l'aigua i finançades pel FEDER, la Generalitat de Catalunya, la Diputació de Girona i les entitats participants.

Autoria



Francesc Camps Sagué

Programa de conreus extensius sostenibles.
IRTA Mas Badia.
francesc.camps@irta.cat



Miquel Duran Ros

Grup de Recerca d'Enginyeria i Gestió del Reg.
Universitat de Girona.
miquel.duranros@udg.edu



Jaume Casadesús Brugués

Programa d'ús eficient de l'aigua en l'agricultura.
IRTA Lleida.
jaume.casadesus@irta.cat

GESTIÓ DEL REG

en parcel·les demostratives de vinya a la Terra Alta i Valls del Corb



Foto: INCAVI

01. Introducció

L'any 2017 l'INCAVI inicia l'activitat demostrativa "Seguiment de la introducció de reg en parcel·les de vinya a la DO Costers del Segre, subzona Valls del Riucorb i de la DO Terra Alta". Es treballa conjuntament amb les DO Costers del Segre i Terra Alta, l'ADV de la Vall del Corb, l'empresa Edetaria de Gandesa i els viticultors de Verdú: Flavià Serret i Anna Escribà. El plantejament i la execució del treball compta amb la participació de la Oficina del Regant, i la tecnologia necessària l'aporta

l'empresa SAF Sampling. L'activitat ha estat finançada a través de l'Operació 16.01.01 de transferència tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2020.

El reg de la vinya en zones àrides assegura l'homogeneïtat de la producció, tant entre les diferents parcel·les de cultiu com en els diferents anys.

El reg de la vinya en zones àrides assegura l'homogeneïtat de la producció, tant entre les diferents parcel·les de cultiu com en els diferents anys, i estabilitza els rendiments de les empreses vitivinícoles. Cal però, una bona gestió del reg per evitar efectes negatius sobre la qualitat de les collites i per optimitzar la despesa d'aigua. La vinya, i més concretament el potencial qualitatiu dels mostos, és molt sensible a condicions agronòmiques que incideixin en el vigor o en el grau de producció. Una disponibilitat d'aigua excessiva pot provocar un increment del vigor que vagi en con-

tra del procés de la maduració i/o que provoqui una dilució dels elements que defineixen el potencial enològic del vi. D'altra banda, una disponibilitat d'aigua insuficient pot impedir l'activitat fotosintètica amb efectes sobre el desenvolupament de la planta en conjunt i de les baies en particular.

02. Objectiu

L'activitat es planteja amb l'objectiu principal de posar a l'abast del viticultor informació actualitzada i contrastada que li permeti optimitzar l'estratègia de reg a la vinya. El plantejament es fa amb criteris d'optimització de la despesa d'aigua i de millora de la qualitat i manteniment de la tipicitat dels vins.

Les dosis de reg aplicades en l'estudi s'han mantingut sempre en condicions de reg de suport que permetés l'activitat de la planta, per evitar desenvolupaments vegetatius excessius

03. Metodologia

La metodologia de treball es basa en el coneixement dels factors que incideixen en la disponibilitat hídrica de la planta, mitjançant la utilització de sensors meteorològics, d'humitat del sòl i de volum de reg. Concretament, s'instal·la en cadascuna de les parcel·les:

- Estació meteorològica completa
- Sensors de percentatge d'humitat i de potencial hídric al sòl
- Cabalímetres en el sistema de reg

La informació es completa amb la lectura del potencial hídric foliar mitjançant la càmera de Schollander. Nombrosos estudis relacionen les dades obtingudes amb el grau d'estrés de la vinya. El conjunt de dades obtingudes, més l'observació sistemàtica del desenvolupament de la vinya, permeten prendre la decisió del moment i dosi de reg a partir de criteris tècnics fonamentats.

Més enllà de l'objectiu principal de donar informació tècnica als viticultors i aprofitant la infraestructura

montada, es decideix des de l'inici de l'activitat definir diferents estratègies de reg per poder observar el comportament de la vinya en diferents circumstàncies. En cadascuna de les parcel·les de l'activitat es fa una distribució dels sensors que permet obtenir dades en diferents condicions. Inicialment, es plantegen les hipòtesis de reg i secà. Posteriorment, i en funció de les circumstàncies de cada parcel·la, s'inclouen altres variants, la més interessant ha estat la de comparar una periodicitat de reg diari o de cada 5-7 dies, amb uns volums totals d'aigua de reg semblants. En aquestes diferents hipòtesis es fa un seguiment del desenvolupament vegetatiu, del creixement i maduració del fruit, de la producció i de la qualitat del most. Al celler experimental de l'INCAVI de Reus s'elaboren vins a partir de raïms de les diferents hipòtesis, dels quals es fa l'anàlisi química i sensorial.

04. Resultats

Els resultats mostren la important resposta de la vinya a diferents condicions de disponibilitat hídrica. Les dosis de reg aplicades en l'estudi s'han mantingut sempre en condicions de reg de suport que permetés l'activitat de la planta, per evitar desenvolupaments vegetatius excessius. Amb aquest criteri general, no s'han vist grans diferències entre les estratègies de reg contrastades. Sí que s'ha vist diferència entre el reg i secà, especialment en les parcel·les amb sòls de poca profunditat i de textura sorrenca. Aquesta incidència ha tingut un caràcter acumulatiu en els diferents anys de seguiment, i s'hi ha observat una adaptació de les plantes a les noves condicions.

L'anàlisi de les dades ha permès observar uns alts nivells de correlació entre les dades dels sensors de potencial hídric del sòl i la lectura del potencial hídric foliar, tal com es pot observar a la figura 1.

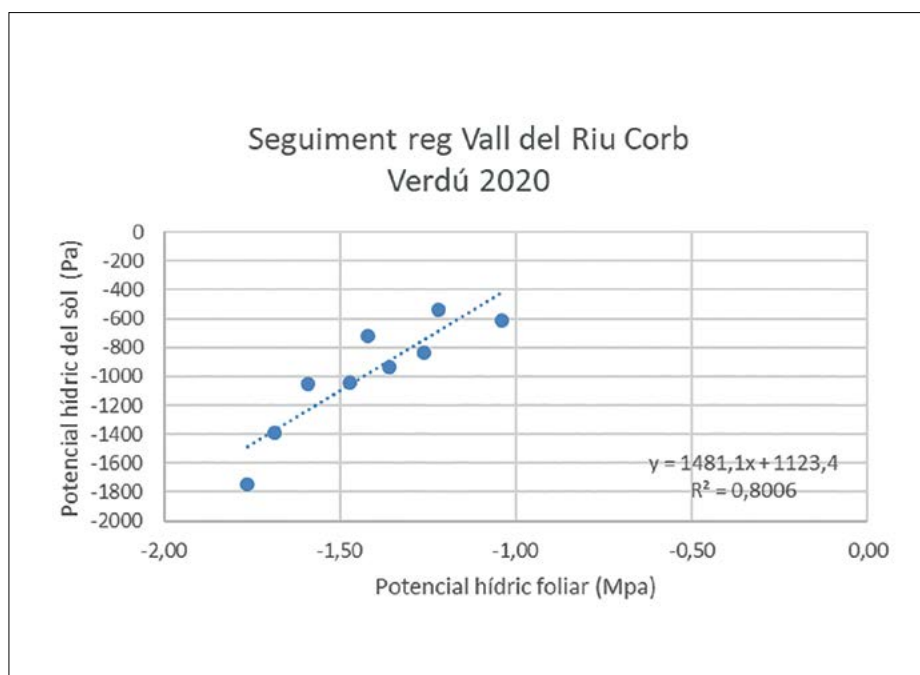


Figura 1. Correlació entre les dades de potencial hídric foliar i potencial hídric del sòl a les parcel·les de Verdú l'any 2020. Font: elaboració pròpia.

Si aquestes dades es confirmen en treballs posteriors, possibilitaria fer una previsió de les dades de potencial de fulla a partir de les dades dels sensors i facilitaria molt la determinació de les estratègies de reg. Cal dir que la variabilitat de factors que incideixen sobre el creixement de les plantes en cada parcel·la (varietat, edafologia, portaempelt, gestió de la vegetació, gestió del sòl, fertilització, etc.), fan que aquesta correlació no sigui extrapolable i s'hagi de definir en cada parcel·la. Tot i això, es valora l'interès de seguir treballant en aquest tema, amb l'obtenció de més dades en diferents campanyes vitícoles.

Amb tota la informació obtinguda, a la zona de la Vall del Corb, s'ha distribuït entre diversos viticultors un butlletí en què setmanalment s'ha informat de l'evolució meteorològica, de la humitat del sòl, del grau d'estrès de les plantes, i on es valora l'oportunitat de regar i es recomana una dosi de reg. Els viticultors que reben la informació han pogut participar prèviament en jornades on s'han exposat els mètodes de treball, s'han explicat els diferents paràmetres utilitzats i s'han visitat les parcel·les de referència on hi ha instal·lats els sensors.

05. Continuïtat de l'activitat

El finançament de l'activitat demostrativa va finalitzar el 2020, però gràcies al treball col·laboratiu entre l'Oficina del Regant, les denominacions d'origen, l'ADV Vall del Corb, l'INCAVI i el Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, s'ha donat continuïtat a la feina per tal d'elaborar els butlletins informatius per als viticultors i per mantenir els estudis comparatius entre diferents estratègies de reg. Gràcies a l'experiència acumulada, s'està impulsant un grup operatiu i activitats demostratives per ampliar els treballs de seguiment i optimització del reg de la vinya en diferents zones vitícoles de Catalunya, com la DO Alella.

S'han observat diferències entre el reg i secà, especialment en les parcel·les amb sòls de poca profunditat i de textura sorrenca.



Sensor d'humitat de sòl a punt de ser instal·lat. Foto: INCAVI.



Estació meteorològica automàtica. Foto: INCAVI.

06. Altres activitats

La situació de canvi climàtic en què estem immersos fa que l'interès per conèixer la disponibilitat d'aigua que tenen les plantes en cada moment prengui molta importància tant en el conreu amb reg com en secà. Gràcies a la formació d'un grup operatiu entre les ADV de Sant Martí Sarroca i la de Sant Llorenç d'Hortons, Gramona, Codorniu i Juvé i Camps, durant els anys 2020 i 2021 s'ha realitzat el projecte Hidrovinya, amb la instal·lació al Penedès d'una xarxa de sensors per al seguiment dels factors que incideixen en la dinàmica de l'aigua al sòl de la vinya en conreu de secà, amb una metodologia similar a la utilitzada en vinyes amb reg. L'objectiu de la xarxa és fer un seguiment de la humitat del sòl i la seva evolució com a suport a la decisió en el conreu de la vinya, principalment en la gestió del sòl i de la vegetació.

Durant els anys 2020 i 2021 s'ha realitzat el projecte Hidrovinya, amb la instal·lació al Penedès d'una xarxa de sensors per al seguiment dels factors que incideixen en la dinàmica de l'aigua al sòl de la vinya en conreu de secà.

Autoria



Elisabet Perna Armengol

Tècnica de la Secció de Viticultura de l'INCAVI
eperna@gencat.cat



Lluís Giralt Vidal

Tècnic de la Secció de Viticultura de l'INCAVI
lluis.giralt@gencat.cat

EL PROJECTE EUROPEU IDEWA.

Estudi aplicat a la zona regada pel canal Algerri-Balaguer

01. Introducció

IDEWA és l'acrònim d'*Irrigation and Drainage monitoring by remote sensing of Ecosystems and Water resources*. El coordinador del projecte és el Dr. Oliver Merlin del CESBIO (França). Hi participen cinc institucions, el CESBIO, la Universitat de Lleida, l'Observatori de l'Ebre, l'IMMA (Institut de Metodologies per a

l'anàlisi ambiental, Itàlia) i la UCAM (Universitat Cadi Ayyad de Marràqueix, Marroc). També hi col·laboren altres institucions com l'IRTA, Lab-Ferrer i IsardSat.

El projecte s'implementarà en dues àrees del Mediterrani: una és a la zona regada pel canal Algerri-Balaguer i l'altra és a la conca del Tensift, al Marroc. En aquest dossier ens

centrem en el paquet de treball número 2, que coordina la Universitat de Lleida i que tracta del seguiment *in situ* del reg i els fluxos de drenatge i el seguiment de la qualitat de les aigües de drenatge a la zona regada pel canal Algerri-Balaguer. Aquestes dades permetran calibrar les dades d'observació de la Terra des de les plataformes de satèl·lits com el Sentinel-2, Sentinel-3 i Landsat.



Conques de drenatge monitoritzades dins la zona regable del canal Algerri-Balaguer. Font: elaboració pròpia.



Presa de mostres de nitrats en un dels punts de desguàs d'una de les conques. Foto: Josep Maria Villar.



Sensors d'humitat de sòl a diferents profunditats. Foto: Josep Maria Villar.

Dintre de la zona regable s'han establert quatre subconques, on es monitoritzen i s'estimen els fluxos d'entrada i de sortida. L'objectiu és obtenir els balanços d'aigua i nutrients, el més acurat possible per a cadascuna d'aquestes subconques. Això ha de permetre optimitzar l'ús del reg i de fertilitzants, sobretot els nitrogenats.

02. Col·laboració amb els regants

Entre les parts interessades (*stakeholders*) que han donat suport al projecte tenim la Comunitat de Regants Canal Algerri-Balaguer (CRCAB), l'Acatcor, Infraestructures.cat i la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre. Des del primer moment la CRCAB facilita l'accés i la comunicació amb els regants, el que ha permès desplegar una enquesta als regants que aporta informació molt representativa. La CRCAB també ha fet possible que alguns propietaris hagin facilitat la instal·lació d'equips i sensors a les seves finques.

03. Metodologia del seguiment *in situ*

La teledetecció és una tècnica molt po-

La teledetecció és una tècnica molt poderosa que permet observar el territori d'una manera molt continuada i permet fer un seguiment de les actuacions que es duen a terme.

No obstant, aquest seguiment es basa en l'ús de models que requereixen dades reals preses sobre el terreny.

derosa que permet observar el territori d'una manera molt continuada i permet fer un seguiment de les actuacions que es duen a terme. No obstant, aquest seguiment es basa en l'ús de models, alguns dels quals encara en desenvolupament, que requereixen dades reals preses sobre el terreny.

03.01 Balanç d'aigua

Es consideren entrades l'aigua de pluja i el reg, mentre que l'aigua de dre-

natge i l'evapotranspiració es consideren sortides. D'altra banda, cal tenir en compte la diferència d'aigua retinguda en el sòl durant el període estudiat. El balanç hídric que s'aplica és l'indicat en l'equació 1.

$$\text{Pluja} + \text{reg} = \text{evapotranspiració} + \text{drenatge} \pm \Delta \text{aigua al sòl} \pm \text{error experimental (1)}$$

Mitjançant mètodes de sistemes d'informació geogràfica (GIS) s'han establert les quatre subconques de drenatge. La concentració parcel·laria realitzada va permetre complementar la conca de drenatge natural existent, entubant i augmentant la xarxa de drenatge. Aquest fet permet eliminar l'excés d'aigua del sistema durant el període de reg i durant els períodes de pluja, i evita la salinització del sòl. No obstant, una part considerable de nutrients aportats als cultius de la conca també es perden, fet que suposa pèrdues econòmiques per als agricultors i un impacte ambiental a considerar aigües avall.

Un dels principals reptes és esbrinar quina fracció de l'aigua de drenatge correspon a l'aigua de pluja i quina a

l'aigua de reg. Per aquest motiu s'està duent a terme un estudi isotòpic de totes les aigües del sistema amb col·laboració dels investigadors del CESBIO i l'ús de models de càlcul d'escolament superficial de l'aigua de pluja.

03.02. Aigua de drenatge i nitrats lixiviat

El seguiment de les aigües de drenatge es fa amb sensors CTD-10 (METER Group, Inc, EUA), que mesuren el nivell d'aigua, la temperatura i la conductivitat elèctrica (EC). L'adquisició de dades es fa amb un enregistrator de dades (*datalogger*) Em50G que envia les dades recollides de manera horària al núvol ZentraCloud, el que permet la descàrrega de dades de forma remota. El cabal s'estima a partir del nivell d'aigua, de les dimensions del tub de drenatge i de la velocitat de l'aigua.

Un estudi isotòpic de totes les aigües del sistema amb col·laboració dels investigadors del CESBIO i l'ús de models de càlcul d'escolament superficial de l'aigua de pluja ha de permetre esbrinar quin fracció d'aigua de drenatge correspon a aigua de pluja i quin a l'aigua de reg.

D'altra banda, es monitoritzen de manera periòdica els nivells de nitrats (NO_3^-) amb un equip portàtil. Aquesta monitorització s'acompanya amb algunes analítiques complertes al laboratori. Tot això permet conèixer quin tipus de sals s'exporten, la quantitat de sals i nitrats, i altres nutrients i metalls pesants.

03.03 Aigua de reg i pluja

D'altra banda, gràcies a la col·laboració de la CRCAB, és possible conèixer els volums utilitzats anualment en cadascun dels hidrants que integren les conques. Aquest fet permet, juntament

amb les dades de les estacions meteorològiques de la zona, gestionades pel Servei Meteorològic de Catalunya, conèixer el volum d'aigua que s'aporta a cadascuna de les conques, ja sigui en forma de reg o en forma de pluja. També s'ha instal·lat una estació ATMOS 41 en una de les finques per complementar les dades de pluviometria.

03.04 Aigua al sòl

S'han instal·lat diferents tipus de sensors d'aigua al sòl (5TM, 10 HS i recentment els Teros 12) per conèixer el contingut d'aigua al sòl. Aquests estan

connectats a enregistradors de dades com l'Em50G i el més recent ZL6; tots els equips són de METER Group.

S'han instal·lat lisímetres passius, G3 Lysimeter, en dues parcel·les de la zona regable, que permeten mesurar la quantitat d'aigua i nutrients que es lixivien (figura 4). Es tracta d'un mecanisme senzill que recull l'aigua a una profunditat de 120 cm, un cop aquesta ja ha recorregut la zona radicular del cultiu. Es considera tot el volum d'aigua trobat en aquesta profunditat com a volum de drenatge.



Instal·lació de lisímetre. Foto: Josep Maria Villar.



Logger instal·lat en camp de panís. Foto: Josep Maria Villar.



Instal·lació de sensor CTD. Foto: Josep Maria Villar.

Agronòmicament parlant, és necessària l'existència d'una fracció d'aigua drenada, l'anomenada fracció de rentat, per tal d'evitar la salinització del sòl degut a l'aplicació de volums elevats d'aigua de reg (6.000 m³/ha aproximadament). Si es considera una fracció de rentat del 5%, i en el lixiviat dels lisímetres es troba un volum equivalent al 15% de l'aigua aplicada al cultiu, significa que hi ha un excés d'aigua de reg del 10% que es podria reduir.

No obstant, cal saber com s'aplica aquesta aigua, ja sigui en volum o en freqüència. És per això que a les parcel·les on s'han instal·lat els lisímetres es realitza un monitoratge horari del reg, mitjançant comptadors Smart GPRS (Contazara S.A). Això permet conèixer no solament el volum, sinó la freqüència i dosi d'aplicació de l'aigua.

03.05. Evapotranspiració

Gràcies a les dades aportades pel DACC respecte als cultius (DUN i Sigpac), es coneix l'ús anual de cada parcel·la, fet que permet el càlcul, amb l'aplicació de la metodologia FAO 56, de l'evapotranspiració de cada cultiu. D'altra banda, gràcies a l'ús de l'Índex de vegetació de diferència normalitzada (NDVI) i l'Índex d'àrea foliar (LAI), és possible calibrar els diferents coeficients de cultiu (kc).

Aquestes dades es poden complementar amb dades d'evapotranspiració real i potencial obtingudes a través del mètode TSEB (*Two Source Energy Balance*), gràcies a la col·laboració dels investigadors del Programa d'ús eficient de l'aigua en agricultura (IRTA, Lleida).

04 Agraïments

A tots els regants que accedeixen a donar informació sobre les pràctiques de gestió de l'aigua de reg, de l'ús de nutrients i sobre els cultius. Sense el suport de la Comunitat de Regants del Canal Algerri-Balaguer (el seu president Carlos Gra i el president del Sindicat de Regants, Antoni Costa), aquest projecte seria inviable. L'accés a les dades obertes que facilita el DACC, i a les dades meteorològiques del Meteocat i l'accés que facilita Ruralcat, així com a l'Oficina del Regant i a l'Oficina de Fertilització i Tractament de les Dejeccions Ramaderes. Una agraïment molt especial a Josep Noguero (tècnic de la CRCAB) i a M. Àngels Pires (administrativa de la CRCAB). En aquest moment, els propietaris que tenen sensors a les seves finques són el Sr. Costa, el Sr. Llovera, el Sr. Melendres i el Sr. Magrí, a qui agraïm moltíssim per l'inconvenient que a vegades pot suposar.

Per saber-ne més

L'accés a tota la informació sobre el projecte està disponible a la pàgina web <http://idewa.isardsat.space/>, on hi ha disponible un vídeo al subapartat Documents/multimèdia que permet veure actuacions a la zona regada pel canal Algerri-Balaguer.

ALTÉS, V.; BELLVERT, J.; PASCUAL, M.; VILLAR, J.M. (2023) Understanding Drainage Dynamics and Irrigation Management in a Semi-Arid Mediterranean Basin. *Water*, 15, 16. <https://doi.org/10.3390/w15010016>

JOFRÉ, C., NIETO, H., (2020). "Estimació de l'evapotranspiració amb satèl·lits". *Dossier tècnic*, vol.107, desembre, pàg. 20-23. [fdc31ea9-a405-4e0a-a69a-dad15424f0c0](https://doi.org/10.3390/w15010016) (gencat.cat)

Autoria



Víctor Altés Gaspar

Enginyer agrònom.
Doctorand de la Universitat de Lleida. Enginyer R+D a isardSAT.
victor.altés@udl.cat



Miquel Pascual Roca

Dr. Enginyer agrònom.
Departament d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria.
Universitat de Lleida.
miquel.pascual@udl.cat



Josep Maria Villar Mir

Dr. Enginyer agrònom.
Catedràtic de Sòls i Aigües
Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl.
Universitat de Lleida.
josepmaria.villar@udl.cat

possibles canvis en el cicle de l'aigua regional i desenvolupar eines que permetin gestionar l'aigua de forma més eficient, atès que els recursos hídrics són limitats. Així, l'objectiu principal de LIAISE ha estat millorar la comprensió de les interaccions dels diferents usos del sòl-atmosfera-hidrologia en aquesta zona i proporcionar els fonaments per ajustar els models hidrometeorològics que permetran estudiar l'impacte de la meteorologia sobre els recursos hídrics tant en el context climàtic actual com en possibles escenaris futurs condicionats per l'escalfament global. Aquestes millores permetran millorar les prediccions en altres zones semiàrides del món amb presència de reg.

La presència de regadiu en una zona semiàrida té impactes meteorològics (fort contrast entre els cultius de reg i la zona seca que els envolta) i hidrològics (canvis en l'evaporació, el drenatge i els cabals dels rius). Així, els estudis que LIAISE està portant a terme es poden englobar en tres àmbits:

- Meteorologia: millorar la capacitat dels models numèrics de previsió del temps de simular els processos que tenen lloc en zones semiàrides amb presència de reg, per millorar les prediccions meteorològiques i les projeccions climàtiques.
- Observació de la Terra/teledetecció: validar les noves tecnologies que

permeten estimar des de l'espai el consum d'aigua dels cultius (evapotranspiració), el seu estat hídric (estrès de la vegetació) i les reserves hídriques del sòl (humitat superficial del sòl), per obtenir més dades que ens permetin millorar els models i comprendre els processos físics en joc i així, poder gestionar l'aigua de forma més eficient.

- Hidrologia: millorar els models hidrològics per tal de representar millor els diferents usos de l'aigua per així examplar el coneixement que tenim de l'impacte que té el reg en el cicle de l'aigua i perfeccionar la gestió dels recursos hídrics en un clima que canvia.

Zones d'estudi i equipament

La zona d'estudi triada abasta aproximadament un quadrat de 30x30 km² (figura 1) que està dividit en dues meitats pel límit (de sud-oest a nord-est) entre la zona de regadiu i la de secà (part sud-est). S'hi van instal·lar set llocs d'observació: tres de les ubicacions es trobaven sobre conreus dins de la zona de regadiu, prop del llac d'Ivars, i tres més es trobaven dins de la zona de secà, prop de Preixana, a més d'un lloc d'observació extens existent gestionat per l'IRTA, a Mollerussa.

En cada una d'aquestes ubicacions es va instal·lar una estació de mesura del balanç d'energia superficial (SEB),

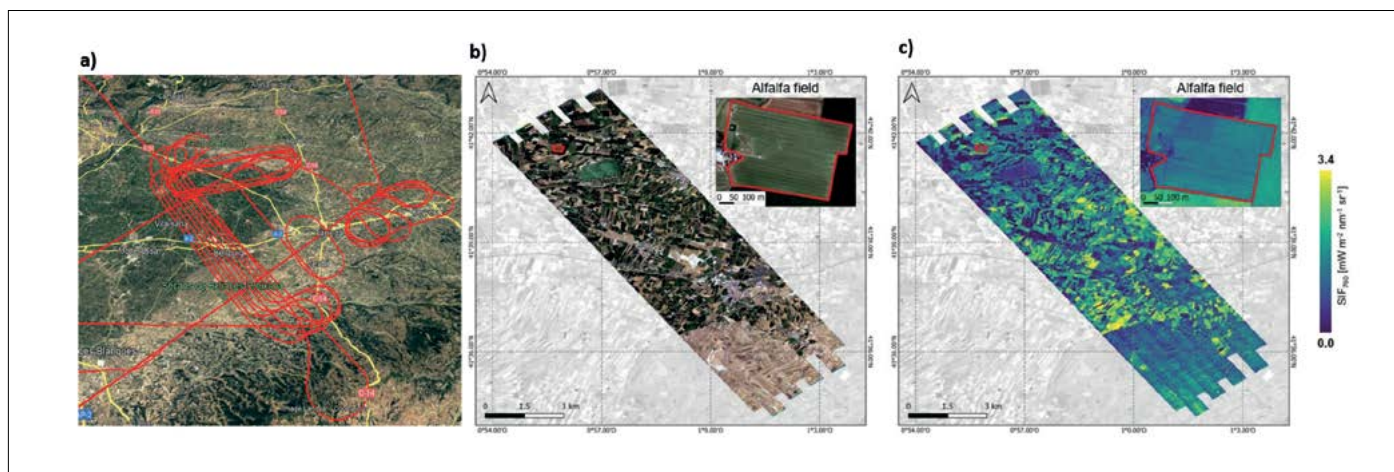
és a dir, de l'intercanvi d'energia entre el sòl i l'atmosfera, excepte a Mollerussa, on n'hi havia tres. A això, hi hem de sumar la informació proporcionada per la ja existent i densa xarxa d'estacions meteorològiques locals i de les dades radar del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), que també instal·là un perfilador de vent i temperatura a la finca gestionada per l'IRTA a Mollerussa.

Es van realitzar mesures ecofisiològiques, tant a escala de la fulla com de la parcel·la. També a La Cendrosa i Els Plans es van mesurar els fluxos de vapor d'aigua i CO₂ entre el sòl i l'atmosfera, i diferents variables meteorològiques a diferents nivells verticals, dins de la capa límit atmosfèrica (CLA, la capa de l'atmosfera que es veu afectada pels processos al sòl, que té un gruix que varia segons les condicions, que pot arribar fins a un quilòmetre d'altitud), utilitzant globus captius, radiosondatges, perfiladors de vent UHF i lidars.

Període d'observació

La campanya es va organitzar en tres períodes diferents:

- I. Durant el període d'observació llarg (POLL), que va durar de març a novembre, es van mesurar variables d'estat superficial d'evolució lenta



Exemple de la informació adquirida per l'avió ATR42 de SAFIRE amb l'espectròmetre HyPlant: a) pla de vol que cobreix la zona d'estudi, b) ortofotografia aèria, i c) mosaic d'inducció solar fotosintètica (SIF), indicador relacionat amb la capacitat fotosintètica de les plantes. Font: elaboració pròpia.

(com la humitat del sòl, l'evapotranspiració dels cultius i la temperatura), en cinc llocs representatius de la zona caracteritzats per diferents cobertes del sòl.

- II. El període d'observació especial (POE) es va produir del 15 al 29 de juliol, quan els contrastos entre superfícies regades i naturals es troben generalment a prop del seu màxim. Es van fer mesures intensives a la superfície i a la CLA, juntament amb observacions ecofisiològiques intensives i mesures d'alta resolució espacial mitjançant teledetecció, tant espacial com aerotransportada. Les mesures aerotransportades de l'atmosfera i la superfície es van fer tant amb avions tripulats com amb vehicles aeris no tripulats (drons).
- III. Finalment, III, els dies d'observació intensiva (DOI) es van definir com els dies dins del POE en què es van produir condicions meteorològiques prou bones per justificar el conjunt complet de les mesures esmentades a l'apartat ii). Afortunadament, el temps durant el POE va ser gairebé ideal amb 11 dies DOI habilitats.

Observació de la Terra

Aquesta campanya ha tingut la participació de tres aeronaus instrumentades, que han aportat dades especialitzades a alta resolució de gran valor, que complementen molt bé les dades puntuals de les estacions desplegades al terra.

L'Oficina Francesa d'Aeronaus Instrumentades per a la Investigació Ambiental (SAFIRE) va fer vuit vols els dies d'observació intensiva, que constaven de dues etapes. Durant la primera etapa, l'objectiu era explorar les propietats de la capa límit atmosfèrica i mesurar la turbulència (a cinc nivells verticals que van des dels 300 m fins a diversos quilòmetres d'altitud). En el segon tram, es van fer mesures aèries d'alta reso-

lució espacial de variables d'estat atmosfèric, humitat superficial del sòl, contingut d'aigua de vegetació, fotosíntesi i biomassa, utilitzant diferents instruments experimentals, com són GLORI i SIF de l'espectròmetre HyPlant (figura 2).

La NASA va fer volar el sensor SLAP, que és una rèplica dels sensors del satèl·lit SMAP, per proporcionar dades d'humitat superficial del sòl d'alta resolució. La majoria dels vols eren de baixa altitud (300 m). En total, es van dur a terme nou vols en condicions favorables, incloses observacions en condicions de reg i precipitacions seguides d'un assecament.

Una tercera aeronau del Laboratori Volador de Sistemes d'Imatge (FLIS), operada per Czechglobe per encàrrec de l'Agència Espacial Europea (ESA), va realitzar cinc vols: es van utilitzar sensors d'imatge hiperespectral d'infrarojos visibles i d'infrarojos d'ona llarga (tèrmic) per a l'adquisició de dades de zones objectiu sota diferents angles de visió.

D'altra banda, l'IRTA va processar series temporals d'evapotranspiració dels cultius a una resolució de 20 metres i freqüència diària, mitjançant imatges fusionades dels satèl·lits Sentinel-2 i Sentinel-3.

02. Quins son els beneficis d'aquesta campanya per al sector agrícola?

La campanya té un gran valor científic, però s'espera que també pugui aportar informació útil per al sector. Es preveu que amb les dades obtingudes es puguin millorar com els models meteorològics descriuen els processos físics que tenen lloc entre el sòl i l'atmosfera en zones semiàrides amb presència de reg. Això ha de millorar les previsions diàries de temperatura, vent i humitat als nivells baixos, fet que ajudarà a afinar les previsions de precipitació i evaporació potencial.

Els models del clima, utilitzats per fer projeccions climàtiques futures, empenen els mateixos codis per descriure els processos entre el sòl i l'atmosfera, fet que redundarà, a la llarga, en millors projeccions climàtiques, que són essencials per planificar la gestió de l'aigua del proper segle. Així, la millora d'aquestes prediccions servirà per conèixer anticipadament, per exemple, quines seran les necessitats hídriques dels cultius. Fet que permetrà millorar l'eficiència en les programacions de reg com en la gestió de l'aigua per part de les comunitats de regants. Finalment, tot això també permetrà millorar els models hidrològics utilitzats per monitorar el cicle de l'aigua i els seus extrems (sequera) i estudiar els impactes del canvi climàtic. Aquests models podran incloure representacions més realistes dels impactes del reg, fet que ajudarà a planificar millor la gestió dels recursos hídrics i la planificació de la gestió en situacions extremes (sequera).

En aquesta campanya hi han col·laborat més de 20 grups de recerca, entre els quals destaquen CNRM-CNRM-Université de Toulouse, Météo-France/CNRS (organitzadors), Universitat d'Illes Balears (UIB), Metoffice, Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS/IPSL i Wageningen University.

Autoria



Joaquim Bellvert Rios
Programa d'ús eficient de l'aigua en agricultura.
IRTA Lleida.
joaquim.bellvert@irta.cat



Pere Quintana Seguí
Observatori de l'Ebre
Universitat Ramon Llull – CSIC
pquintana@obsebre.es



Josep Ramon Miró
Servei Meteorològic de Catalunya.
jr.miro@gencat.cat



Parlem amb: AARON BOONE

Investigador. Centre National de Recherche Météorologique. (CNTRS- Météo France). Toulouse.

Aaron Boone ha estudiat i treballat en els camps de la meteorologia i de la hidrologia des de principis de la dècada de 1990, i s'ha centrat principalment en la interacció terra-atmosfera, en la modelització dels processos de la superfície continental i en la hidrometeorologia. Després d'un període de cinc anys a la NASA, es va traslladar a Météo-France, on va fer la seva tesi doctoral. La seva recerca s'ha orientat al desenvolupament d'un model de transferència sòl-vegetació-atmosfera, que s'utilitza en diverses aplicacions.

La línia del seu treball més recent és la millora de la representació dels processos semiàrids i l'antropització en models de superfície terrestre, i se centra a les comarques de Lleida, on ha liderat la fase intensiva de la campanya de camp internacional LIAISE durant l'estiu del 2021.

Fa molts anys que estudieu les interaccions sòl-atmosfera. A què es refereix exactament? I quina utilitat tenen els estudis que dirigeix sobre aquest tema?

La superfície terrestre i l'atmosfera estan vinculades per intercanvis turbulents de massa (especialment vapor d'aigua a través de l'evaporació i carboni a través de la fotosíntesi i la respiració de les plantes), calor, i radiació (la reflexió i l'absorció de la radiació solar incident i l'efecte net de la pèrdua d'energia per la superfície deguda a la radiació d'ona llarga emesa per la superfície i rebuda per l'atmosfera). Aquests estudis requereixen aportacions dels camps de l'agronomia, la meteorologia (sobretot pel que fa a la capa límit atmosfèrica superficial), la fisiologia vegetal i les ciències hidrològiques. En les últimes dècades, les dades de teledetecció (des de satèl·lits o plataformes aeroportades) han adquirit un paper cada vegada més important a l'hora d'ampliar el nostre coneixement tant a escala de parcel·la com a escala de camp, regional i fins i tot global.

L'objectiu d'aquests estudis és millorar la nostra comprensió dels processos que acabo d'esmentar i dels efectes que tenen en els cicles de l'energia i de l'aigua (fent el seguiment del cabal, les pèrdues, els guanys i l'emmagatzematge d'energia i aigua en el sistema terrestre), la qual cosa, al seu torn, ens pot ajudar a millorar les prediccions, especialment pel que fa a possibles canvis en el sistema

terrestre. I, com a investigadors, la principal eina que tenim per fer prediccions són els models de base física, que sumen tot el nostre coneixement científic sobre aquests processos i constitueixen una eina increïblement útil a l'hora d'informar-nos, probabilísticament, sobre l'estat futur dels nostres recursos hídrics.

[Les observacions climàtiques mostren un escalfament global, i diferents estudis preveuen per als pròxims anys un augment de la temperatura de l'aire i una disminució de les precipitacions. Ens ho hem de creure? A quins llocs s'esdevindria això principalment? Per què? Com pot afectar l'agricultura?](#)

La sèrie d'informes més recents del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (GIECC, o IPCC per la sigla en anglès), que són d'accés públic, ofereixen una gran quantitat de dades sobre aquests aspectes i es poden considerar com la principal referència sobre aquest tema. Dit això, l'aclaparador consens de la comunitat científica internacional i dels experts en climatologia és que les temperatures estan augmentant a un ritme alarmant, cosa ben fàcil de comprovar si es miren els registres de la temperatura de l'aire a llarg termini a tot el món, i molts altres efectes relacionats (com ara el ràpid desglaç de les glaceres arreu del món, etc.). També és important distingir entre clima i temps: el temps es refereix a les variacions normals dels períodes relativament càlids i freds, humits i secs que experimentem diàriament. Aquestes variacions, és clar, continuaran amb el canvi climàtic. Però el que s'espera és que, a causa del canvi climàtic, la freqüència i la intensitat dels esdeveniments extrems, com ara la sequera, les onades de calor i les pluges extremes, augmentin a mesura que augmenten les temperatures. En els darrers anys, hi ha molta gent a Espanya i França que sense ser científics s'han adonat d'aquests esdeveniments.

La predicció climàtica es basa en gran part en mètodes estadístics per quantificar la incertesa que envolta les prediccions, i resulta que el fet d'utilitzar les prediccions de molts dels models climàtics més avançats ens ajuda a millorar les nostres prediccions i a calcular la incertesa relacionada en les prediccions. La intensitat dels canvis previstos varia geogràficament, i s'espera que els impactes siguin més importants en unes zones que en altres, i en diferents moments del futur (és a dir, algunes zones rebran impactes més greus abans, altres rebran els principals impactes més tard, etc.).

Actualment, el que consensuen aquests models és que la zona nord-est d'Espanya, un dels graners essencials d'Europa, estarà sotmesa a un escalfament i assecament entre mitjans i finals d'aquest segle, el grau

dels quals dependrà en gran mesura de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Alguns dels principals efectes meteorològics de l'escalfament són un començament avançat de la temporada de creixement i un augment de l'estrès tèrmic: aquests impactes poden requerir canvis en els tipus de cultius, és a dir, plantes més ben adaptades. Que hi hagi menys precipitacions implica, en primer lloc, que caldrà més irrigació, però a més aquest problema es pot veure agreujat per una disminució de les nevades i les precipitacions a les capçaleres de determinades conques, per exemple la de l'Ebre. Hi ha molts més efectes, com ara la possible proliferació d'insectes no autòctons i d'espècies vegetals invasores, tema en què no soc expert però del qual també es parla en els informes del GIECC.

[I nosaltres \(la societat\), què podem fer per mitigar els efectes del canvi climàtic?](#)

Sembla que cal preveure estratègies tant de mitigació (principalment reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle) com d'adaptació (augmentar l'emmagatzematge d'aigua o l'optimització de l'ús de l'aigua, seleccionar cultius d'espècies que siguin més resistents a la calor i a la sequera). Ambdues estratègies requereixen accions per part dels agricultors individuals, dels decisors regionals i, finalment, dels polítics nacionals.

[Un dels temes que estudieu són els efectes de la interacció entre l'agricultura de regadiu i l'agricultura de secà sobre la capa límit atmosfèrica \(ABL per la sigla en anglès\) i com això pot afectar els models actuals utilitzats per fer les prediccions meteorològiques. Per què això afecta els models meteorològics?](#)

El principal impacte de les zones irrigades sobre els intercanvis entre la terra i l'atmosfera segons els models és un augment de l'evaporació a la superfície terrestre, la qual cosa fa que es produeixi un refredament de la superfície terrestre i de l'atmosfera inferior (la capa límit) en comparació amb una zona no irrigada. Aquest fet, al seu torn, pot provocar canvis, a escala local i també a escala regional, en la nuvolositat, en el vent, en la sensació tèrmica, etc (la temperatura i la humitat de l'aire que experimentem) i possiblement en els patrons de pluja a l'estiu. Tots aquests aspectes són importants a l'hora de fer previsions meteorològiques. En els models climàtics, l'aigua per al reg l'han de proveir els aqüífers, els embassaments o els rius, de manera que hi ha una connexió entre aquests. Així, l'augment de les superfícies irrigades pot afectar el cicle d'aigua previst pel model en disminuir l'aigua (assecament) dels embassaments: això permet una millor predicció de l'impacte que tindrà l'augment de les zones de regadiu sobre els recursos hídrics futurs.

Heu liderat el projecte francès HILIAISE dins de la missió internacional LIAISE. Durant l'estiu del 2021, aquest projecte va recollir dades en diversos àmbits de la zona:

- Quin era l'objectiu d'aquest projecte?

L'objectiu general de LIAISE és millorar la comprensió de les interaccions terra-atmosfera-hidrologia en una zona semiàrida caracteritzada per una forta heterogeneïtat de la superfície deguda als contrastos entre el paisatge natural i l'agricultura intensiva.

- Des del punt de vista atmosfèric, què observeu en una zona com el Pla d'Urgell, on hi ha una interacció entre els camps de regadiu amb diferents sistemes i les terres de secà?

Se sap que és possible que la irrigació afecti les característiques de la capa límit atmosfèrica local (ABL per la sigla en anglès), i que, com a conseqüència, es modifiquin les condicions atmosfèriques properes a la superfície i els núvols al vent de les zones irrigades, i es pugui modificar el reciclatge de la precipitació (precipitació que s'evapora i es precipita localment).

- Des del punt de vista de l'aplicació, què aportaran els resultats de LIAISE a la societat en general i als agricultors i als gestors de l'aigua de reg en particular?

La manca d'observacions coherents i àmplies ha impedit entendre l'impacte de l'antropització i fer-ne la representació en models. La comarca del Pla d'Urgell ha estat triada per al projecte i per a la campanya de camp LIAISE perquè té una gran importància socioeconòmica, és gran i té una irrigació intensiva: ens sembla que representa allò que, com més va, més zones del món seran en el futur. El que esperem és poder oferir als agricultors i als gestors de l'aigua informació sobre els efectes previsibles que tindrà el canvi climàtic respecte de les necessitats futures d'aigua i sobre la mena de canvis que pot experimentar el clima local i regional (per tal d'ajudar-los a preparar millor cultius eficients i estratègies d'ús de l'aigua perquè s'adaptin millor).

- Quins són els següents passos del projecte LIAISE?

Està en marxa el processament de dades de la campanya de camp i les dades s'aniran introduint contínuament a la base de dades de LIAISE. Aquestes dades constituiran la base de nombrosos projectes i iniciatives de modelització internacionals, el resultat final dels quals ha de ser una predicció millorada. D'altra banda, les dades també poden ajudar a millorar la recuperació de variables relacionades amb la hidrologia: com a mínim són dos els

El principal impacte de les zones irrigades sobre els intercanvis entre la terra i l'atmosfera segons els models és un augment de l'evaporació a la superfície terrestre, la qual cosa fa que es produeixi un refredament de la superfície terrestre i de l'atmosfera inferior (la capa límit) en comparació amb una zona no irrigada. Aquest fet, al seu torn, pot provocar canvis, a escala local i també a escala regional, en la nuvolositat, en el vent, en la sensació tèrmica, etc.

projectes finançats per l'Agència Espacial Europea que tenen previst utilitzar el conjunt de dades obtingudes per millorar el nostre coneixement sobre l'impacte de la irrigació aigües avall per part de les agències de gestió de l'aigua. Finalment, hi ha prevista una sèrie d'accions divulgatives a les comarques de Lleida. Durant la campanya, es van fer presentacions per a grups locals relacionats amb la viticultura i es van oferir classes a un institut d'educació secundària (que va tenir l'amabilitat d'acollir les sessions informatives de previsió de LIAISE) sobre les interaccions terra-superfície, en què es van posar en relleu els objectius i resultats de la campanya LIAISE. De cara al 2022, hi ha previstes activitats divulgatives més completes liderades per l'IRTA, juntament amb el primer taller internacional LIAISE posterior a la campanya a les comarques de Lleida.

[Pregunta oberta o opinió. Podeu explicar el que vulgueu o afegir més preguntes. Endavant...](#)

Vull expressar el meu agraïment a totes les parts espanyoles participants per haver fet d'aquesta campanya un èxit rotund. Estem agraïts especialment a la UIB, l'SMC, l'Observatori de l'Ebre, la UB i l'IRTA per haver acollit reunions i jornades, per haver establert connexions amb organismes locals responsables d'aigües, parcs i explotacions, per haver aportat dades i donat suport a les campanyes (inclòs l'accés als llocs) i, sobretot, per la seva expertesa. També donem les gràcies a SAF-Sampling, que va oferir els serveis perquè la campanya es desenvolupés sense obstacles. Finalment, vull manifestar el meu reconeixement als gestors de l'estany d'Ivars, als propietaris i als agricultors dels nombrosos llocs on es van instal·lar els instruments: han estat l'eix vertebrador de la campanya. Els nostres col·legues internacionals i jo mateix desitgem que les col·laboracions continuïn els pròxims anys.

