



Informe
Àrea 5G
Terres de Ponent



5G i la transformació digital de l'agricultura de regadiu





Índex

Introducció	5
La transformació digital de l'agricultura de regadiu.....	7
L'evolució de l'agricultura SMART	7
La importància de la dada en l'agricultura de regadiu SMART	8
De la captura de la dada a l'aplicació variable	9
La digitalització contribueix a assolir els objectius de desenvolupament sostenible	12
Transparència i dades obertes en agricultura.....	13
La digitalització com a fre per al repte demogràfic.....	15
La tecnologia 5G	17
Introducció a la tecnologia 5G	17
Característiques de la tecnologia 5G	18
Les dues fases de la tecnologia 5G	19
La tecnologia 5G en zones rurals	20
Desplegament de la fibra òptica a Catalunya.....	20
Tecnologia 5G via satèl·lit.....	20
Pilots de tecnologia 5G en zones rurals de Catalunya	21
Projecte 5G Rural, la primera parcel·la agrícola 5G a Espanya	21
Pilot CoEbreLab, la primera àrea 5G.....	23
Projecte Àrea 5G	23
TDA 5G Rural	23
La innovació social digital com a base	24
Lleida On, l'Àrea 5G de les Terres de Ponent	24
SmartCatalonia Challenge.....	26
Transformació Digital del Medi Rural (6a ed.).....	26
Gestió de l'Aigua (7a ed.)	26
Transformació digital associada a la producció agroalimentària	27
Recol·lectar dades des de la sembra	27
Assessorament i consulta de dades des de la parcel·la	28
Ús i resolució creixents de la teledetecció.....	29
Drons: teledetecció i aplicació	32
Vehicles autònoms i robots	33
Dades massives en els sistemes de suport a la decisió	35
Intel·ligència artificial per comptar pomes.....	37
La logística de la producció agroalimentària	39
La traçabilitat de la producció d'aliments amb cadena de blocs	40

Transformació digital associada a la gestió de l'aigua de reg.....	41
La gestió i la planificació de l'aigua de reg a partir de la crisi del coronavirus	41
L'ajuda de la teledetecció en la gestió de l'aigua per a les comunitats de regants	42
La telegestió del regadiu.....	44
De les xarxes de reg a les xarxes de comunicació.....	45
Dades per millorar el disseny i el manteniment de la xarxa de reg.....	46
Sensors per optimitzar l'ús de l'aigua a la parcel·la	47
Sensors a la parcel·la	47
La teledetecció de la parcel·la	49
Evitar la contaminació difusa mitjançant la traçabilitat dels purins	51
L'economia circular, l'agricultura de regadiu i les depuradores	52
Transformació digital en el regadiu del segle XXI.....	53
 Pla per a la reactivació econòmica i protecció social, una oportunitat per a la transformació digital de l'agricultura de regadiu	55
 La xarxes socials i professionals en l'agricultura de regadiu	57
 Ciberseguretat	59
 Resum	61
 Enllaços d'interès	63
Notes de premsa.....	63
Publicacions	63
 Qui és qui	65
 Dades de l'autor	67



Introducció

El 23 d'octubre es va presentar a la Seu Vella de Lleida el projecte **Lleida On**, un projecte de desenvolupament territorial impulsat pel Departament de Polítiques Digitals amb la Col·laboració de Mobile World Capital Barcelona, la Fundació i2CAT, la Cambra de Comerç de Lleida, la Diputació de Lleida, la Paeria de Lleida i la cobertura 5G de Telefónica.

Aquesta nova **Àrea 5G Terres de Ponent** s'estructura sobre quatre eixos, sectors de gran importància per a l'activitat econòmica de les Terres de Lleida:

- agroalimentació
- ramaderia i salut animal
- gestió de l'aigua
- comerç i logística

El dia abans, el vicepresident i la consellera d'Agricultura del Govern de la Generalitat havien presentat a la seu de la Comunitat General de Regants dels Canals d'Urgell el projecte de modernització que està inclòs en el Pla per a la reactivació econòmica i protecció social de Catalunya, un projecte que suposa una inversió de 1.350 M€.

S'han presentat dos projectes per a les Terres de Lleida, ambdós de gran importància i amb sinergies, que han de contribuir als dos grans reptes de la nostra societat: la millora de la gestió de l'aigua de reg en benefici de la sostenibilitat en un escenari de canvi climàtic i la transformació digital de les zones rurals.

Es presenten casos d'èxit en dos dels quatre eixos esmentats: la producció agroalimentària i la gestió de l'aigua de reg. L'ús principal de l'aigua a la zona de Lleida, com a la majoria de zones, és l'ús agrari, raó per la qual aquesta publicació analitza la transformació digital de l'agricultura de regadiu.

Aquest eix sobre transformació digital en l'agricultura se centra precisament en l'agricultura de regadiu per les raons següents:

- L'agricultura de regadiu combina dos dels eixos identificats en el projecte Lleida On: la producció agroalimentària i la gestió de l'aigua.
- El canvi climàtic, amb alternança d'episodis de sequeres llargues amb episodis de temporals amb precipitacions intenses, provoca que l'aigua, i especialment per a usos agraris, sigui un recurs cada vegada més escàs. Hi ha diversos objectius de desenvolupament sostenible que necessiten que la producció d'aliments per part de l'agricultura sigui cada vegada més eficient en l'ús dels recursos; en especial de l'aigua.
- La major part de la producció es concentra a les superfícies de regadiu. A Espanya, el regadiu representa un 15 % de la superfície agrària útil, si bé aporta aproximadament un 65 % de la producció final agrícola. A la zona de Lleida, la major part de la producció agroalimentària es concentra en els sistemes de regadiu principals: Canal d'Urgell, Canal d'Aragó i Catalunya, Canal de Pinyana i Canal d'Algerri-Balaguer.
- Hi ha un nombre considerable de conreus que, per les nostres condicions climàtiques, només poden ser de regadiu. Hi ha altres conreus, típicament mediterranis, per als quals s'han de garantir aportacions d'aigua en forma de reg si es volen mantenir bones produccions amb el pas dels anys. És en aquests conreus on se centren els primers casos d'èxit de transformació digital.
- Al voltant de la indústria del regadiu hi ha un nombre important d'indústries de referència internacional; empreses que en aquests moments analitzen quines millores pot aportar la transformació digital.

Evidentment, alguns dels conceptes que es comenten també es poden aplicar a l'agricultura de secà.



La transformació digital de l'agricultura de regadiu

L'evolució de l'agricultura SMART

En aquesta publicació s'ha prioritzat el terme *transformació digital de l'agricultura*, però en la diversa bibliografia trobem altres formes per descriure aquest concepte, com ara *agricultura 4.0*, *agricultura de precisió* / *variable* / *connectada* o *smart agriculture*.

Des de començaments de segle s'han anat succeint diferents revolucions en l'agricultura:

- **Agricultura 1.0:** a començaments del segle xx les explotacions utilitzaven la tracció animal.
- **Agricultura 2.0:** a partir de 1950 es va generalitzar la mecanització agrària, com també l'ús de fertilitzants, pesticides o híbrids amb més potencial productiu.
- **Agricultura 3.0:** a partir de 1990 es comença a introduir el concepte d'agricultura de precisió amb la utilització de GPS i cada vegada més eines per a la gestió de dades.
- **Agricultura 4.0:** a partir de 2012 tots els sectors econòmics fan el pas cap a la transformació 4.0, gràcies a la generalització de la tecnologia i als avenços que es produeixen en termes de connectivitat. Les tecnologies principals que s'incorporen són l'internet de les coses, les dades massives amb informació al núvol, la intel·ligència artificial i aprenentatge automàtic, i la ciberseguretat.
- **Agricultura 5.0:** les tecnologies que es generalitzen són la robòtica, els vehicles autònoms i l'ús d'energies renovables.

L'heterogeneïtat de les explotacions fa que actualment puguin conviure en el temps explotacions en les diferents etapes. Podem trobar explotacions de conreu ecològic de vinya al Priorat que utilitzen la tracció animal i explotacions d'ametller que tenen vehicles autònoms per aplicar els tractaments fitosanitaris.

També s'observa com el temps entre revolucions és cada vegada més breu i, per tant, l'agricultura ha d'estar preparada per assimilar revolucions digitals que cada cop se succeiran més ràpidament.



Figura 1. Etapes de l'agricultura que coincideixen actualment.

L'objectiu de cadascuna de les revolucions és fer les tasques de manera cada vegada més mecànica per millorar la rendibilitat i l'eficiència en la utilització dels inputs.

És cert que quan es va passar de la tracció animal al tractor es van perdre llocs de treball, però és igualment cert que la majoria d'explotacions no van tornar enrere. En cada revolució hi ha persones que pensen que es perden llocs de treball, però en general s'acaben generant llocs de treball més especialitzats.

Les últimes revolucions de l'agricultura són principalment digitals. Cada vegada hi ha més tecnologies per ser més eficients, més dispositius connectats, volums de dades cada cop més importants... En aquest escenari, els agricultors han de millorar contínuament les seves habilitats digitals.

En el sector de l'agricultura, la bretxa tecnològica és cada vegada més gran. S'anomena bretxa tecnològica la distància entre la tecnologia disponible i la tecnologia que s'utilitza. L'increment d'aquesta bretxa es pot explicar perquè els agricultors no veuen rendibilitat en la introducció de la tecnologia, per la manca de formació o per l'edat dels titulars de les explotacions, entre d'altres.

Sigui quina sigui la raó, és una qüestió que cal abordar per tal que els agricultors utilitzin la tecnologia per ser més competitius, tinguin una millor qualitat de vida i la seva activitat sigui més sostenible.

La tecnologia és una eina per ajudar l'agricultura. La tecnologia no ha de suposar una pèrdua de renda de les explotacions, ni tampoc expulsar els agricultors de la seva activitat. Tots hem de millorar les nostres habilitats digitals per evitar quedar-nos enrere.

La importància de la dada en l'agricultura de regadiu SMART

Si hi ha una característica que sintetitzi el que representa l'agricultura SMART és la **gestió de la variabilitat. A diferència de la indústria, l'agricultura és una activitat a l'aire lliure, fet que implica una alta variabilitat d'ambients.** Hi ha variabilitat de conreus i varietats, variabilitat climàtica, variabilitat d'afecció al conreu per males herbes, plagues o malalties, etc.

Utilitzar dades de diferents sensors d'ERP amb informació obtinguda cada vegada més des de les parcel·les, de bases de dades (públiques o privades) i de registres de maduració o aforaments és una opció a l'abast de les organitzacions del sector agrícola per reduir la incertesa i prendre millors decisions.

Un dels avantatges principals de la transformació digital és que podem disposar d'una gran quantitat de dades per gestionar aquesta variabilitat. Aquestes són les característiques principals que han de tenir les dades:

- **Dades úniques.** Disposar d'una dada única permet fer el seguiment d'una variable d'una manera quantitativa.
- **Dades fiables.** Els sensors que treballen automàticament, un cop calibrats, capturen les dades de la mateixa manera. Els mesuraments basats en la percepció humana poden presentar variacions importants en funció de l'experiència professional, l'edat, el nivell d'estrès o el cansament.
- **Dades contínues.** Obtenir les dades automàticament permet disposar-ne de manera constant per consultar-les en temps real o tenir un historial. Les dades poden ser contínues en el temps, però també en l'espai, com passa en les sèries d'imatges de satèl·lit.

En aquest mar de dades, però, hi ha una afirmació certa: val més no tenir una dada, que tenir-ne una de deficient. Per això és important tenir la informació de la dada, però també de la metadada. Les dades tenen un context, que cal entendre per poder-ne extreure la informació.



A l'hora de definir el model de dades és important repassar aquestes característiques:

- **Existència.** Falta alguna dada o n'hi ha alguna que no sigui útil?
- **Conformitat.** El format d'emmagatzematge de les dades i les seves unitats són estàndard?
- **Consistència.** Hi ha dades que aportin informació conflictiva?
- **Precisió.** Quines dades són incorrectes o estan caducades?
- **Duplictat.** Quines dades o atributs estan repetits?
- **Integritat.** Quina informació no està referenciada?

El juny de 2020, el Col·legi d'Enginyers Agrònoms de Catalunya va editar una publicació titulada **El procés d'integració digital de la cadena agroalimentària: com enllacem el camp i la indústria?** En aquesta comunicació es posa èmfasi en l'inici de la digitalització, tant de l'agricultura com de la indústria agroalimentària, i en el fet que comparteixin informació en totes dues direccions.

De la captura de la dada a l'aplicació variable

Des de fa temps, l'agricultura s'ha basat a observar com es troba el conreu, analitzar la informació i realitzar una aplicació. La transformació digital que vivim aquests darrers anys aporta als gestors de les explotacions agrícoles de regadiu una gran quantitat de tecnologies per capturar dades, analitzar-les i, posteriorment, realitzar aplicacions variables.

Per tal que les dades capturades aportin una millora als resultats empresarials, s'han d'analitzar i, després, han de permetre aplicacions variables. **Si ens quedem en la dada i no passem a l'anàlisi i a l'acció variable, no generem valor.**

Es presenta l'exemple de la **gestió de l'aigua** de reg per explicar aquest procés de captura de dades, anàlisi i aplicació variable.

- **Mesurament.** Cada vegada disposem de més informació d'imatges de satèl·lit amb més resolució, comptadors d'aigua, sensors d'humitat, etc. **Les dades han de ser de qualitat.** Aquestes dades ens expliquen per què cal aplicar l'aigua d'una manera variable en parcel·les, conreus o tipus de sòl.
- **Prescripció.** A partir de l'anàlisi de la informació que tenim, ja sigui a càrrec d'un tècnic o bé a través de sistemes d'aprenentatge automàtic, hem de definir «què», «quan» i «on» apliquem pel que fa a l'*input* que estem analitzant; en aquest cas, l'aigua de reg. **La qualitat de l'anàlisi ens donarà informació, i la qualitat en la presa de decisions ens donarà el coneixement** per a una prescripció òptima del reg.
- **Aplicació.** Respon a les qüestions de «com» i «qui» aplicarà aquesta prescripció. En el cas de l'agricultura de regadiu, cada vegada es disposa de més informació per a la prescripció, però encara no s'ha generalitzat la tecnologia per poder aplicar l'aigua d'una manera variable com ho fan els pivots VRI (*Variable Rate Irrigation*).



Figura 2. Etapes de la cadena de valor de la informació.

Un cop explicada la importància de la cadena de valor de la dada en l'aplicació de l'aigua de reg, cal afegir que inicialment les prescripcions per gestionar les explotacions de manera variable les feien els enginyers agrònoms, però que **la tendència actual és que cada vegada més prescripcions es facin de manera automàtica a partir de lectures de sensors en temps real**. Alguns exemples:

- Dispositiu weed it, que aplica herbicida únicament en aquelles parts de les parcel·les on hi ha males herbes.
- Dispositiu Cropspec de Topcon per a fertilització de cobertura variable en funció de l'estat del conreu.
- Dispositiu Farm de Precision Planting, que pot fer una sembra de dosi variable en funció del contingut de matèria orgànica de cada zona de la parcel·la.
- Aplicació de fitosanitaris de manera variable segons la coberta del conreu (Hardi).
- Aplicació variable de purins com a fertilitzant segons la càrrega de N.



Figura 3. Exemple d'aplicació variable, en aquest cas d'herbicida.
Imatge: Weed IT.



Figura 4. Exemple d'aplicació variable de productes fitosanitaris en conreu de vinya, en funció del mapa de vigor o de sensors en temps real.
Imatge: Hardi.



L'any 2002 Arjen Hoekstra va encunyar el concepte de **petjada hídrica**. La petjada hídrica mesura el volum d'aigua evaporada (verd), consumida (blau) o contaminada (gris) necessària per produir un producte determinat o prestar un servei concret.

En agricultura, cada vegada hi ha més productors que calculen la seva petjada hídrica per mesurar la sostenibilitat dels diferents aliments que produeixen. Aquesta informació la sol·liciten tant les empreses comercialitzadores com els supermercats o el consumidor final.

Davant d'aquesta realitat, ja hi ha empreses que calculen tant la petjada hídrica com la petjada de carboni. Per poder fer aquests càlculs, cal disposar de la metodologia i de les dades necessàries recollides al camp. La metodologia per al càlcul de la petjada hídrica queda definida per l'ISO 14046, mentre que l'ISO 14067 defineix el càlcul de la petjada de carboni.

De la mateixa manera, també es pot estimar la **petjada digital** com la quantitat d'informació que una explotació genera en la producció de la unitat d'un conreu determinat. La veritat és que, d'una manera quantitativa, un mateix conreu utilitza cada any un volum d'informació superior per a la mateixa quantitat de producció.



Figura 5. Cada conreu i explotació agrícola té una petjada hídrica i una petjada digital en la producció d'aliments.

Per raons de rendibilitat econòmica i de sostenibilitat ambiental, cal fer un ús eficient de les dades. Actualment s'estima que, a escala mundial, el consum d'energia de les xarxes de transmissió de dades representa un 1%, mentre que els centres de dades representen un 1%, del qual prop d'un 40 % s'utilitza en la refrigeració d'aquests centres de dades.

La digitalització contribueix a assolir els objectius de desenvolupament sostenible

El 2015 l'ONU va aprovar l'Agenda 2030 sobre desenvolupament sostenible, en la qual es defineixen els 17 objectius de desenvolupament sostenible (ODS) i 169 fites destinades a resoldre, en un termini de 15 anys (2015-2030), els problemes socials, econòmics i ambientals que afecten el món. Els ODS van substituir els objectius de desenvolupament del mil·lenni (ODM).



Figura 6. Els 17 objectius de desenvolupament sostenible de les Nacions Unides.

Els ODS busquen combinar dues coses aparentment contradictòries: la lluita contra el canvi climàtic i la millora de l'alimentació de mil milions de persones malnodrides i dels mil cinc-cents milions més de persones en què s'incrementarà la població mundial el 2050. **Això només es pot aconseguir si l'agricultura genera més aliments amb menys recursos.** Aquest increment de productivitat es pot aconseguir amb innovació i empreudoria, però sobretot amb transformació digital (millorar eficiències, automatitzar i optimitzar processos, etc.).

Sovint s'esmenta de manera independent el dissetè ODS: aliances entre els diferents agents amb l'objectiu de millorar la resta d'ODS. Durant l'any 2020, en què ens ha tocat viure la pandèmia del coronavirus, s'ha demostrat que la transformació digital facilita el treball en equip per aconseguir reptes comuns i que el teletreball contribueix a la reducció de l'impacte sobre el planeta.



Transparència i dades obertes en agricultura

La combinació de la transformació digital i l'estratègia de les diferents administracions d'oferir cada vegada més dades públiques, tant pel que fa a imatges de satèl·lit com a informació vectorial, és sinònim de més transparència en l'ús dels recursos.

L'estratègia d'obertura de les dades públiques de la Generalitat de Catalunya per avançar en els objectius de la **Carta internacional de dades obertes es basa a facilitar dades obertes per defecte, actualitzades, accessibles i utilitzables.**

La imatge del «Big Brother is Watching you» es pot aplicar perfectament a l'agricultura, perquè la societat disposa d'informació per analitzar com els agricultors de regadiu incorporen els inputs per produir aliments.

Des de 2015, el Departament d'Agricultura de la Generalitat de Catalunya publica cada any el mapa de conreus en funció de la declaració de conreus de la DUN. El juliol de 2020 va publicar la Cartografia d'explotacions de Catalunya. En la figura següent es mostra un exemple d'una explotació a la zona del Canal d'Urgell, amb una important dispersió parcel·lària. Aquesta informació pot ser d'interès per a diferents tipus de projectes de desenvolupament rural, com ara la modernització de regadius.

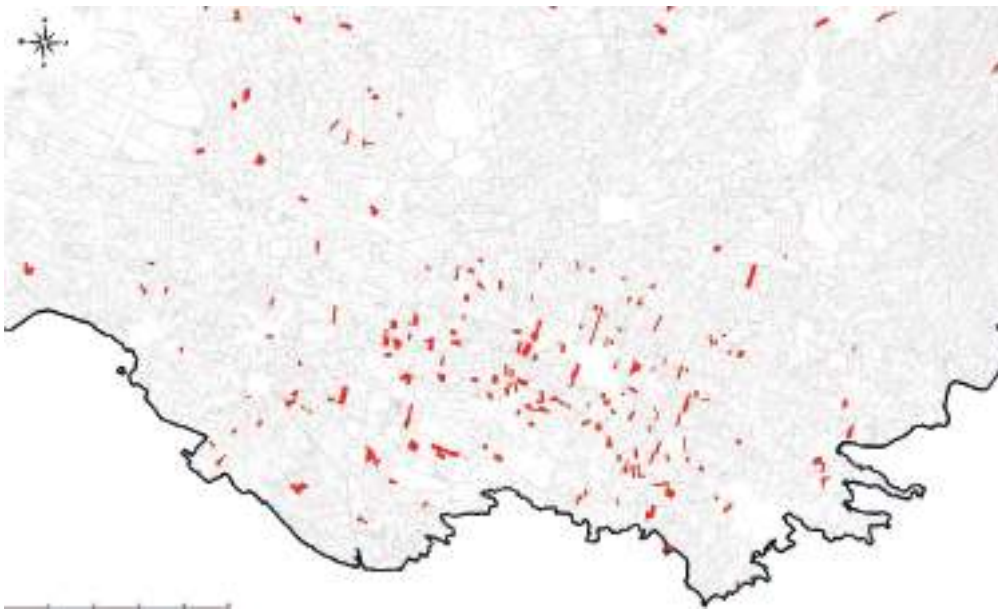


Figura 7. Exemple d'informació disponible a la Cartografia d'explotacions de Catalunya (publicada el juliol de 2020).

La digitalització com a fre per al repte demogràfic

Els darrers mesos s'ha parlat molt del repte demogràfic de les diferents zones rurals i del repte que tenim tots perquè les persones de les zones rurals disposin de les mateixes condicions digitals que les persones de les zones urbanes.

A Catalunya la població es concentra al llarg de la costa i, especialment, a l'àrea metropolitana de Barcelona. Pel que fa a la gestió de l'aigua, Catalunya es divideix en conques internes i conques intercomunitàries, amb una superfície molt similar entre totes dues zones. Així, les conques internes acumulen el 51 % de la superfície, però un 92 % de la població de Catalunya. A les conques intercomunitàries, amb només un 8 % de la població, s'hi concentra la major part dels regadius de Catalunya.

En la figura següent es poden veure els regadius tradicionals de Catalunya que tenen pendent una modernització, així com altres regadius, que corresponen a actuacions de transformació planificades que es troben en diferents nivells d'execució.

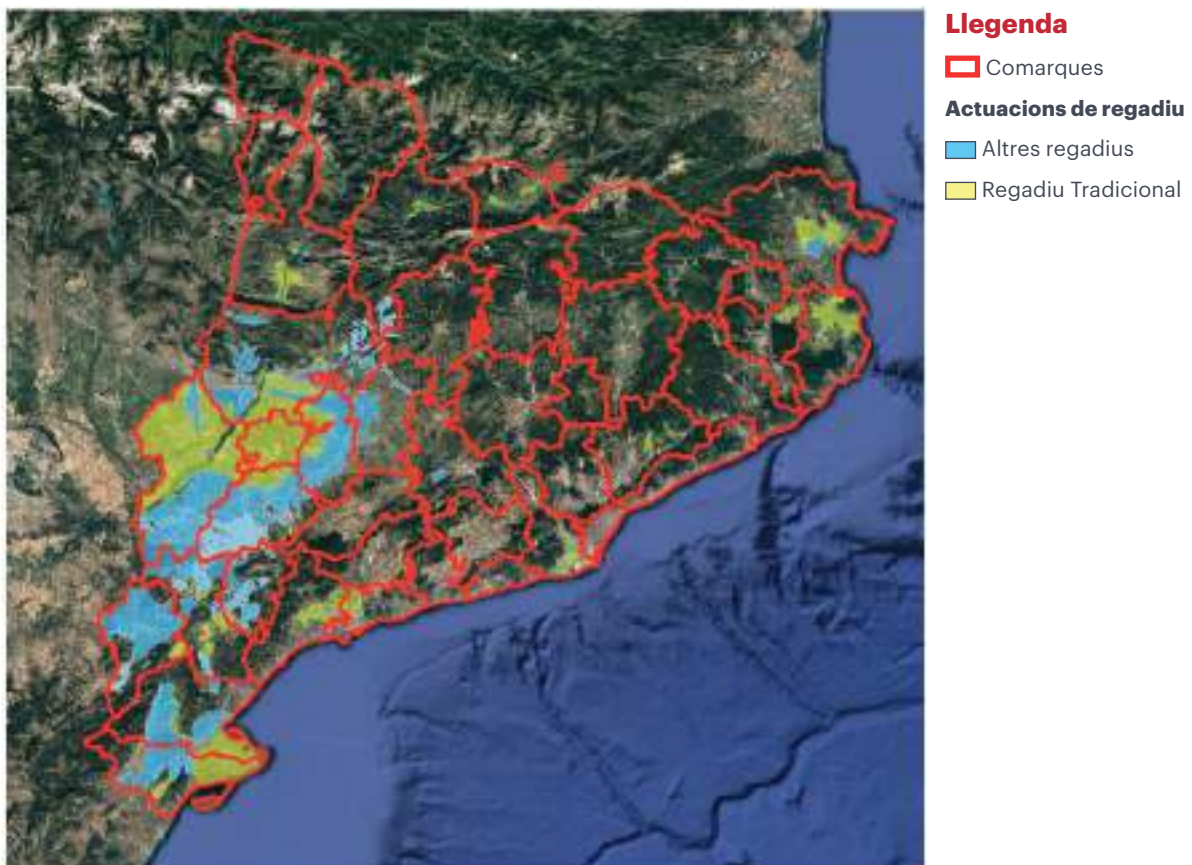


Figura 8. Actuacions de regadiu a Catalunya (regadius tradicionals / altres regadius).
Imatge pròpia a partir de dades de l'Idescat.

A continuació es presenta una cartografia per municipis en la qual es pot comprovar que hi ha una relació directa entre els municipis que tenen majors reptes demogràfics i els municipis on no s'han finalitzat les obres de transformació en regadiu, i que també tenen limitacions en termes de comunicacions. A causa de la topografia d'aquestes zones, hi ha problemes de cobertura 4G.

Aquests municipis es caracteritzen per:

- Envelliment de la població (alt percentatge de persones majors de 65 anys).
- Pèrdua de població.
- Densitat de població molt petita.
- Percentatge menor de dones.

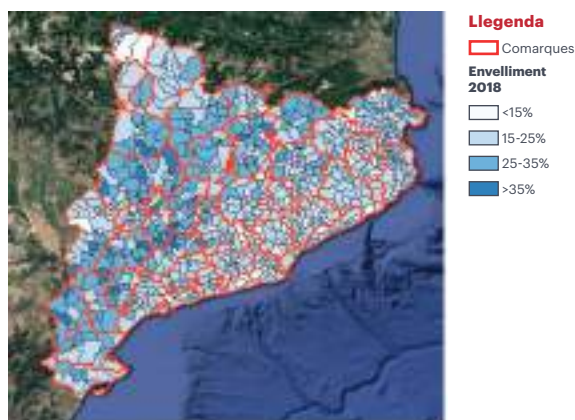


Figura 9. Envelliment de la població.
(% població de 2018 > 65 anys)
Imatge pròpia a partir de dades de l'Idescat.

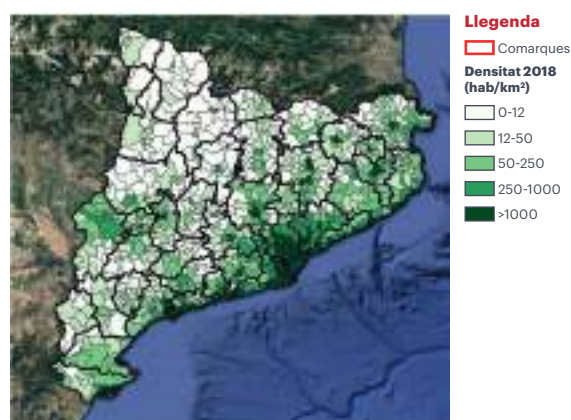


Figura 11. Densitat de població.
(hab./km2 el 2018)
Imatge pròpia a partir de dades de l'Idescat.

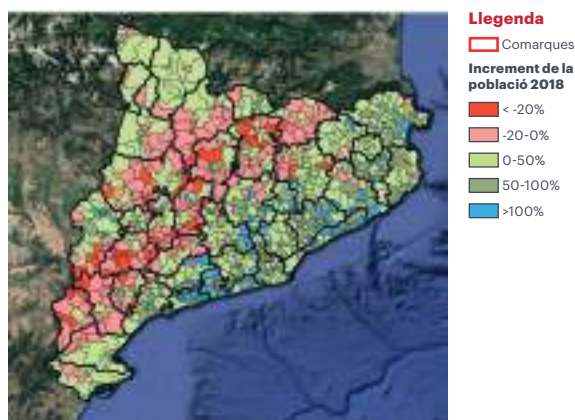


Figura 10. Creixement de la població.
(% de variació de 2018 vs. 1998)
Imatge pròpia a partir de dades de l'Idescat.

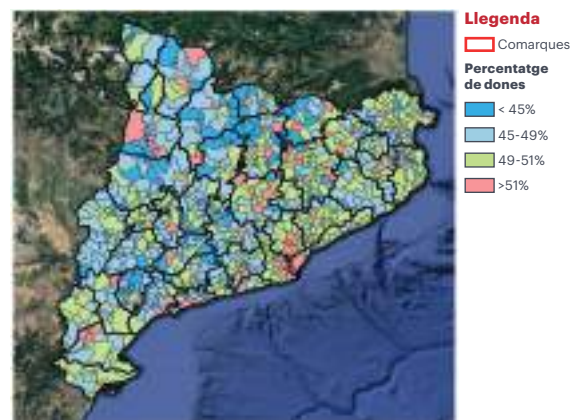


Figura 12. Percentatge de dones.
(% dones el 2018)
Imatge pròpia a partir de dades de l'Idescat.



La tecnologia 5G

Introducció a la tecnologia 5G

La millora de les xarxes de comunicació permetrà que tot estigui connectat. A banda dels telèfons intel·ligents, també tindrem la possibilitat de connectar amb multitud de sensors, vehicles o màquines que es poden desplaçar de manera autònoma o amb flotes de vehicles o animals que es mouen en temps real.

La tecnologia 5G incrementa de manera molt significativa, respecte de la tecnologia 4G, les velocitats de descàrrega i de pujada de dades. Tanmateix, aquest increment de la velocitat no és l'única millora que aporta aquesta tecnologia.

A continuació es descriuen les característiques que defineixen el triangle de la tecnologia 5G:

- **Gran amplada de banda:** eMMB (de l'anglès *enhanced Mobile Broadband Communications*), que permet disposar de **velocitats de transmissió molt elevades**. Aquest tipus de comunicacions és de gran utilitat quan la quantitat de dades a transmetre és molt elevada, com en el cas de transmissió de vídeo de molt alta definició. El temps de descàrrega d'una pel·lícula en HD, per exemple, passa de 8 minuts a 6 segons.
- **Baixa latència / alta fiabilitat:** URLLC (de l'anglès *Ultra Reliable Low Latency Communications*), que permet oferir comunicacions de **molt baixa latència** (per sota d'1 mil·lisegon) i de **molt alta fiabilitat** (99,999 % de disponibilitat i fiabilitat de les comunicacions). Aquest tipus de comunicacions permet equiparar la 5G a les prestacions que fins avui només es podien aconseguir a través del cable de xarxa. Aquesta millora en la qualitat de les comunicacions permet avançar en conceptes com els vehicles autònoms, els robots o la realitat augmentada i la realitat virtual.
- **Alta densitat: mMTC** (de l'anglès *massive Machine-Type Communications*), que permet oferir connectivitat a un nombre molt elevat de dispositius connectats simultàniament. Les xarxes 5G estan dissenyades perquè siguin capaces de gestionar de manera eficient un gran nombre de dispositius connectats simultàniament.

Característiques de la tecnologia 5G

Per poder oferir comunicacions eficaces i eficients per als tres tipus de casos d'ús descrits anteriorment, la Unió Internacional de Telecomunicacions (UIT) va definir els requisits de la tecnologia 5G en el que es coneix com a IMT-2020 (de l'anglès *International Mobile Telecommunications*). Sobre la base d'aquests requisits, els sistemes IMT-2020, i per tant les tecnologies 5G, seran aquelles que:

- Operin de manera nativa per al protocol d'internet, conegut per les sigles en anglès com a protocol IP (*Internet Protocol*).
- Millorin l'eficiència espectral en almenys un factor 3 respecte de la 4G, la qual cosa vol dir que es puguin transmetre com a mínim el triple de dades per hertz de freqüència utilitzat.
- Millorin les seves característiques com a mínim en els valors descrits a la taula següent:

Característiques	4G	5G
Velocitat màxima de dades	100 Mb/s	10 Gb/s
Volum de dades mòbils	10 Gb/s/km ²	10 Tb/s/km ²
Latència	25 ms	5 ms
Densitat de dispositius	1 km/km ²	1 M/km ²
Eficiència energètica		10 % del consum actual
Mobilitat		Serveis en vehicles 500 km/h
Fiabilitat	99,99 %	99,999 %
Temps d'implementació del servei	90 dies	90 minuts

Taula 1. Millora de les característiques principals de les xarxes 5G.

Aconseguir tots aquests requisits de manera simultània no és possible. Per això, la tecnologia 5G s'ha dissenyat de manera flexible; segons a quin dels tres tipus de casos d'ús es vol proporcionar connectivitat, cal triar un d'aquests requisits i configurar de manera dinàmica la xarxa per garantir que funcioni correctament.

Una altra de les característiques principals de la tecnologia 5G és l'*slicing*, que mitjançant la virtualització de la xarxa permet configurar diferents capes perquè les comunicacions siguin més flexibles i eficients. Cadascun dels canals o capes de la xarxa es pot configurar per obtenir el rendiment desitjat en termes d'estabilitat, latència, amplada de banda o cobertura.

Alguns d'aquests canals s'assignaran a serveis d'emergència o serveis crítics, com són els serveis relacionats amb la gestió de l'aigua, per tal de garantir la qualitat d'aquestes comunicacions.



Les dues fases de la tecnologia 5G

El desplegament de la tecnologia 5G per a ús comercial a Espanya el va iniciar Vodafone el 15 de juny de 2019, començant en una part de les 15 principals ciutats espanyoles: Madrid, Barcelona, València, Sevilla, Màlaga, Saragossa, Bilbao, Vitòria, Sant Sebastià, la Corunya, Vigo, Gijón, Pamplona, Logronyo i Santander. Actualment, la 5G de Vodafone està disponible en 21 ciutats amb una cobertura del 50 % de les ciutats.

L'1 de setembre de 2020 el president executiu de Telefónica, José Maria Álvarez-Pallete, anunciava que oferirien 5G en el 75 % del territori espanyol. Durant el setembre de 2020, la resta d'empreses amb llicència 5G —Orange i el grup Masmovil, a través de la marca Yoigo— també van començar a oferir la tecnologia 5G als seus clients.

La 3GPP (de l'anglès *Third Generation Partnership Program*) va decidir enfocar la transició de la 4G a la 5G en dues fases:

- **Release 15 3GPP, més conegut com a 5G NSA** (5G no autònoma).
- **Release 16 o 5G SA (5G completa)**, que requereix una gran quantitat de maquinari nou. Els avantatges de la 5G completa no arribaran fins a la **comercialització de la 5G SA**, que implica un nou desplegament d'antenes més dens que l'utilitzat per a les xarxes 4G (entre 30.000 i 75.000 més antenes a Espanya), i això no s'espera que sigui massiu fins a 2021.

Tots els operadors han llançat la **5G NSA** en la banda de 3,5 GHz. No n'hi ha cap que hagi esperat la 5G SA, que és la 5G «amb tots els avantatges»: menys latència i més velocitat de pujada. En la taula següent es presenten les dues característiques (velocitat màxima de descàrrega i latència) per a les xarxes 4G, 5G NSA i 5G SA.

	4G+	5G NSA	5G SA
Velocitat màxima teòrica de descàrrega	Fins a 1 Gbps	Fins a 2 Gbps	Almenys 20 Gbps
Latència	Aproximadament 30 ms	Aproximadament 15 ms	Aproximadament 1 ms

Taula 2. Velocitat màxima de descàrrega i latència per a les xarxes 4G, 5G NSA i 5G SA.

Tanmateix, la 5G NSA permetrà que més usuaris estiguin connectats a alta velocitat sense talls, fins i tot en moviment.

Independentment de la infraestructura, tant NSA com SA funcionaran amb l'espectre radioelèctric destinat a la 5G.

- L'única banda disponible, la de **3,7 GHz**, no té tan bona penetració, però és necessària en ciutats amb més densitat de població.
- La banda de **700 MHz**, que ajudarà a estendre la cobertura de 5G més ràpidament i la millorarà en interiors, no estarà disponible fins al primer trimestre de 2021, després que el Segon Dividend Digital s'hagi endarrerit per culpa de la crisi de la COVID-19.

La tecnologia 5G en zones rurals

Desplegament de la fibra òptica a Catalunya

Les zones rurals es caracteritzen perquè tenen municipis petits, amb una important dispersió de població i de les empreses del sector primari. El Govern de la Generalitat de Catalunya, des del Departament de Polítiques Digitals i el Departament d'Agricultura, considera estratègic desplegar la fibra òptica en el conjunt del territori per tot el que representa tenir un territori connectat amb banda ampla:

- cohesió territorial
- igualtat d'oportunitats a tot el país
- impuls del teixit econòmic a tot el territori
- foment del progrés econòmic i social
- lluita activa contra la despoblació

Tanmateix, l'arribada de la fibra òptica a aquests municipis també suposarà un impuls necessari per desenvolupar la xarxa 5G a les zones rurals. Un cop la banda ampla arriba a cadascun d'aquests municipis, cal plantejar-se com dotar de cobertura 5G tant la zona urbana com la resta del terme municipal i emprendre la connexió de l'«última milla».

Les últimes fites del desplegament de la fibra òptica al territori corresponen principalment a les zones rurals:

- Octubre de 2019. El Govern va destinar **16,5 milions** d'euros per estendre 382 km nous de fibra òptica per connectar totes les capitals de comarca, així com els municipis i polígons que hi ha al seu pas. Amb aquestes obres s'acaba el desplegament de fibra òptica a les capitals de comarca, la qual cosa **representa un 84 % de la població de Catalunya**. El compromís era tenir totes les comarques connectades el 2020, procés que s'està finalitzant actualment.
- Tardor de 2020. El Govern ha fet l'encàrrec de **57 milions** d'euros addicionals. Aquestes dues partides suposen una inversió de 70,5 milions d'euros durant aquesta legislatura. Un cop finalitzades aquestes obres l'any 2021, **un 90 % de la població** de Catalunya quedarà coberta amb xarxa de fibra òptica de la Generalitat.
- Està previst que **l'any 2023 tots els municipis** catalans estiguin connectats amb fibra òptica.

Tecnologia 5G via satèl·lit

Recentment s'han dut a terme pilots de tecnologia 5G en zones rurals, on s'han instal·lat antenes 5G *ad hoc*, com és el cas del **projecte 5G rural** en una parcel·la d'Albatàrrec. Una altra opció en relació amb la tecnologia 5G, en la qual s'han de fer diferents proves al territori, és la connexió via satèl·lit.

La fibra òptica pot arribar als pobles, però difícilment arribarà a totes les parcel·les agrícoles de les zones rurals. Catalunya té una superfície de 32.000 km². En algunes zones, amb un territori abrupte i una superfície forestal considerable. Cal tenir present aquesta possibilitat a l'hora de tenir connexió de banda ampla en determinades zones amb ombres per a les antenes.

El conseller de Polítiques Digitals ha anunciat que el 27 d'octubre es va aprovar la creació de l'Agència Espacial de Catalunya (AEC) i la posada en òrbita de dos satèl·lits que oferiran serveis de connectivitat global de 5G i IoT. Durant els quatre anys vinents s'hi invertirà un pressupost de 18 M€ i s'anirà creant una constel·lació de nanosatèl·lits.



Pilots de tecnologia 5G en zones rurals de Catalunya

Les convocatòries per impulsar el desenvolupament de projectes pilot de tecnologia 5G, que executa Red.es, s'emmarquen en el Pla nacional 5G i en el Pla nacional de territoris intel·ligents, tots dos impulsats pel Ministeri d'Economia i Empresa.

Els projectes pilot hauran d'atendre a tres objectius: donar suport als desplegaments de les primeres xarxes 5G, experimentar amb les tècniques de gestió de xarxa que permet la tecnologia 5G i desenvolupar casos d'ús, amb la implicació de tots els agents, inclosos els usuaris, que permetin acreditar les tres grans millores aportades pel 5G: banda ampla mòbil de molt alta velocitat i capacitat, comunicacions ultrafiabils i de baixa latència, i comunicacions massives màquina a màquina.

Projecte 5G Rural, la primera parcel·la agrícola 5G a Espanya

El passat 27 de setembre de 2019, durant la celebració de la Fira de Sant Miquel de Lleida, es va executar un pilot 5G en una finca de nectarines d'Albatàrec (Lleida). És la primera parcel·la de tot l'estat connectada amb tecnologia 5G. Es tracta d'una iniciativa pionera i un exemple de com la connectivitat 5G pot contribuir a millorar la productivitat agrària en zones rurals.

En la presentació de la prova pilot hi van participar el conseller de Polítiques Digitals i Administració Pública de la Generalitat (Sr. Jordi Puigneró), la consellera d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (Sra. Teresa Jordà), l'alcalde d'Albatàrec (Sr. Jaume Sanuy), el president de la Diputació de Lleida (Sr. Joan Talaró) i el director del programa 5G de Mobile World Capital Barcelona (Sr. Eduard Martín). També hi van assistir representants de les empreses col·laboradores que han fet possible el pilot (José Muga, Head of Engineering & Deployment de Vodafone; Xavier Azemar, director del Barcelona Co-Innovation Center de Cisco, i Víctor Falguera, Research Manager d'AKIS International).



Figura 13. Autoritats assistents a la presentació del pilot 5G d'Albatàrec.

En aquest pilot s'ha utilitzat la tecnologia 5G per a l'optimització de la poda, un procés clau per millorar la productivitat de les plantacions fruiteres. Tenir connectivitat 5G i un dispositiu que integra càmera, micròfon i visor permet que els podadors puguin consultar enginyers agrònoms, **en remot i en temps real**, quina és la millor estratègia de poda tenint en compte les particularitats de cada zona productiva.

Aquest sistema es pot utilitzar amb un doble objectiu: per a finalitats formatives a gran escala o per donar assistència a una brigada nombrosa de podadors. La tecnologia 5G és especialment rellevant en el segon cas, ja que permet que un únic enginyer agrònom pugui supervisar un gran nombre d'operaris en temps real, amb la qual cosa s'optimitza el procés de poda.

Aquest pilot ha estat possible gràcies, d'una banda, a l'antena 5G de Vodafone instal·lada a la parcel·la d'Albatàrrec (Lleida), que aporta velocitat per poder fer la connexió en temps real i redueix la latència a 5 mil·lisegons en condicions ideals. A més, permet una amplada de banda suficient per poder transmetre les imatges des del dispositiu fins al tècnic especialista, amb una velocitat de descàrrega de fins a 1GB, i multiplica per 100 el nombre d'objectes connectats a la xarxa.



Figura 14. Antena 5G de Vodafone col·locada a la parcel·la d'Albatàrrec.

D'altra banda, la solució Cisco® Connected Worker AR ofereix la possibilitat de comunicació entre persones que són en ubicacions diferents. En aquest cas, es va establir comunicació entre un operari que era a la finca i un expert situat en una altra localització, mitjançant una videotrucada en què es van poder compartir vídeo, documents, mapes i imatges en temps real.

El dispositiu emprat per a la connexió, RealWear HMT, respon a ordres de veu i moviments del cap, de manera que les mans queden completament lliures per poder treballar a la finca. La solució funciona amb l'aplicació Expert On Demand, un programa basat en el paquet de desenvolupament de programari Webex Teams (Android SDK 1.0), que s'executa al dispositiu RealWear connectat al núvol de Webex a través de la seva interfície sense fil.



Pilot CoEbreLab, la primera àrea 5G

La primera setmana de juliol de 2020 es va presentar l'Àrea 5G de les Terres de l'Ebre, que portarà el nom de CoEbreLab 5G Rural. És la primera àrea 5G que es posa en marxa per promoure aquesta tecnologia al territori, més enllà de l'entorn urbà, i està impulsada per la Generalitat de Catalunya a través del Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública, en el marc de l'Estratègia 5G de Catalunya, amb el suport de Mobile World Capital Barcelona i la Fundació i2CAT, i el lideratge local del Consell Comarcal de la Ribera d'Ebre.

La proposta de les Terres de l'Ebre té com a objectiu iniciar un projecte d'implantació de la tecnologia 5G que permeti testar, en entorns reals, models de desenvolupament de la 5G en l'àmbit rural, així com crear productes i serveis digitals de valor afegit que es puguin estendre per les Terres de l'Ebre en primer lloc i a altres zones de l'àmbit rural català.

El projecte es posa en marxa amb un pressupost de més de 2 M€ per al període 2020-2023. D'aquests, 1,4 M€ provenen del projecte en tecnologies digitals avançades (TDA) de la Generalitat TDA 5G Rural.

La base del projecte és la instal·lació d'una infraestructura de xarxa 5G a les poblacions de Móra la Nova i Móra d'Ebre. L'estació base està situada al polígon del Molló de Móra la Nova i donarà cobertura 5G a dues zones: a tot el polígon del Molló i a l'àrea adjacent a la seu del Consell Comarcal de la Ribera d'Ebre, a Móra d'Ebre. Si bé inicialment es compta amb la freqüència cedida per l'operador Orange, es treballa perquè s'hi afegeixin altres operadors, gràcies al fet que la infraestructura serà neutra.

L'impacte de la iniciativa arribarà al teixit econòmic i social de tota la zona, per fomentar la innovació i la dinamització econòmica i contribuir, en un futur, a la reducció de la bretxa digital rural.

Projecte Àrea 5G

Amb l'objectiu de potenciar l'ecosistema català de la 5G i convertir Catalunya en un pol de referència internacional al voltant d'aquesta tecnologia, la Generalitat de Catalunya, a través del Departament de Polítiques Digitals, juntament amb MWCcapital i la Fundació i2CAT, ha posat en marxa el projecte Àrea 5G. Els seus objectius són millorar a tot Catalunya els serveis tecnològics ja existents, promoure l'ús comercial de la xarxa 5G i impulsar-ne el desenvolupament, promovent casos d'ús i prototips en entorns reals i fomentant una economia digital més enllà de les zones urbanes amb el desenvolupament de nous productes i serveis basats en la tecnologia 5G.

El projecte vol crear àrees territorials on s'agreguin diferents iniciatives adreçades a promoure la tecnologia 5G, com ara activitats de formació i disseminació, tallers, proves de concepte i laboratoris. Es definiran àrees 5G a Catalunya, principalment allà on el desenvolupament comercial de la 5G no arribarà en les primeres fases, per posar a disposició de l'ecosistema TIC i dels diferents sectors econòmics i socials de la zona un banc de proves perquè puguin dur a terme la seva activitat innovadora i desenvolupar nous productes i serveis digitals de valor afegit al voltant de la 5G.

Més enllà de fomentar les proves de concepte, les àrees 5G es volen convertir en estructures de llarg recorregut al territori amb un model de coinversió publicoprivada.

TDA 5G Rural

Aquest projecte en tecnologies digitals avançades (TDA), que executarà la Fundació i2CAT, té com a objectiu evitar la bretxa digital en el desenvolupament d'infraestructures 5G a Catalunya, definint models de desenvolupament que permetin oferir aquest servei en entorns rurals i zones poc poblades en col·laboració amb entitats del territori, tant públiques com privades, i mostrar la viabilitat del concepte d'operador neutre d'infraestructures.

La innovació social digital com a base

CoEbreLab és el laboratori d'innovació social públic de la Ribera d'Ebre, el primer de tota la demarcació de Tarragona, amb més de dos anys de trajectòria. El seu objectiu és actuar com a plataforma perquè els diferents agents socioeconòmics del territori —ciutadania, empenedoria, universitats i administració pública— explorin modalitats de col·laboració per detectar reptes i testar solucions innovadores amb les tecnologies digitals com a base.

Amb CoEbreLab 5G Rural, aquest laboratori obre una nova línia de treball vinculada a la tecnologia 5G i la seva aplicació en l'entorn rural, situant la innovació social digital com a base de totes les accions que es duran a terme.

CoEbreLab forma part del projecte pilot del col·laboratori Cat Sud, el primer laboratori de laboratoris d'innovació social i digital a Catalunya. Es tracta d'un projecte impulsat pel Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública i la Fundació i2Cat, l'objectiu del qual és crear una xarxa vinculada a un territori que aprofiti els actius i els coneixements dels diversos actors per innovar conjuntament i resoldre els reptes que es plantegen en aquest territori.

Lleida On, l'Àrea 5G de les Terres de Ponent

El 23 d'octubre es va presentar a la Seu Vella de Lleida el Projecte **Lleida On**, dins de l'**Àrea 5G de les Terres de Ponent**. Va presidir l'acte el conseller de Polítiques digitals del Govern de la Generalitat, Sr. Jordi Puigneró. En aquest projecte hi col·laboren Mobile World Capital Barcelona, la Fundació i2CAT, la Cambra de Comerç de Lleida, la Diputació de Lleida, la Paeria de Lleida i la cobertura 5G de Telefónica. També van assistir a l'acte l'alcalde de Lleida (Sr. Miquel Pueyo), el president de la Diputació de Lleida (Sr. Joan Talarn), el president de Mobile World Capital (Sr. Carlos Grau), la Fundació i2cat (Sra. Rosa Paradell), la consellera delegada de Telefónica Espanya (Sra. María Jesús Almazor) i el president de la cambra de Comerç de Lleida (Sr. Jaume Saltó).



Figura 15. Acte de presentació del projecte Lleida On, dins de l'Àrea Rural 5G de les Terres de Ponent.



El conseller de Polítiques Digitals va destacar que el que aporta la tecnologia 5G és feina, molta feina per a tothom; i Catalunya, i especialment les Terres de Ponent, han d'aprofitar aquesta oportunitat. Des del Govern de la Generalitat s'estan estenent les àrees 5G a tot Catalunya: «Per permetre que des de totes les zones del territori es pugui exercir el dret a innovar, des del territori i per al territori, i perquè la feina associada a la 5G també es creï i es quedi al territori.»

El projecte de desenvolupament territorial d'aquesta Àrea 5G pretén agregar diferents tipus d'iniciatives adreçades a promoure aquesta tecnologia: activitats de formació i disseminació, tallers, proves de concepte i un laboratori.

El projecte es basa en el desplegament de la xarxa 5G comercial de Telefónica a la ciutat de Lleida i en la creació d'un laboratori per a l'impuls d'aquesta tecnologia a la Cambra de Comerç de Lleida. L'impacte de la iniciativa tindrà incidència en el teixit econòmic i social de la zona, fomentant la innovació i la dinamització econòmica.

L'edifici de la Cambra de Comerç serà el centre neuràlgic de les activitats d'aquesta Àrea 5G. A la tercera planta s'habilitarà un espai polivalent, on hi haurà un laboratori 5G i on s'organitzaran tallers, presentacions i formacions en l'àmbit de la connectivitat intel·ligent. Es farà una inversió per reforçar la infraestructura 5G, que possibilitarà que des del laboratori es puguin desenvolupar tot tipus de pilots i serveis digitals d'última generació. Serà la primera vegada que una xarxa 5G comercial, que pot utilitzar tothom, s'instal·la dins d'un edifici.

L'Àrea 5G de les Terres de Ponent té l'objectiu d'iniciar el projecte Lleida On d'implantació de tecnologia 5G, per crear serveis digitals de valor afegit que es puguin estendre per les comarques de Lleida. L'àrea aspira a crear un ecosistema d'innovació que promogui el desenvolupament de solucions i serveis finalistes sobre aquesta tecnologia que facin viable i necessària la digitalització sostenible del territori.

La connectivitat 5G per a aquesta àrea vol centrar l'esforç a impulsar els sectors que actualment ja són estratègics en el desenvolupament econòmic de Lleida. Aquests quatre sectors són:

- agroalimentació
- ramader i salut animal
- gestió de l'aigua
- sector comercial i logístic

SmartCatalonia Challenge

L'SmartCatalonia Challenge és el concurs d'innovació oberta, promogut pel Departament de Polítiques Digitals de la Generalitat de Catalunya en el marc de l'estratègia SmartCatalonia, per incentivar les pimes i empreses emergents tecnològiques a crear solucions que donin resposta als reptes reals que plantegen diferents municipis i entitats.

Transformació Digital del Medi Rural (6a ed.)

En la seva sisena edició, dedicada a la transformació del medi rural, l'Associació d'Iniciatives Rurals de Catalunya (ARCA), en col·laboració amb el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, ha estat l'encarregada de plantejar els cinc reptes als quals han hagut de donar resposta les empreses participants:

- Circuits i alimentació de proximitat. Com es pot afavorir la venda de productes agroalimentaris locals, artesans i de qualitat dels petits productors catalans.
- Transport i mobilitat rural. Com es pot afavorir la mobilitat de la població rural per accedir a béns i serveis bàsics.
- Qualitat i servei sanitari quotidià. Com es pot oferir atenció sanitària no urgent a distància per a la població rural.
- Relleu rural, noves i velles oportunitats. Com es pot afavorir el relleu generacional en entorns rurals per evitar la despoblació, entre d'altres.
- Perfils qualificats per a entorns rurals. Com es pot facilitar la cerca i la captació de perfils qualificats en empreses rurals.

Aquesta convocatòria sobre la transformació del medi rural es va obrir el 05/03/2020, la final va ser el 17/07/2020 i el lliurament de premis, el 29/09/2020. La quantia dels premis va ser de 15.000 € i la realització d'una prova pilot, 3.000 €, 2.000 € i un premi extraordinari de l'Associació de Micropobles de Catalunya per valor de 8.000 €.

Gestió de l'Aigua (7a ed.)

SmartCatalonia, en col·laboració amb l'Agència Catalana de l'Aigua, va presentar el 13 d'octubre de 2020 una nova edició del Challenge amb quatre reptes per a la transformació digital de la gestió de l'aigua. Els premis són de 15.000 € i la realització d'una prova pilot, 5.000 € i 3.000 €.

En la figura següent es representen els quatre reptes plantejats per a aquest Challenge. Com es pot observar, per a l'Agència Catalana de l'Aigua un dels reptes més importants és com la transformació digital pot contribuir a l'optimització del consum d'aigua en l'agricultura.

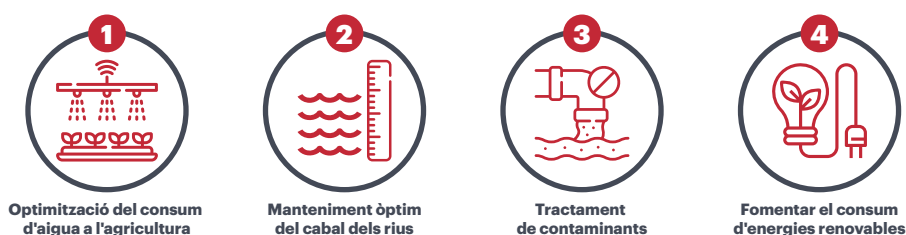


Figura 16. Reptes en la gestió de l'aigua #ChallengeACA.



Transformació digital associada a la producció agroalimentària

En els dos capítols vinents es presenten diferents casos d'èxit associats a la transformació digital de l'agricultura de regadiu. Aquests casos s'han dividit en dos blocs: la producció agroalimentària i la gestió de l'aigua de regadiu. Tot i que algunes de les tecnologies s'apliquen en tots dos blocs, s'ha considerat oportú fer aquesta divisió.

Recol·lectar dades des de la sembra

Ja s'ha comentat que la transformació digital ha aportat una gran quantitat de tecnologies per capturar dades. Cada vegada és més freqüent fer el símil entre *capturar dades* i *recol·lectar dades*. En la figura següent es mostra un monitor 20|20 de Precision Planting en què es pot observar el gran nombre de variables que es cartografien des del mateix moment en què se sembra el conreu de blat de moro (contingut de matèria orgànica, profunditat de sembra, força descendent o nivell de compactació, neteja del solc, uniformitat, etc.).

Respecte a aquest símil entre *capturar* i *recol·lectar dades*, convé comentar diverses idees:

- Per recol·lectar dades no cal esperar fins a la collita del conreu; des del mateix moment de la sembra ja es poden recol·lectar dades que ens aportin informació de valor.
- En les diverses aplicacions de conreu es pot obtenir cartografia de variables diferents; no sempre és necessari fer una labor específica per cartografiar la parcel·la.
- Dins del cicle d'un conreu determinat es fa la collita o recol·lecció, però es poden fer diverses recol·leccions de dades; per exemple: sembra, adobament de cobertora, tractaments fitosanitaris o collita. És important disposar de la tecnologia suficient per obtenir valor de totes les dades que generem.
- Cada vegada és més important **disposar d'aquestes dades en temps real i en remot**, perquè així els responsables de l'explotació poden verificar les tasques realitzades o les dosis d'aplicació en les diferents parts de la parcel·la.
- En el moment de la collita cal sumar el valor de la producció agrícola i el valor de les dades obtingudes.



Figura 17. Exemple de monitor de Precision Planting utilitzat en la sembra de blat de moro.

Cada vegada es genera més informació que s'ha de poder consultar de manera remota i en temps real. Aquesta és una de les raons principals per les quals cal garantir bones comunicacions també a les zones rurals.

«La informació és poder» o «la informació és la benzina de les empreses» són frases que es repeteixen cada vegada més en els diferents sectors industrials, però que s'han d'aplicar a l'agricultura de regadiu.

Assessorament i consulta de dades des de la parcel·la

El setembre de 2019 es va presentar a Albatàrrec la primera parcel·la amb connexió 5G. En aquest pilot es mostrava la connexió entre un assessor i una persona que podava en una plantació frutera. Per a aquestes consultes era vital disposar d'una comunicació de qualitat que permetés fer videoconferència.

Els vídeos disponibles tenen cada cop més qualitat (4K/8K) i també hi ha imatges i vídeos 360°, que permeten oferir més detalls sobre la situació que s'analitza. Ara bé, per utilitzar aquesta informació és important disposar de xarxes de comunicació de qualitat. També hi ha possibilitats de visió augmentada per tenir informació addicional de les parcel·les o de les xarxes de reg que s'analitzen.



Figura 18. Exemple de realitat augmentada en què es presenta informació combinada de diverses variables.

Cada vegada hi ha més informació disponible, que s'ha de poder consultar des de la parcel·la. La transformació digital és mòbil i, en el cas de l'agricultura de regadiu, la digitalització comença a la parcel·la.



Ús i resolució creixents de la teledetecció

En l'agricultura, cada vegada s'utilitzen més les tècniques de **teledetecció** o adquisició d'informació d'alguna propietat d'un objecte mitjançant un instrument que no està en contacte físic directe amb la superfície objecte d'estudi. Aquesta tecnologia la podem dividir en imatges detallades obtingudes mitjançant vols *ad hoc* d'aeronaus no tripulades (UAV, RPA o drons) o avionetes tripulades, i també a partir de diferents satèl·lits espacials.

Per a cada projecte de teledetecció s'han d'analitzar tres resolucions, en funció dels objectius específics:

- **Resolució espacial:** és la mida de cada píxel de la imatge i és característica de la tecnologia utilitzada. La mida de cada píxel pot ser des de 30 metres per píxel, en el cas d'imatges del satèl·lit Landsat, fins a 1 cm o menys, en el cas d'imatges obtingudes per avionetes o drons.
- **Resolució temporal:** és el temps que transcorre entre dues imatges.
- **Resolució espectral:** és el nombre i l'amplada de bandes de radiació electromagnètica que el sensor pot captar. Hi ha alguns satèl·lits que tenen bona resolució en el visible o en l'infraroig, però en canvi la resolució del tèrmic pot ser d'1 km.

Amb el programa espacial Copernicus i el llançament de dos satèl·lits bessons, el Sentinel 2A llançat el juny de 2015 i el Sentinel 2B llançat el març de 2017, s'ha generalitzat la teledetecció en l'agricultura a la UE. Pel que fa al satèl·lit Landsat, s'han millorat dues resolucions de manera molt important: l'espacial (que ha passat de 30 metres a 10 metres) i la temporal. En les taules següents es presenten les característiques principals d'aquests satèl·lits, així com la seva resolució espectral.

Paràmetre	Landsat 8 OLI	Sentinel 2 MSI
Resolució espacial	30 m VIRC	10 m (B2, B3, B4, B8)
	15m pan	20 m (B5, B6, B7, B8a, B11, B12)
	100 m IRT	60 m (B1, B9, B10)
Resolució radiomètrica	12 bit	12 bit
Calibratge a bord	Sí	Sí
Angle de visió	7,5 graus del nadir	10,3 graus del nadir
Altitud orbital	705 km	786 km
Amplada d'escaneig	185 km	290 km
Resolució temporal	cada 16 dies (7-9 dies en àrees de cavalcament)	1 satèl·lit: cada 10 dies (3-7 dies en àrees de cavalcament)
		2 satèl·lits: cada 5 dies (2-3 dies en àrees de cavalcament)
Llançament	Febrer de 2013	Juny de 2015 (Sentinel 2A)
		Març de 2017 (Sentinel 2B)

Taula 3. Característiques principals del satèl·lit Landsat 8 OLI i dels satèl·lits Sentinel 2 MSI.

Landsat 8 OLI		Sentinel 2 MSI	
Banda	Longitud d'ona (µm)	Banda	Longitud d'ona (µm)
1 (costaner/aerosol)	0,43-0,45	B1 (blau)	0,43-0,45
2 (blau)	0,45-0,52	B2 (blau)	0,46-0,52
3 (verd)	0,52-0,60	B3 (verd)	0,54-0,58
4 (vermell)	0,63-0,68	B4 (vermell)	0,65-0,68
-		B5 (marge roig)	0,70-0,71
-		B6 (marge roig)	0,73-0,75
-		B7 (marge roig)	0,77-0,79
-		B8 (IRC)	0,78-0,90
5 (IRC)	0,84-0,88	B8a (IRC)	0,86-0,88
-		B9 (vapor d'aigua)	0,93-0,95
9 (cirrus)	1,36-1,39	B10 (cirrus)	1,37-1,39
6 (IRM1)	1,56-1,66	B11 (IRM1)	1,57-1,66
7 (IRM2)	2,10-2,30	B12(IRM2)	2,10-2,28
8 (pan)	0,50-0,68	-	
10 (IRT1)	10,3-11,3	-	
11 (IRT2)	11,5-12,5	-	

Taula 4. Resolució espectral del satèl·lit Landsat 8 OLI i dels satèl·lits Sentinel 2 MSI.

Disposar de diverses bandes permet calcular diferents tipus d'índexs: índexs de vegetació, índexs d'aigua, etc. En el seguiment de la vegetació i dels conreus, l'índex més conegut i usat és l'índex normalitzat diferencial de vegetació (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*). Aquest índex es va introduir amb l'objectiu de separar la vegetació de la brillantor que produeix el sòl (Rouse et al., 1974). Es basa en el comportament radiomètric de la vegetació, relacionat amb l'activitat fotosintètica, i permet determinar el vigor de la planta.

Mentre que en el visible els pigments de la fulla absorbeixen la major part de l'energia que reben, en el NIR les parets de les cèl·lules de les fulles, que estan plenes d'aigua, reflecteixen la major quantitat d'energia. En canvi, quan la vegetació pateix algun tipus d'estrès, la quantitat d'aigua baixa, la reflectivitat disminueix en el NIR i augmenta paral·lelament en el vermell pel fet de tenir menys absorció clorofil·lica. La fórmula per calcular l'NDVI és senzilla: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$.

Els valors de l'NDVI van de -1 a 1. Els valors negatius corresponen a núvols, aigua i neu, i els valors negatius propers a zero estan formats principalment per roques i sòl descobert. Els valors molt petits (0,1 o menys) de la funció NDVI corresponen a àrees sense roques, sorra o neu. Els valors moderats (de 0,2 a 0,3) representen arbusts i prats, mentre que els valors grans (de 0,6 a 0,8) indiquen boscos temperats i tropicals, així com conreus de regadiu.



En la figura següent es mostra la imatge del satèl·lit Sentinel 2B del 2 de setembre a la zona de Lleida. S'hi ha aplicat una llegenda de colors detallada per poder observar les diferències. Els conreus extensius amb un major vigor es presenten a la part nord de l'Algèrri-Balaguer, en zones del Canal d'Aragó i Catalunya, tot i les limitacions de final d'estiu, i en algunes parcel·les del Canal d'Urgell.

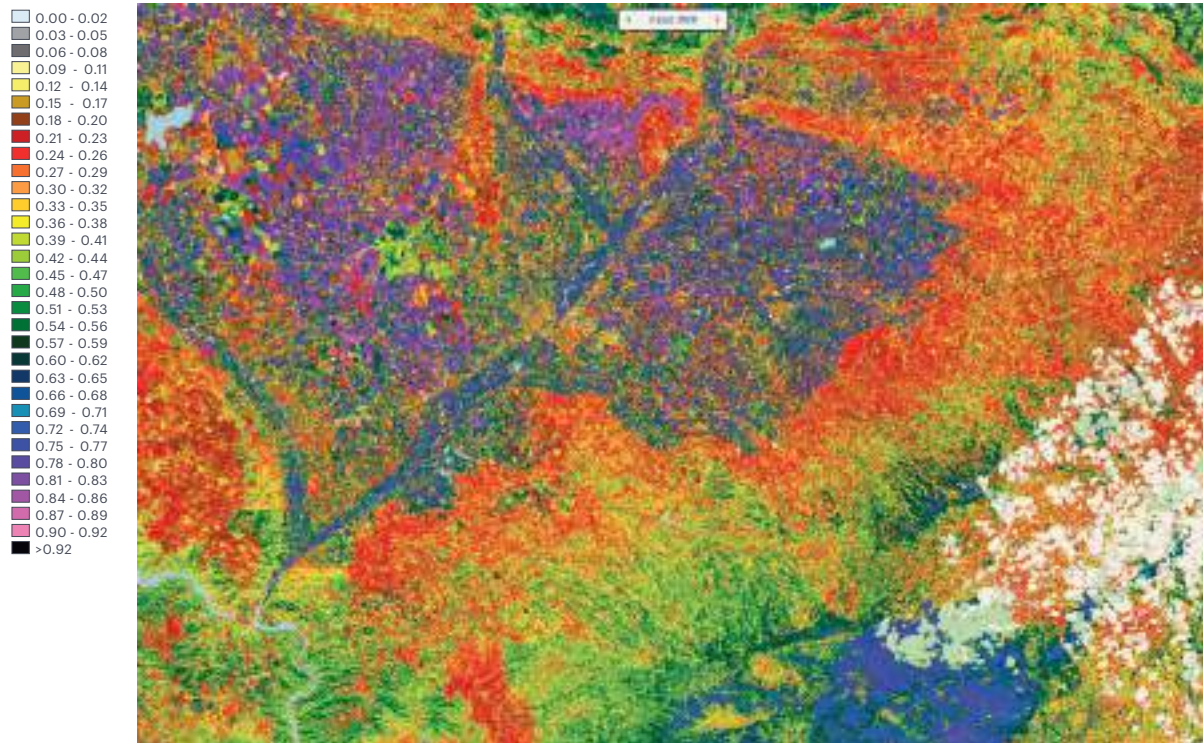


Figura 19. Imatge de l'NDVI (index de vigor de diferència normalitzada) del satèl·lit Sentinel 2B del dia 02/09/2020 a la zona de Lleida.

Drons: teledetecció i aplicació

La **teledetecció** o **detecció remota** és l'adquisició d'informació a través de sensors que no estan en contacte directe amb l'objecte. Els sensors hiperspectrals es poden instal·lar en vehicles que es troben a diferents nivells d'altura sobre la parcel·la —drons, avionetes o satèl·lits— i, per tant, s'obtidran imatges de característiques diferents.

Els drons o UAV/UAS (*Unmanned Aerial Vehicle/System*), RPA (*Remotely Piloted Aircraft System*) o multiritors tenen el seu espai en l'agricultura. En cada projecte de teledetecció cal analitzar quins són els objectius, les condicions climàtiques o el pressupost, per triar quin vehicle convé utilitzar. Les avionetes tripulades presenten una major producció de superfície fotografiada que els drons, pel fet que volen a més altura. Per contra, però, necessitem disposar d'aeroport de referència.

En l'agricultura de regadiu, l'activitat dels drons se centra bàsicament en dues àrees:

- Vehicles per obtenir imatges multiespectrals o vídeos de molt alta definició o per a projectes *ad hoc*. Entre els projectes *ad hoc* en zones rurals podem destacar el seguiment d'obres de desenvolupament rural, supervisió dels sistemes de reg en zones d'accés complicat, seguiment de malalties o males herbes en què es necessiti detall, seguiment d'actuacions sobre el patrimoni natural, etc.
- Aplicació de productes fitosanitaris o herbicides per a aplicacions de molt baix volum o aplicacions molt localitzades en parts concretes de la parcel·la. En un capítol anterior ja s'ha comentat la importància de les aplicacions variables per reduir de manera important els productes aplicats a la parcel·la. La reducció de producte es tradueix en un increment de la rendibilitat, productes més saludables gràcies a la reducció dels residus i menor impacte per al medi ambient.



Figura 20. Dron utilitzat per a l'aplicació de productes fitosanitaris.

Vehicles autònoms i robots

Cada vegada s'observen més avenços en l'àmbit de la mobilitat autònoma en zones urbanes. Tanmateix, els avenços en aquesta línia de treball fa temps que s'apliquen en parcel·les agrícoles per a algunes operacions.

En la figura següent es mostren dos exemples de vehicles autònoms en parcel·les comercials de grans dimensions. Es presenta un exemple aplicat a cultius herbacis d'una empresa d'Austràlia i un altre d'aplicació de productes fitosanitaris en conreus llenyosos d'una empresa de Califòrnia. La dimensió i la forma de les parcel·les, així com l'abruptesa del territori, condicionen l'adaptació d'aquesta tecnologia.

Algunes de les millores que es poden obtenir amb la introducció d'aquesta tecnologia són:

- Incrementar la competitivitat gràcies a la reducció dels costos d'exploació.
- Accelerar l'adaptació d'estratègies d'aplicació d'*inputs* de manera variable segons els ambients.
- Poder traçar els tractaments.
- Aplicar els tractaments quan les condicions ambientals siguin millors (tractaments nocturns).
- Incrementar el nombre d'hores treballades quan es duen a terme determinades tasques: recol·lecció del conreu, aixecament del primer conreu o sembra del segon en zones de doble collita.



Figura 1. Exemple de vehicles autònoms en conreus extensius (@swarmfarm, Austràlia) i en aplicació de fitosanitaris en conreus llenyosos (@GussAutomation, Califòrnia).

En la figura següent es presenta l'exemple del primer robot comercial per a la recol·lecció de pomes, presentat l'any 2019, després de quatre anys de treball de l'empresa de Califòrnia Abundant Robotics. Aquesta tecnologia vol millorar la qüestió de la mà d'obra, que en alguns casos és escassa i en altres dispara els costos del cultiu.

Els reptes principals a solucionar en la recol·lecció de fruites i hortalisses són:

- Identificar el fruit a recol·lectar.
- Validar que el punt de maduració sigui l'adequat, mitjançant sistema de visió i intel·ligència artificial.
- Vetllar perquè la manipulació del fruit no li causi danys.
- Navegar de manera segura per la parcel·la.

Si bé és segur que, en determinats conreus o explotacions es veuran avenços tecnològics, hi ha certes limitacions per a la introducció de la robòtica en l'agricultura, com ara:

- Elevada inversió i cost de manteniment.
- Els sistemes de formació s'han d'adaptar (com ha passat en les recol·lectores automàtiques d'ametlles, que ara es fan en forma de tanca).
- Variabilitat de robots per als diferents conreus o operacions que es duen a terme.



*Exemple de robot comercial per a la recol·lecció de pomes presentat l'any 2019.
Imatge: Abudant Robotics 2019.*



Dades massives en els sistemes de suport a la decisió

El canvi climàtic està provocant que l'aigua, i especialment l'aigua per a usos agraris, sigui un recurs cada vegada més escàs. No obstant això, la major part de la producció es concentra en superfícies de regadiu perquè l'aigua de regadiu és la manera de garantir les produccions. A Espanya, el regadiu amb prou feines suposa un 15 % de la superfície agrària útil, però aporta aproximadament un 65 % de la producció agrícola final.

L'ús de l'aigua de regadiu ha de ser cada vegada més eficient. Per aconseguir-ho, tenim a la nostra disposició una gran quantitat de sensors que ens aporten informació:

- sistemes automàtics d'informació hidrològica que aporten informació de la disponibilitat del recurs (nivell de reserva d'aigües) i dels cabals circulants
- dades climàtiques i prediccions per als pròxims dies
- sistemes de mesurament en els sistemes de regadiu, siguin de tota la comunitat de regants o de cada explotació en particular
- dades de satèl·lit amb informació sobre el desenvolupament del conreu
- informació de sondes d'humitat que ens indiquen la quantitat d'aigua de la terra

La tecnologia 5G és sinònim d'interconnexió. Cada cop tenim més sensors i més màquines que poden estar connectades i que ens aporten informació. Amb tota aquesta informació es pot avançar cap als SSD (sistemes de suport a la decisió) o, fins i tot, cap a la prescripció de dosis de reg de manera automatitzada.

Un dels conceptes principals que ha introduït la indústria 4.0 és el de bessó digital (*digital twin*). Un bessó digital és un model virtual d'un producte o procés determinat al llarg del seu cicle de vida. Per a cada actiu físic es pot modelitzar un bessó digital, en el qual es poden fer diferents simulacions, per preveure què pot passar.

Aquest concepte de bessó digital es pot aplicar principalment en el camp de l'agroindústria perquè ens trobem en un ambient controlat. En condicions de camp parlem de models de predicció, que intenten simular un determinat conreu o malaltia, a partir de diferents paràmetres.

Les dades massives o *big data* són actius d'informació d'alt volum, alta velocitat i/o gran varietat que exigeixen formes de processament de la informació rendibles i innovadores que permetin disposar de millors retorns, presa de decisions i automatització de processos. Disposar de tota aquesta informació i de la capacitat de processament ens permet accedir a SSD (sistemes de suport a la decisió) o, en anglès, DSS (*decision support systems*).

Els SSD són eines de suport a la decisió basats en models de predicció. Prendre decisions sense dades ni informació adequada pot provocar pèrdues importants en qualsevol negoci. La tecnologia i els models basats en dades massives faciliten les prediccions per **optimitzar la presa de decisions en l'agricultura**.

A partir de la correlació de variables i la validació posterior de models predictius, podem disposar d'informació perquè les persones responsables puguin prendre les millors decisions en termes agronòmics i de negoci.

Els models predictius basats en dades massives ens permeten tenir informació per a cadascuna de les varietats o localitzacions en relació amb els aspectes següents:

- inici de la collita
- estimació de la producció.
- evolució de paràmetres de qualitat: grau alcohòlic o acidesa en viticultura o nivell de sucre o penetromia en fructicultura
- models de predicció de plagues i malalties

Disposar de sistemes de suport a la decisió és de gran utilitat en la gestió dels recursos humans perquè permet conèixer les dates de recol·lecció i la quantitat de producte, així com en la gestió comercial i financera.

Cada vegada hi ha més sectors que fan servir solucions basades en models predictius, utilitzant tecnologia d'aprenentatge automàtic, amb prediccions millors que les humanes. Cada cop hi ha més dades i cal entendre com es correlacionen.

En la taula següent es presenten les oportunitats principals de l'aprenentatge automàtic en el camp de l'agricultura, segons un informe de McKinsey sobre les dades massives.

Casos d'ús més ben classificats, segons la resposta del servei	Tipus de cas d'ús	Impacte	Riquesa de dades
Personalitzar les tècniques de conreu específiques segons les característiques individuals de la parcel·la i les dades rellevants en temps real	Personalització radical	1,1	1,3
Optimitzar els preus en temps real segons el mercat futur, el clima i altres prediccions	Optimització de preus i productes	1	0,7
Predir el rendiment en l'agricultura aprofitant les dades del sensor IoT i altres dades rellevants	Predicció	0,8	0
Predir els resultats del món real amb menys experiments per reduir els costos d'R+D (per exemple, proves de nous conreus)	Optimització de preus i productes	0,8	0,3
Predir noves varietats de conreus d'alt valor en funció de conreus anteriors, tendències del clima i el sòl i altres dades	Optimització de preus i productes	0,8	0,3
Predir les tendències de la demanda de productes per informar les decisions de producció	Predicció	0,7	0
Optimitzar el procés de producció en temps real: determinar on cal dedicar els recursos per reduir els colls d'ampolla i el temps de cicle	Optimització de la logística d'operacions (temps real)	0,5	0,7
Predir errors i recomanar manteniment proactiu per a equips agrícoles i de producció	Manteniment predictiu	0,3	0,3
Construir un mapa detallat de les característiques de la granja basat en vídeos aeris	Processament de dades no estructurades	0,1	0,3
Optimitzar la combinació de compres entre proveïdors i ubicacions	Assignació de recursos	0,1	0

Taula 5. Oportunitats principals de l'aprenentatge automàtic (machine learning) en l'agricultura (estudi de McKinsey sobre les dades massives).

Intel·ligència artificial per comptar pomes

En aquest capítol s'explica un projecte d'investigació que desenvolupa el Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió del Centre Agrotecnio de la Universitat de Lleida. Aquest projecte vol avançar en l'estimació del nombre de pomes que hi ha en una parcel·la. Per planificar la logística i les vendes d'una explotació fructícola, conèixer el nombre de pomes que hi ha a cada arbre és una informació de gran valor.

Es tracta d'un projecte de recerca que mira de mecanitzar el procediment, ja que fer aquesta tasca manualment és totalment inviable pel seu cost econòmic. Es necessita molta més tecnologia que una imatge de dron, per molta resolució que tingui.

Captura de les dades

Per obtenir la informació de l'estat de la plataforma s'ha definit una plataforma automotriu, equipada amb un sensor GPS per poder disposar de les coordenades i amb un sensor LiDAR per obtenir un model 3D de l'arbre.

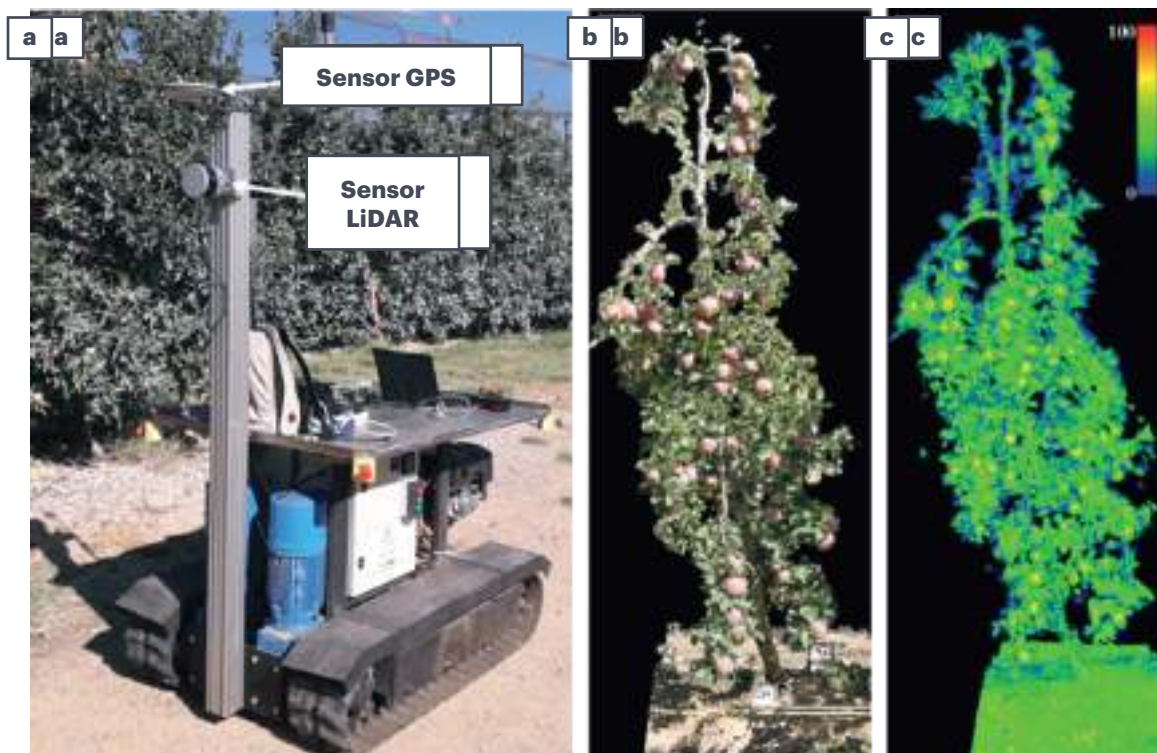


Figura 21. a) Plataforma automotriu amb sensor GPS i sensor LiDAR per escanejar plantacions agrícoles en 3D. b) Model 3D d'una pomera escanejada amb fotogrametria. c) Model 3D de la pomera anterior escanejada amb un sensor LiDAR.

Imatges: Agrotecnio

Sensors que es poden utilitzar per definir el model:

- **Sensors 2D.** Mitjançant algorismes de visió artificial basats en color, forma i textura, es poden detectar els fruits. Aquests sistemes, però, són molt sensibles a les condicions d'il·luminació (ombres, reflexos o imatges a contrallum).
- **Altres sensors 2D (càmeres multiespectrals i tèrmiques).** S'utilitzen menys perquè tenen un cost més elevat.
- **Sensors 3D.** Els sensors 3D més utilitzats són les **càmeres RGB-D**, que permeten generar models 3D amb informació en color. Segons el seu principi de funcionament es poden classificar com a estereoscòpiques, de llum estructurada o de temps de vol. També s'estudien per a l'escaneig de 3D **sensors LiDAR** basats en temps de vol. Aquests sensors també mesuren la llum infraroja reflectida que permet detectar pomes, ja que les pomes presenten valors de reflectivitat superiors als elements del seu voltant.

Tractament de les dades

Els algorismes de visió artificial es basen en característiques com el color, la textura, la forma o la intensitat. Els darrers avenços en intel·ligència artificial han suposat un progrés notable en el camp de la visió per ordinador i, en conseqüència, en la detecció remota de fruits.

Amb la introducció d'algorismes d'aprenentatge automàtic (*machine learning*), s'han desenvolupat sistemes capaços de detectar més del 90 % dels fruits. Els algorismes d'aprenentatge automàtic utilitzats per a la detecció de fruits es basen en xarxes neuronals artificials de detecció d'objectes i de segmentació.

Com s'observa en la figura següent, les xarxes neuronals de detecció d'objectes ens indiquen en quines regions d'una imatge es localitzen els fruits, mentre que les de segmentació fan aquesta localització píxel a píxel. En una regió on hi ha una poma parcialment oculta per una fulla, la xarxa neuronal de segmentació ens indicarà quins píxels corresponen a la poma i quins no.



Figura 22. Resultats de detecció i segmentació de pomes.
Imatges: Agrotecnio

Classificació de l'aprenentatge automàtic

Veient el progrés en la utilització de les tècniques d'aprenentatge automàtic o *machine learning* en els diferents sectors de l'activitat, inclosa l'agricultura de regadiu, s'ha considerat oportú presentar una classificació de les tècniques principals:

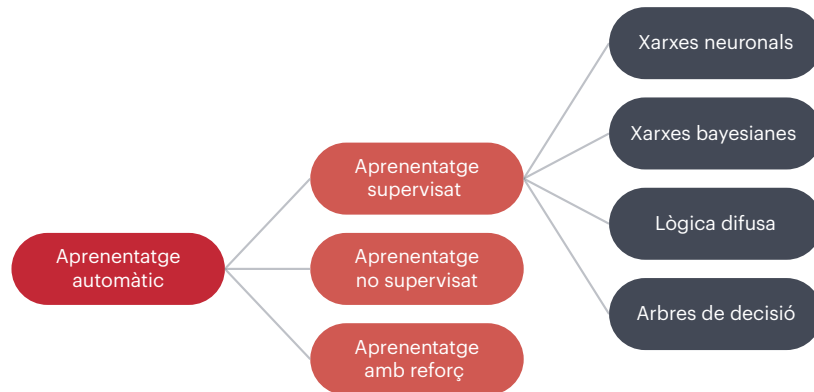


Figura 23. Tècniques principals d'aprenentatge automàtic.

La logística de la producció agroalimentària

La logística fa referència als mitjans i als mètodes emprats en l'organització d'una empresa; especialment, pel que fa a la distribució. A la producció d'hortícoles i fruiters, s'hi destina molta mà d'obra. En un capítol anterior ja s'han explicat els avenços i les limitacions que presenten els robots per a la recol·lecció de fruites.

Les eines digitals actuals poden ser útils per al control horari dels treballadors mitjançant els informes de treball. Ja està disponible el reconeixement facial, fins i tot amb l'ús de mascareta en temps de coronavirus, per evitar la suplantació d'identitat i per controlar la productivitat de la mateixa parcel·la. En el cas dels vehicles utilitzats en les tasques agrícoles, també es pot fer un seguiment de les flotes de vehicles de suport logístic durant les diferents etapes del cicle de cultiu.

Els carretons elevadors tenen un paper fonamental en la logística. Actualment ja hi ha robots mòbils o carretons elevadors que funcionen de manera autònoma, que aporten a les indústries més seguretat, lliuraments més ràpids, traçabilitat en les operacions que realitzen i un increment de l'eficiència. S'ha estimat una reducció del 16 % dels costos operacionals i un 26 % de reducció del volum necessari.



Figura 24. Exemple de carretons autònoms.
Asti Mobile Robotics.
Imatge: Asti Mobile Robotics

En conreus *comoditats* com els cereals es fa la collita d'una manera homogènia, però en conreus d'alt valor afegit o que presenten diferències de qualitat es fan recol·leccions diferenciades. El cas de la verema amb diferents varietats n'és un bon exemple.

La traçabilitat de la producció d'aliments amb cadena de blocs

La tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*) fa servir bases de dades que gestionen diversos participants i que no estan centralitzades. Es registra un historial de transaccions i no es pot modificar. Que no es puguin modificar les dades ajuda a garantir que siguin correctes, verificades i fàcils de rastrejar. La tecnologia DLT (tecnologia de comptabilitat distribuïda) augmenta la transparència de la cadena alimentària.

La traçabilitat alimentària és un dels casos d'èxit més evidents per a la tecnologia de cadena de blocs, i entre els exemples més comentats hi ha el cas d'èxit del mango a la cadena Walmart. Walmart té més de 11.700 botigues distribuïdes en 28 països, i treballa amb més de 100.000 proveïdors globals. Aquest nombre de proveïdors genera importants riscos de salut, de reputació i financers en cas que sorgeixi algun problema de contaminació alimentària. Per això, l'any 2016 Walmart va endegar un pilot per rastrejar els mangos i la venda de carn de porc als EUA. En el cas del mango, es va passar d'un temps de rastreig mitjançant mètodes tradicionals de 7 dies, a 2,2 segons mitjançant aquesta tecnologia.

Els èxits principals que s'obtenen amb la introducció de la cadena de blocs en la gestió de la cadena alimentària són els següents:

- **Millora de la productivitat.**
- Reputació de la marca.
- Fidelització de clients.
- **Sostenibilitat:** reducció del malbaratament d'aliments al llarg de la cadena de subministrament. Això permet reduir la petjada hídrica i la petjada de carboni en la producció d'aliments.
- **Expansió** a nous mercats.

El resultat és un conjunt de solucions personalitzades que poden incrementar la seguretat i la frescor dels aliments, desbloquejar l'eficiència de la cadena de subministrament, minimitzar el malbaratament, millorar la reputació de la marca i contribuir directament a l'èxit del negoci.

Les ineficiències repercuteixen negativament en els preus per al consumidor, en la petjada de carboni, en els residus d'aliments i en la frescor esperada.

Les tendències mostren que els consumidors volen saber més coses a banda de la informació nutricional: volen saber l'origen dels aliments, quan s'han cultivat i com.

Els principals reptes que té l'agricultura respecte a la cadena de blocs són:

- Per garantir la traçabilitat en la producció d'aliments s'ha de treballar perquè la digitalització comenci a la parcel·la. D'aquesta manera, es podrà disposar d'informació sobre quant temps tarden a arribar els aliments frescos des de la parcel·la fins a la botiga final.
- En la cadena de blocs es treballa de manera unidireccional: explotació agrícola, indústria agroalimentària, cadenes de distribució amb les seves botigues. Durant aquest procés, es genera informació que pot tornar a la parcel·la per millorar la qualitat o el rendiment.



Transformació digital associada a la gestió de l'aigua de reg

La gestió de l'aigua en el regadiu és el segon capítol de casos d'èxit. Es parlarà de gestió de l'aigua de regadiu perquè, a escala mundial, el 70 % de l'aigua es destina a la producció d'aliments d'origen vegetal. La combinació entre l'increment de població a tot el món (solucionar el problema de la fam al món és el primer objectiu de desenvolupament sostenible) i el fet que l'aigua sigui un recurs cada vegada més escàs en un escenari de canvi climàtic ens defineix un context que ens obliga a incrementar l'eficiència en l'ús de l'aigua.

La gestió de l'aigua de reg s'ha d'entendre a dos nivells:

- Gestió de l'aigua col·lectiva per part de l'administració hidràulica, pel que fa a la conca i a les comunitats de regants. L'organisme de conca de les conques internes de Catalunya és l'Agència Catalana de l'Aigua, mentre que la part que pertany a la conca de l'Ebre correspon a la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre. Cal dir que les comunitats de regants són entitats adscrites als organismes de conca.
- Gestió de l'aigua de les parcel·les per part dels regants a títol individual.

La gestió i la planificació de l'aigua de reg a partir de la crisi del coronavirus

Les administracions responsables de la gestió de l'aigua, tant pel que fa a les confederacions hidrogràfiques com a les comunitats de regants, sovint adapten els canvis tecnològics d'una manera més lenta que la societat en general.

L'any 2020, el coronavirus ens ha canviat la vida a tots i està provocant un increment de la transformació digital difícil d'imaginar fins fa poc. Comentarem tot seguit un exemple d'avenços tecnològics que es van introduir el 2020 i que a finals de 2019 semblaven molt llunyans.

Quan va començar el confinament, a finals de l'hivern de 2020, les comunitats de regants treballaven per iniciar la campanya de reg. L'agricultura de regadiu havia de continuar l'activitat per mantenir la cadena de subministrament d'aliments. Això va obligar les comunitats de regants a introduir el teletreball i a utilitzar les videoconferències com a canal de comunicació habitual en les juntes de govern.

Actualment els organismes de conca, tant les confederacions hidrogràfiques com l'ACA, realitzen l'exposició pública dels temes importants per al tercer cicle de planificació 2021-2026. Abans la informació pública sempre es feia en sessions presencials, però les limitacions sanitàries actuals han provocat que ara les administracions comparteixin aquests temes per videoconferència, ja que la planificació hidrològica no es pot endarrerir.

Cal posar en valor l'adaptació a la nova normalitat per part de les comunitats de regants i dels organismes de conca. Aquestes innovacions en la manera de comunicar-nos han vingut per quedar-se i difícilment es deixaran d'utilitzar a mesura que es vagi superant la pandèmia.

L'ajuda de la teledetecció en la gestió de l'aigua per a les comunitats de regants

Les eines de teledetecció són de gran ajuda per a la gestió de l'aigua en les comunitats de regants. La comunitat de regants d'Aragó i Catalunya té una superfície regable de 105.000 hectàrees, 129 comunitats de base i un consum d'aigua de 500 hm³. Entre els anys 2012 i 2015 ja van signar convenis per a l'elaboració dels primers mapes de conreus, aleshores amb imatges del satèl·lit Landsat. Amb les imatges del satèl·lit europeu Sentinel 2 es va millorar la resolució temporal i espacial. Es feien aquests mapes de conreus perquè, quan arribava aquesta informació dels departaments d'agricultura, ja era tard per a la gestió de la campanya de reg. Cada cop és més important tenir la informació d'una manera més propera.

La superfície regable d'aquesta comunitat de regants i el fet de necessitar diverses imatges al llarg de la campanya de reg fan recomanable l'ús de sèries temporals d'imatges de satèl·lit. L'ús de drons ofereix més resolució, però s'hauria de treballar amb imatges de diferents dates de vol i, a més, obtenir les imatges resulta més car.

La superfície regable d'aquesta comunitat es divideix en tres zones segons l'origen de l'aigua. Les zones que s'abasteixen de la Noguera Ribagorçana i de l'embassament de Sant Salvador tenen una regulació hiperanual, mentre que la superfície regable que s'abasteix de l'embassament Joaquín Costa, al riu Éssera, no té una regulació hiperanual i està molt condicionada per l'evolució de l'any hidrològic. S'ha de gestionar l'aigua perquè, en cas d'estiatge, la part alta no es quedi sense abans del 30 de setembre.

La comunitat general de regants durant aquests anys utilitza les **eines TIC de teledetecció/GIS per tenir un model de previsió de demandes d'aigua de reg a mitjà termini (2-4-6-8 setmanes vista)**. Per poder-ho dur a terme calen dos mapes de conreus: un per identificar els conreus de primavera i un altre per identificar els d'estiu. En aquesta zona, el sistema de reg majoritari és l'aspersió i el reg per pivots, la qual cosa facilita que es puguin introduir dobles collites en parcel·les de conreus extensius. L'any 2020 hi havia grans reserves d'aigua fins al mes de juliol, fet que es va traduir en un increment del blat de moro de segona collita. Les altes necessitats d'aigua de reg d'agost i setembre, en canvi, van fer que s'haguessin d'introduir restriccions en el reg al final de la campanya. Disposar d'aquesta informació permet prendre decisions sobre els prorrateigs o la introducció de retrobombeigs amb un cost per a la comunitat.

En la figura següent es presenta l'exemple de dues captures dels mapes de conreus corresponents a la comunitat d'Aragó i Catalunya (el 15 de juny i el 30 de juliol de 2020), obtinguts a partir de l'NDVI de les imatges dels satèl·lits bessons Sentinel 2.



Figura 25. Exemple de mapes de conreus obtinguts mitjançant l'ús de la teledetecció a la Comunitat General de Regants d'Aragó i Catalunya.

Hi ha altres comunitats de regants que a principis de la campanya de reg obliguen els seus participants a fer una declaració de conreus. Aleshores, durant la campanya de reg verifiquen que el consum d'aigua estimat —mitjançant teledetecció— es correspon amb la declaració de conreus. No cal dir que les comunitats en les quals s'utilitzen aquestes eines per controlar l'ús de l'aigua són les que tenen més limitacions de disponibilitat d'aquest recurs i que aquesta pràctica permet estalviar-ne.

Mitjançant la teledetecció es pot tenir una bona estimació de l'aigua evapotranspirada pels conreus, però per conèixer el detall del consum en cada parcel·la cal tenir informació dels comptadors d'aigua. Parcel·les amb sòls argilosos o amb grava poden presentar nivells d'aigua evapotranspirada similars, però nivells molt diferents en l'ús de l'aigua.

Un dels problemes principals de l'aigua urbana és l'aigua no registrada. En l'agricultura també es dona aquesta situació, i hem de recordar que no es pot millorar allò que no es pot mesurar.

La Direcció General de l'Aigua del Ministeri de Transició Ecològica comenta que no totes les comunitats de regants tenen comptadors d'aigua i que en alguns casos es poden modificar les lectures mitjançant imants. Per aquesta raó, estan treballant per analitzar la demanda d'aigua de reg mitjançant teledetecció.

Per a les comunitats de regants és important conèixer la demanda d'aigua de les comunitats de base o dels regants individuals perquè l'aigua que es capta s'aproximi a la quantitat d'aigua utilitzada. Hi ha comunitats que tenen digitalitzat aquest procés.

El gran repte de les comunitats de regants, que cada vegada poden disposar de més eines TIC (metering, teledetecció, dades massives, aprenentatge automàtic, etc.), és integrar per al conjunt de la comunitat, de la manera més aproximada possible, les corbes de demanda d'aigua de reg a mitjà termini.

La telegestió del regadiu

Els primers sistemes de telegestió de xarxes de regadiu utilitzaven cable, però l'experiència ha demostrat que les tempestes, així com les extenses superfícies de les comunitats de regants i les condicions no controlades de les parcel·les agrícoles, acaben interrompent el servei i generant reparacions importants a l'hora de localitzar les avaries. Els primers sistemes de telecontrol amb cable s'estan substituint per sistemes de telecontrol sense cable.

Els sistemes de telegestió dels sistemes de regadiu aporten valor per la millora en les àrees següents:

- Mitjançant la comunicació bidireccional es pot actuar a distància sobre els equips controlats, fet que aporta seguretat a les instal·lacions
- Detecció precoç d'incidències (fuites, pèrdua de pressió, entrada d'aigua de mala qualitat, intrusisme, etc.).
- Gestió d'incidències per avisar les persones afectades i fer-ne el seguiment.
- Millora de l'eficiència de les instal·lacions amb un triple estalvi: estalvi d'aigua, estalvi d'energia i estalvi en l'explotació. L'IoT es pot aplicar tant a les infraestructures relacionades amb l'aigua com a les màquines elèctriques.
- Millorar la qualitat del servei gràcies a la millora en el mesurament de diferents paràmetres.
- Balanços hídrics per identificar frau, fuites o consums anòmals per millorar l'eficiència de distribució de la xarxa.
- Anàlisi, mitjançant dades massives, del comportament dels regants/clients.

En la figura següent es mostra un hidrant compartit d'una comunitat de regants, en aquest cas amb hidrant per a tres propietaris, i el seu sistema de telegestió i telelectura.



Figura 26. Vista de l'interior d'un hidrant compartit per tres propietaris, amb el dispositiu de telegestió.

En moltes instal·lacions es monitoren el cabal i el volum acumulat en temps real. Cada vegada és més important tenir informació de la pressió a la sortida de l'hidrant, ja que això incideix de manera directa en la qualitat del servei.

També és important la informació d'aquests hidrants, i des de la indústria s'està desenvolupant una aplicació perquè cada regant pugui veure l'evolució dels seus comptadors.

De les xarxes de reg a les xarxes de comunicació

Un cop s'han posat en valor els beneficis que aporta la telegestió, es comentaran les tecnologies per a la comunicació de les xarxes d'aigua de reg, però també d'aigua urbana. Aquesta tecnologia és l'**LPWAN** (*Low Power Wide Area Network*). El grau de cobertura dels sistemes de comunicació depèn de les característiques de cada sistema, de la topografia del terreny, així com de la localització de les antenes. Per aquesta raó no hi ha sistemes de comunicació òptims, sinó que cal analitzar quina és la cobertura en cada cas.

Els LPWAN principals es divideixen en dos grups:

- sistemes de radiofreqüència en banda lliure (Sigfox i LoRaWAN)
- sistemes de comunicació amb bandes llicenciades que utilitzen freqüències de tecnologia mòbil (NB-IoT i GPRS)

	Sistema de comunicació	Avantatges	Inconvenients
Bandes lliures	Sigfox	<p>Estès mundialment</p> <p>Consum molt baix</p> <p>Llarg abast, si no hi ha obstacles</p> <p>Possibilitat per a l'usuari d'instal·lar estacions base per millorar la cobertura de l'operador, que a Espanya és Cellnex</p>	Quantitat molt limitada de dades per transmetre i encara més per rebre
	LoraWan	<p>Estès mundialment (l'operador a Espanya és Redexia)</p> <p>Millor rendiment indoor. Es pot instal·lar en zones amb més mala visió d'antena</p> <p>Permet bidireccionalitat i no està tan limitada en la quantitat de dades com Sigfox</p>	<p>Escassa cobertura</p> <p>És immune al soroll però, a canvi, té un pitjor abast</p>
Bandes llicenciades (freqüències de tecnologia mòbil)	NarrowBand IoT (NB-IoT)	<p>Permet transmetre a més potència, per funcionar en llocs amb escassa visió d'antena</p> <p>Sense limitacions en transmissió i recepció</p> <p>És la més moderna, però amb més projecció</p>	<p>Es depèn totalment de la cobertura de l'operador A Espanya: Vodafone i Movistar.</p> <p>Major consum d'energia</p>
	GPRS	<p>Sistema més madur (és el primer que va sortir i el que té més cobertura)</p> <p>Permet transmetre a més potència, per funcionar en llocs amb escassa visió d'antena</p> <p>Sense limitacions en transmissió i recepció</p>	<p>Sistema tancat</p> <p>Més consum d'energia (superior a NB-IoT)</p>

Taula 6. Avantatges i inconvenients principals de quatre sistemes de comunicació utilitzats en la telegestió de xarxes de reg.

Dades per millorar el disseny i el manteniment de la xarxa de reg

En les primeres modernitzacions del regadiu es van dissenyar les unitats de reg interiors de parcel·la amb formes regulars perquè fossin més econòmiques i fàcils de gestionar.

Disposar cada vegada de més informació de les parcel·les de reg ha de servir perquè les unitats de reg s'adaptin a les característiques del sòl, del model digital del terreny i de les espècies/varietats utilitzades. Aquesta adaptació de les unitats de reg ha de ser compatible amb la mobilitat de la maquinària a la parcel·la.

La tendència en el reg és fer servir la informació per personalitzar el reg de cadascun dels ambients, cosa que es pot fer en la definició dels sectors de reg o utilitzant pics de dosi variable (VRI).

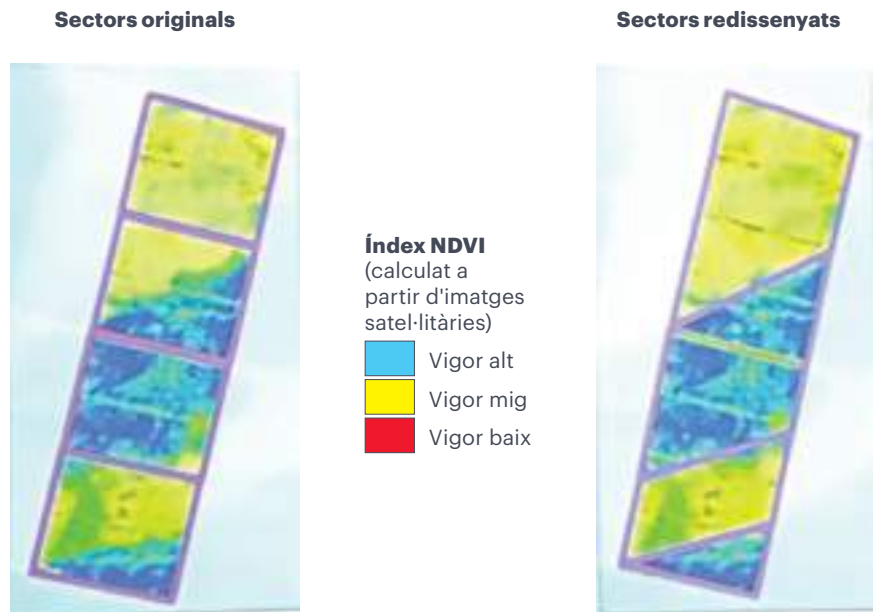


Figura 27. Redefinició de sectors de reg per ajustar-se a la variabilitat de la parcel·la.
GRAP (Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió de la UdL).
Imatge: GRAP (Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió de la UdL)

Els sistemes de reg necessiten manteniment i que es comprovi que arriba la pressió correcta a les diferents parts de la parcel·la perquè el reg sigui al més uniforme possible. Cada vegada disposem de més eines digitals per identificar deficiències en els sistemes de reg o drenatge.

Sensors per optimitzar l'ús de l'aigua a la parcel·la

Sensors a la parcel·la

Regar és aportar a la planta la quantitat d'aigua que necessita en cada moment del seu cicle de conreu. En regadius modernitzats amb sistemes de reg a demanda es pot aplicar l'aigua d'una manera precisa i controlada, mentre que en sistemes de reg per gravetat s'apliquen més quantitats d'aigua quan arriba el torn de reg. La modernització d'aquests regadius per optimitzar l'ús de l'aigua passa per la modernització de la infraestructura hidràulica i de la infraestructura digital.

En la figura següent es presenten dues fotos de l'estació experimental de l'IRTA a Mollerussa. La foto de l'esquerra mostra una estació agrometeorològica amb sensors de diferents ambientals. A Catalunya, Ruralcat disposa d'una important xarxa d'estacions agrometeorològiques distribuïdes per les principals zones regables per estimar l'evapotranspiració de referència, base per al càlcul de les necessitats de reg.

La figura de la dreta mostra un lisímetre de pesada, que permet pesar la quantitat d'aigua evapotranspirada per un determinat conreu, per tal de poder definir experimentalment el coeficient de conreu.



Figura 28. Estació experimental de l'IRTA de Mollerussa (a l'esquerra, estació agrometeorològica; a la dreta, lisímetre de pesada per estimar l'ETc de conreus fruiters).

Algunes explotacions més tecnificades o amb superfícies de conreu importants tenen estacions meteorològiques pròpies que complementen la xarxa agrometeorològica pública. Els sensors s'han d'instal·lar i mantenir perquè aportin informació representativa de la parcel·la. La reducció del cost dels dispositius i la millora de les comunicacions ha fet possible aquesta democratització de la informació climàtica digital. Destaco el concepte *digital* perquè això permet tenir informació en temps real, i visualitzar i analitzar les dades per poder prendre les millors decisions sobre les dosis d'aigua de reg i també definir alarmes.

Una altra opció tecnològica és la utilització de les estacions meteorològiques virtuals. Les estacions meteorològiques virtuals proporcionen historials i previsió de variables meteorològiques a través d'intel·ligència artificial per a una localització determinada. Es pot tenir aquesta informació sense haver d'instal·lar cap dispositiu. Econòmicament, les estacions virtuals són més ràpides d'implementar i més competitives perquè no cal instal·lar dispositius físics de maquinari.

A més dels sensors de les estacions agrometeorològiques, també es poden instal·lar diferents tipus de sensors al sòl, molt útils per a la gestió de l'aigua a la parcel·la. Entre aquests sensors podem destacar: control de la humitat d'aigua, control del potencial hídric (estrès) o control de la salinitat.

Quan pensem en l'aigua, en el context de la parcel·la, gairebé de manera generalitzada s'associa a la gestió d'aigua per regar. Ara bé, convé recordar que en algunes explotacions fruiteres hi ha sistemes de reg antiglaçada. Aquests sistemes apliquen reg sobre el conreu per evitar una reducció significativa de la temperatura.

Hi ha diferents sistemes antiglaçada, però en tots és important tenir un sistema de previsió de dades per estar preparats les nits de glaçada, així com poder fer un seguiment de la glaçada en temps real.



Figura 29. Aplicació d'aigua de reg per lluitar contra les glaçades primaverals.

La teledetecció de la parcel·la

En la teledetecció s'utilitzen diferents sensors hiperspectrals. Les importants millores de resolució temporal i espacial que ha aportat el satèl·lit Sentinel 2, així com altres microsatèl·lits que permeten reduir el píxel de 10 a 3 metres, han fet que es democratitzi l'ús de la informació de satèl·lits per a la gestió de l'aigua a les parcel·les.

Les necessitats d'aigua de reg depenen de l'evapotranspiració de referència i del coeficient de conreu, $ET_c = ET_o \times K_c$. S'ha demostrat que hi ha una relació lineal entre el coeficient de conreu i l'índex d'NDVI (de l'anglès *Normalized Difference Vegetation Index*).

Les equacions que relacionen totes dues variables per als conreus principals són les següents:

$$K_c = 1,25 \text{ NDVI} + 0,1 \quad (\text{conreus que cobreixen ràpidament el sòl}) \quad f_c > 80\%$$

$$K_c = 0,85 \text{ NDVI} + 0,47 \quad (\text{conreus hortícoles com la ceba o l'all}) \quad f_c < 80\%$$

$$K_{cb} = 1,44 \text{ NDVI} - 0,1 \quad (\text{arbres amb reg localitzat})$$

Fins fa uns quants anys es programaven els regs a partir dels coeficients de conreu definits de manera genèrica, sense tenir en compte les diferències de desenvolupament de diferents varietats o localitzacions. Utilitzar aquests coeficients de conreu suposa una adaptació del reg a les condicions particulars de cada parcel·la.

Com es pot veure en la figura següent, les diverses varietats de fruita presenten valors diferents d'NDVI, de manera que les seves necessitats de reg són diferents. El disseny del reg ha de tenir en compte tant la variabilitat de la parcel·la com la de les varietats que s'hi introduiran.

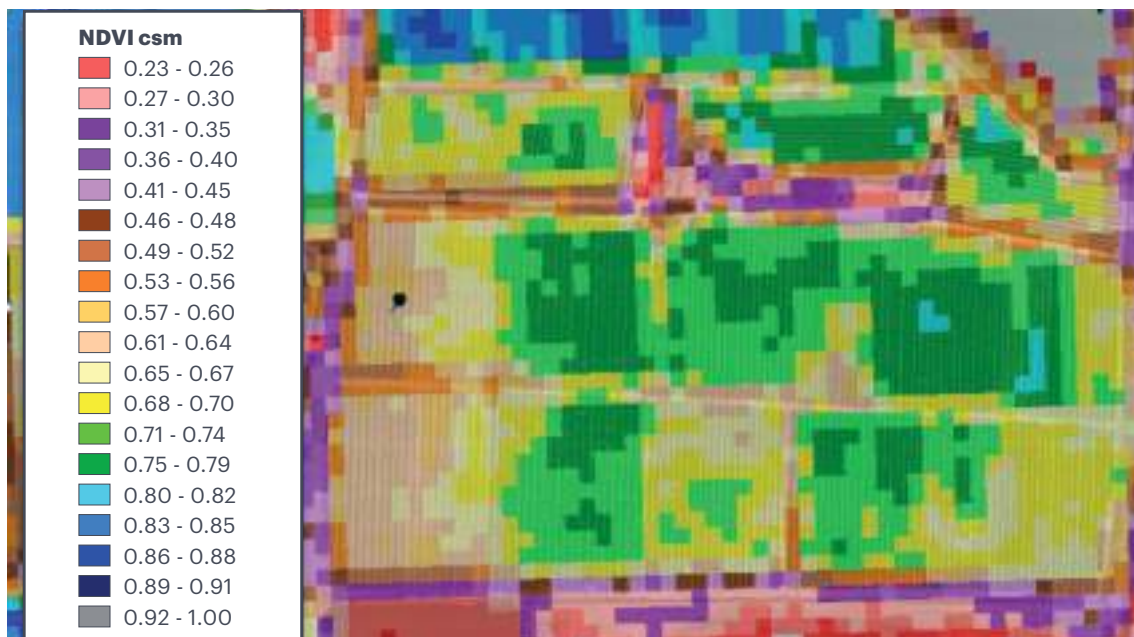


Figura 30. Exemple de variació d'NDVI entre les diferents varietats, en una explotació fruítera propera a Lleida.

En la figura següent es presenten les sèries temporals d'NDVI d'un punt d'una parcel·la a prop de Lleida entre els anys 2014 i 2020. Es tracta d'una parcel·la de conreu extensiu que alguns anys ha fet doble collita i que entre els diferents anys ha fet algun canvi de conreu o varietat.

De la sèrie temporal, se'n desprenen les corbes de coeficient de conreu. Aquestes diferències s'incrementen en les corbes de demanda, perquè els mesos amb menor Kc són els que presenten una menor ETo. Amb aquest exemple es vol compartir la variabilitat temporal d'un mateix punt al llarg de les diferents campanyes de reg. Com es pot veure, hi ha diferències significatives al llarg dels anys.

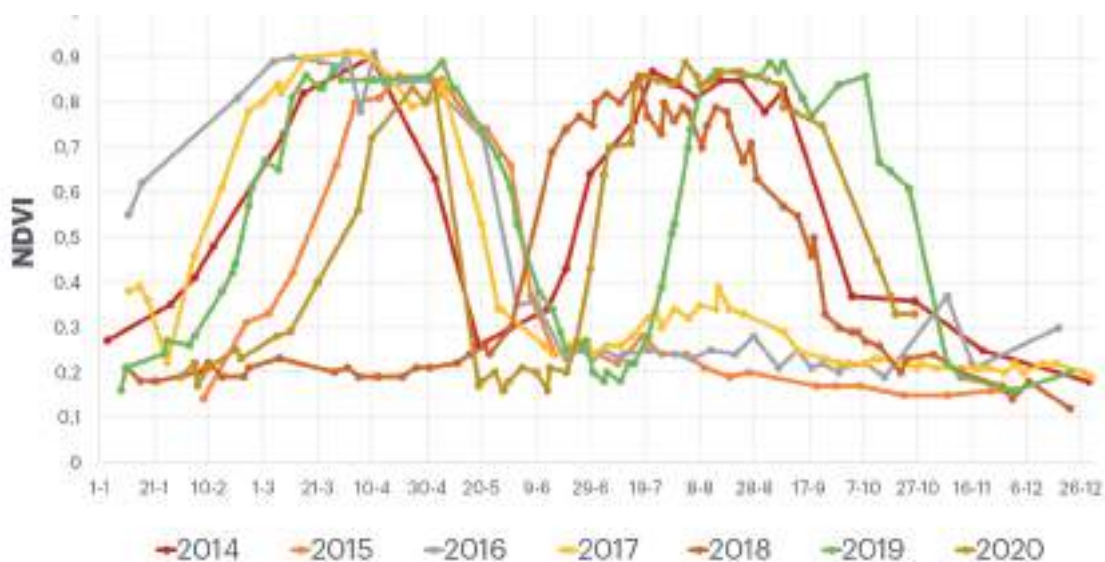


Figura 31. Sèries temporals d'NDVI en una parcel·la de cultiu extensiu propera a Lleida (anys 2014-2020).

En la figura següent es presenten quatre tendències sobre les prescripcions del reg en l'àmbit de la parcel·la.

- **Origen de les dades:** hi ha tendència a utilitzar cada cop més dades digitals obtingudes de manera automàtica, que es poden consultar en temps real.
- **Temps de les dades:** inicialment es feien servir dades passades (dades climàtiques anteriors, imatges de satèl·lit, etc.). Ara cada cop més s'utilitzen dades en temps real (condicions meteorològiques actuals o sondes d'humitat), però la tendència és combinar dades presents amb dades de futur (prediccions climàtiques o dades obtingudes de models de conreu).
- **Variabilitat de la prescripció:** la tendència és adaptar les prescripcions de reg per a cada ambient o cada varietat.
- **Càlcul de la prescripció:** cada vegada hi ha més DSS, sistemes d'ajuda a la presa de decisions per ajudar el tècnic, treballant perquè aquest càlcul es pugui automatitzar.

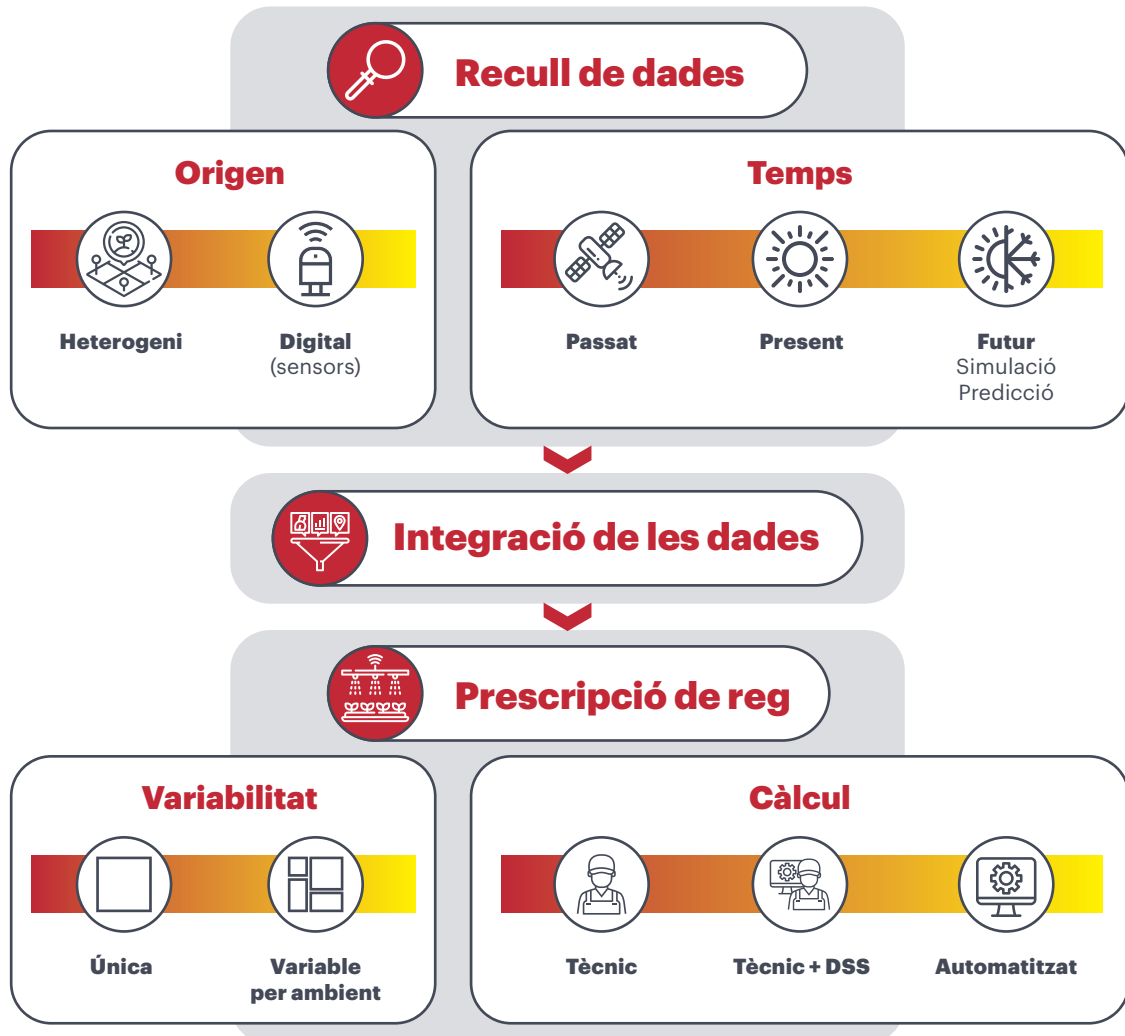


Figura 32. Quatre tendències en l'estimació de la prescripció de reg a la parcel·la.
Es presenta la tendència de color vermell a color groc.

Evitar la contaminació difusa mitjançant la traçabilitat dels purins

Es parla molt de l'economia circular i, segurament, el primari és el sector econòmic que fa més anys que utilitza conceptes d'aquesta economia, fent servir com a unitats fertilitzants les restes de collites o les aportacions de purins o fems d'explotacions ramaderes.

La gestió dels purins és una qüestió pluridisciplinària, perquè és un subproducte de l'activitat ramadera, s'aplica com a fertilitzant a les diferents parcel·les agrícoles i té relació directa amb la qualitat de les aigües subterrànies. Així doncs, té relació directa amb tres dels quatre eixos definits en el projecte Lleida On, dins de l'Àrea 5G de les Terres de Ponent.

A causa dels problemes de contaminació difusa en determinades zones ramaderes, el Govern de la Generalitat va aprovar el 2019 la traçabilitat de la distribució de purins mitjançant GPS dels equips de distribució en temps real. Un altre dels objectius del decret és valoritzar com a fertilitzant la dejecció ramadera.

Aquesta traçabilitat s'ha aconseguit mitjançant la utilització d'eines digitals de què disposem actualment. No n'hi ha prou amb la producció de les dades, s'ha de treballar perquè l'anàlisi d'aquesta gran quantitat de dades ens aporti informació.



Figura 33. Aplicació de purins, principalment en conreus extensius.

Aquesta traçabilitat dels purins es duu a terme a través del monitoratge de les màquines que els distribueixen, però les administracions i les comunitats de regants també poden fer un seguiment del contingut de nitrogen que hi ha a la parcel·la mitjançant l'ús d'informació procedent de teledetecció i l'ús de coeficients com l'NNI (índex de nutrició nitrogenada).

L'economia circular, l'agricultura de regadiu i les depuradores

A Catalunya cada vegada hi ha un percentatge més alt de població amb les aigües depurades (actualment, el 97,5 %) i les últimes actuacions se centraran a depurar l'aigua dels municipis més petits de les zones rurals.

En una economia circular, cada cop es valoritzen més els subproductes que s'obtenen dels processos industrials, i les depuradores en són un bon exemple. En primer lloc, en un escenari de recursos cada cop més escassos, s'ha de tenir en compte l'aigua regenerada i com pot servir per a nous usos, com ara l'ús agrari.

En el procés de depuració de l'aigua, primer s'extreuen de l'aigua la matèria orgànica i els nutrients. Els fangs de depuradora es poden valoritzar si s'aprofiten com a font de nutrients i matèria orgànica a les parcel·les agrícoles. El valor dels fangs de depuradora produïts a Catalunya és d'aproximadament 30 M€/any.

Tant en el cas de l'aigua de km 0 com en el dels fangs, cal fer un seguiment de la qualitat d'aquests subproductes que es van generant per validar-ne l'ús. En el cas dels fangs, s'han de quantificar les unitats fertilitzants que s'apliquen per evitar una contaminació difusa de les aigües.

Transformació digital en el regadiu del segle xxi

Des de les diferents administracions es treballa perquè la recuperació econòmica i social sigui una transformació digital i ecològica.

El regadiu del segle xxi, en alguns casos, combina aigües de diversos orígens (aigües subterrànies, terciaris d'EDAR, dessalinitzadores, etc.). S'hauran de monitorar més variables per controlar la qualitat de l'aigua que entra al sistema, com ara la terbolesa, el pH i la conductivitat.

S'han comentat diverses qüestions sobre la gestió de l'aigua, però en un regadiu del segle xxi també cal tenir en compte la gestió de l'energia. En aquest sentit, es parla des de fa temps del binomi aigua-energia.

L'aplicació de l'Internet de les coses als motors que intervenen en el bombeig de l'aigua de reg ha de servir per millorar-ne l'eficiència i el manteniment. Pel que fa a l'analítica en la gestió dels actius, l'ús de més intel·ligència es tradueix en increments en l'eficiència i en l'optimització en la presa de decisions. Així podem identificar diferents tipus d'analítiques en la gestió d'actius, cadascuna amb un major grau d'intel·ligència/eficiència: analítica descriptiva (què ha passat?), analítica diagnòstica (per què ha passat?), analítica predictiva (què passarà?), analítica prescriptiva (què hauria de fer?) i analítica cognitiva (quina és la decisió següent per a una resposta intel·ligent?). Hi ha empreses que prefereixen parlar de *manteniment basat en una condició, més que de manteniment predictiu*.

Ara bé, a banda de ser eficients en l'ús de l'energia, la crisi climàtica actual obliga els diferents sectors industrials, inclòs el regadiu, a fer un ús cada vegada més majoritari de les energies renovables.

L'energia fotovoltaica s'adapta als regadius perquè, com més gran és la necessitat de bombeig, més gran és també la producció d'energia. La digitalització ha de contribuir a optimitzar l'ús de l'energia solar.



Figura 34. Ús de l'energia fotovoltaica en el regadiu (exemple del canal Algerrí-Balaguer).



Pla per a la reactivació econòmica i protecció social, una oportunitat per a la transformació digital de l'agricultura de regadiu

Les diferents administracions van presentant plans per a la recuperació després de la pandèmia. Així, el Govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar el passat 21 de juliol el **Pla per a la reactivació econòmica i protecció social de Catalunya, amb l'objectiu de donar resposta a la crisi derivada de la COVID-19, i que comptarà amb fons de la Unió Europea. Aquest pla estima un cost de 31.765 M€, dels quals 2.769 M€ ja s'invertiran aquest mateix exercici. Es fixen vint grans projectes estructurats al voltant de cinc eixos prioritaris, el segon dels quals és la digitalització.**

A la base del pla hi trobem els objectius de desenvolupament sostenible (ODS), que se situen a l'Agenda de 2030, així com el Pacte verd europeu (European Green Deal) i l'Estratègia digital europea (Digital Europe).

Eix	Actuacions	Descripció breu
1. Economia per a la vida	65	La crisi sanitària ha posat de manifest la necessitat d'avançar cap a una economia al servei de les persones, que proporcioni salut, atenció, aliments, educació, protecció social, habitatge i cultura als ciutadans.
2. Digitalització	16	Les eines digitals han permès mitigar l'impacte econòmic i social de la pandèmia, però falta consolidar i ampliar els avenços realitzats aquests darrers mesos. La Comissió Europea també ha manifestat que fixa la transició digital com un dels pilars de recuperació econòmica d'Europa.
3. Transició ecològica	19	La reactivació econòmica ha de ser compatible amb la neutralitat climàtica i per a això cal disposar d'infraestructures d'energia renovable i fomentar l'economia circular, reforçant les mesures d'eficiència energètica i mobilitat sostenible.
4. Societat del coneixement	35	Els efectes de la COVID-19 han fet més visible que mai el paper central del coneixement i la formació en l'estratègia de construir un nou model, tant pel que fa al desenvolupament de solucions innovadores en l'àmbit sanitari com a l'hora de reconduir les carreres professionals dels treballadors dels sectors més afectats per la crisi.
5. Actuacions transversals	10	L'experiència de l'última recessió econòmica demostra que les crisis no colpegen tothom de la mateixa manera. L'estratègia de reactivació de Catalunya passa per aconseguir una economia més robusta, competitiva i oberta, però que alhora garanteixi l'equitat i la igualtat d'oportunitats.

Taula 7. Pla per a la reactivació econòmica i protecció social de Catalunya. Actuacions i descripció breu dels cinc eixos principals.

Si ens centrem en el Departament d'Agricultura, en el moment de la presentació la consellera Teresa Jordà va descriure el Pla com **un salt sense precedents per reactivar i transformar el sector agroalimentari**.

En la taula següent es presenten els deu projectes gestionats pel Departament d'Agricultura, així com dos projectes més, gestionats conjuntament amb el Departament de Territori i Sostenibilitat. Dels 3.000 M€ que executarà directament el DARP, es farà una inversió de 2.207 M€ abans de l'any 2025.

Com es pot veure en la taula següent, el projecte principal és la modernització de regadius, amb una inversió prevista de 1.385 M€. Pel que fa a la transformació digital del sector, caldrà tenir en compte el projecte 4 (Noves oportunitats de negoci), el 5 (projecte AKISCAT) i especialment el projecte 8 (AgroDigi-Cat), dotat amb 90 M€.

Les diferents administracions insisteixen que és necessària una transformació verda i alhora digital, però amb la voluntat que ningú no es quedi enrere. Cada vegada hi ha menys agricultors, i el sector no es pot permetre que la transformació digital en deixi més pel camí.

		Despesa (milions d'euros)			
		2020	2021-2025	2026-2032	Total
1	Circuits curts, promoció i comercialització		35,0		35,0
2	Cohesió territorial		350,0	100,0	450,0
3	Creació de noves cadenes de valor basades en la bioeconomia		200,0		200,0
4	Noves oportunitats de negoci		110,0		110,0
5	Producció sostenible		65,0		65,0
6	Projecte AKISCAT. Suport a la transformació agroalimentària i marítima: assessorament, transferència i innovació		175,0		175,0
7	Modernització de regadius		692,5	692,5	1.385,0
8	AgroDigiCat. Transformació digital del sector agroalimentari	18,0	72,0		90,0
9	Transició energètica		400,0		400,0
10	Impuls a la investigació agroalimentària, forestal, marítima i del desenvolupament rural a Catalunya	45,0	45,0		90,0
A	Total Departament d'Agricultura	63,0	2.144,5	792,5	3.000,0
11	Preservació dels ecosistemes i biodiversitat	0,5	392,7	204,1	597,3
12	Tractament d'aigües subterrànies i valorització del sòl		213,8	100,0	313,8
B	Total projectes Departament d'Agricultura + Departament de Territori i Sostenibilitat	0,5	606,5	304,1	911,1
A+B	Total 12 projectes	63,5	2.751,0	1.096,6	3.911,1

Taula 8. Dotze projectes presentats pel Departament d'Agricultura per reactivar i transformar el sector agroalimentari. Periodificació de la despesa.



La xarxes socials i professionals en l'agricultura de regadiu

L'increment de l'ús de les xarxes socials i professionals en l'agricultura de regadiu es pot considerar estratègic perquè aporta millores digitals en diferents àmbits:

- **Motor de transformació digital i millora de les habilitats digitals.** La població de zones rurals normalment no té les habilitats digitals que té la població de zones urbanes. Per reduir la bretxa tecnològica del sector primari, cal que es millorin les habilitats digitals.
- **Canal de comunicació de transferència tecnològica, per millorar la innovació.** Tant a la UE com a Espanya, en comparació d'altres països del món, s'investiga a un bon nivell, però s'innova poc. No n'hi ha prou que els centres de recerca desenvolupin nous productes, serveis o models de negoci que es puguin aplicar en el sector del regadiu; han d'arribar a l'administració, a les comunitats de regants i als regants individuals. El sector ha d'innovar més ràpidament.
- **Canal de comunicació per explicar la funció de l'agricultura de regadiu.** El sector del regadiu ha d'explicar les seves funcions, tant a la població de zones rurals com a la de zones urbanes. Difícilment la societat podrà defensar el regadiu si desconeix que aquest sistema és l'eina principal per garantir la producció d'aliments. Cada cop es veuen més agricultors que comparteixen fotos i vídeos a les xarxes socials explicant la seva activitat.
- **Màrqueting d'empreses del sector.** Durant el temps de confinament s'han cancel·lat moltes fires i jornades, en les quals les empreses duen a terme la seva activitat comercial. Això ha obligat les empreses del sector a fer-se més presents a les xarxes d'una manera precipitada. Aquestes empreses busquen millorar la visibilitat de la marca, mantenir la relació amb els clients i presentar les novetats dels seus productes i serveis.



Ciberseguretat

Els agricultors són empresaris acostumats a mirar al cel, ja que les collites depenen de les inclemències meteorològiques. Gelades o cops de calor, inundacions o sequeres, calamarsa o ventades poden provocar pèrdues del 100 % de les collites just hores abans de la recol·lecció. Per protegir-se del risc econòmic de la pèrdua de producció de la collita, contracten pòlisses d'assegurances agràries.

De la mateixa manera que hi ha aquest risc associat als fenòmens meteorològics, també hi ha el risc d'un ciberatac que ocasioni la pèrdua de dades o d'ingressos. Les empreses es van digitalitzant i els atacs d'aquest tipus poden afectar cada cop de manera més general la seva activitat. El fet que cada vegada tinguem més dependència digital ens obliga a estar més protegits davant les noves vulnerabilitats i les noves amenaces.

Actualment, s'estima que les empreses dediquen a qüestions de ciberseguretat un 2 % del total de la facturació, quantitat que s'incrementa fins a valors del 10 % en entitats financeres o empreses de telecomunicacions.

Per donar una idea del volum d'incidents gestionats actualment a Espanya, podem dir que l'any 2019 l'INCIBE (Institut Nacional de Ciberseguretat) va atendre 107.397 incidents, dels quals 72.858 van ser a ciutadans i empreses; 796, a operadors estratègics, i 33.743, a la Red Iris (xarxa d'universitats i centres d'investigació).

A banda d'estar preparat davant d'un possible atac, també és important ser ordenat perquè el volum de dades cada vegada és més important i perquè s'ha de tenir controlada tota la informació que genera una determinada explotació agrícola. Algunes de les dades que generen les explotacions van al núvol i, amb el pas del temps, és possible que les explotacions desconeixin on són aquestes dades.

El problema és que les empreses d'avui dia tenen una visió fragmentada de la seguretat i les actuacions s'articulen en diferents departaments. Els directors de seguretat de la informació o CISO (*Chief Information Security Officer*) han de tenir una visió transversal de l'empresa i treballar en un nivell jeràrquic proper al CEO.

De la mateixa manera que hi ha empreses de seguretat per a actius físics que vigilen durant les 24 hores al dia, també hi ha empreses de seguretat que es poden veure afectades per ciberatacs. Són importants les alarmes en temps real, els quadres de comandament de les diferents incidències o simulacions que permetin estimar quines afectacions podria tenir un atac determinat.

Les comunitats de regants subministren l'aigua per regar les parcel·les de regadiu i les granges, però en molts casos també subministren l'aigua a municipis de la zona. Per això aquestes infraestructures s'han de considerar crítiques, com una part de les infraestructures estratègiques, fet que té importants connotacions en termes de ciberseguretat.

Els OIC (operador d'infraestructura crítica) tenen la responsabilitat d'invertir en la instal·lació i en la tecnologia d'informació associada per mantenir un funcionament continuat de la infraestructura.

Si hi ha una incidència en alguna de les infraestructures crítiques, s'ha de comunicar al CNPIC (Centre Nacional de Protecció d'Infraestructures i Ciberseguretat), pertanyent al Ministeri de l'Interior. El CNPIC defineix cinc nivells d'alerta d'infraestructures crítiques i, actualment, **el nivell de risc és alt** (4/5).



Resum

Aquesta publicació destaca la importància de la digitalització del sector agroalimentari i de la gestió de l'aigua de reg. S'ha analitzat la gestió de l'aigua de reg perquè, a escala global, un 70 % de l'aigua es destina a recursos agraris, i és el principal motor del sector agrícola i ramader de les zones rurals.

En un primer capítol es presenta l'evolució de l'agricultura, des de l'agricultura de tracció animal a l'agricultura 4.0 i 5.0, així com les tecnologies que s'incorporen en cadascuna de les etapes. Es destaca la importància de l'arribada de la dada, i com això permet avançar cap a una agricultura per ambients, per millorar la rendibilitat i la sostenibilitat de les explotacions. Per tal que les dades capturades aportin una millora als resultats de les explotacions, s'han d'analitzar i han de permetre realitzar aplicacions variables. Si ens quedem en la dada i no passem a l'anàlisi i a l'acció variable, no generem valor. Hem de millorar les nostres habilitats digitals per ser més competitiu i sostenibles, i avançar cap als objectius de desenvolupament sostenible de 2030.

En el tercer capítol es presenta informació amb dades de 2018 sobre la despoblació de les zones rurals a Catalunya, i com això té relació directa amb el desenvolupament de les infraestructures de regadiu i de les comunicacions. En el quart capítol s'expliquen algunes de les característiques principals de la tecnologia 5G, les dues fases del desplegament i com accelerarà el desplegament a les zones rurals l'increment de fibra òptica en aquestes zones, així com el llançament de satèl·lits.

En el cinquè capítol es descriuen diferents pilots sobre la tecnologia 5G i la transformació digital de zones rurals duts a terme a Catalunya els darrers mesos. Es descriu el pilot d'Albatàrrec de 2019 endegat per 5G Barcelona, com a primera parcel·la agrícola amb connexió 5G, i les àrees 5G de CoEbreLab i 5G de les Terres de Ponent.

Es presenten diferents casos d'èxit de transformació digital aplicats a l'agricultura de regadiu. En el capítol sisè, els que tenen relació directa amb la producció agroalimentària i en el capítol setè, els relacionats amb la gestió de l'aigua de reg. S'han compartit casos reals començats a aplicar els darrers anys i, atès el treball de recerca que hi ha darrere d'aquests avenços, s'han mantingut els noms de marques comercials.

És important la recerca, però també ho és la innovació, que la tecnologia disponible s'apliqui diàriament. Cada vegada hi ha més distància entre el que ens permet fer la tecnologia i el que es fa a les parcel·les de conreu. Tot el sector (administració, empreses i agricultors) ha de treballar conjuntament perquè no s'incrementi la bretxa digital rural.

La transformació de l'agricultura de regadiu a Lleida ha de combinar l'avenç de les infraestructures de l'aigua de reg i de les infraestructures digitals. La digitalització s'observa en aquells conreus que són més rendibles i en aquelles zones que tenen un reg modernitzat. El reg modernitzat disposa de reg a demanda per aplicar en tot moment l'aigua que les plantes necessiten, pressió perquè es pugui telegestionar i aplicar l'aigua d'una manera eficient.

La transformació del regadiu i la transformació digital de la zona de Lleida es podrà dur a terme gràcies a les partides que incorpora el Pla de reactivació econòmica i protecció social redactat pel Govern de la Generalitat de Catalunya. També cal destacar el projecte Lleida On per a l'Àrea 5G de les Terres de Ponent.

A la part final d'aquest document s'incorpora un capítol dedicat a les xarxes socials i professionals en l'agricultura de regadiu. La crisi sanitària ha posat en valor la producció d'aliments per part de la societat, però és important que totes les entitats que tenen relació amb el sector del regadiu continuïn compartint informació perquè la societat pugui valorar el paper de l'aigua per a usos agraris i, alhora, s'hi vagin incorporant les novetats tecnològiques.

S'ha considerat important dedicar un últim capítol a la ciberseguretat. Els operadors de les infraestructures de l'aigua es consideren operadors d'infraestructures crítiques (OIC) i tenen la responsabilitat d'invertir en la tecnologia per mantenir un funcionament continuat de la infraestructura.

La transformació digital ha de servir per millorar la competitivitat i la sostenibilitat de les explotacions. Si el resultat de la transformació digital és una pèrdua de la renda dels agricultors, no hi haurà transformació digital. Si la transformació digital de zones rurals no genera models de negoci que es basin en aquesta tecnologia, les empreses de telefonia no desplegaran les seves xarxes de telecomunicacions. S'ha de trobar un ecosistema d'innovació en què tots els agents surtin guanyant.



Enllaços d'interès

Notes de premsa

Albatàrrec, a Lleida, estrena el primer camp connectat amb 5G de l'Estat. (Mobile World Capital, 27/09/2019). <https://mobileworldcapital.com/es/press/albatarrec-en-lleida-estrena-el-primer-campo-conectado-con-5g-del-estado/>

Neix a les Terres de l'Ebre la primera Àrea 5G de Catalunya, que permetrà testar aquesta tecnologia en l'àmbit rural. (SmartCatalonia, 02/07/2020). <http://smartcatalonia.gencat.cat/ca/detalls/noticia/Neix-a-les-Terres-de-lEbre-la-primera-Area-5G-de-Catalunya-que-permetra-testar-aquesta-tecnologia-a-lambit-rural>

Reptes de l'Agència Catalana de l'Aigua (7a edició SmartCatalonia). http://smartcatalonia.gencat.cat/ca/projectes/ciutats_i_regions/smartcat-challenge/reptes/reptes-associacio-catalana-de-laigua-aca/

Lleida estrena una Àrea 5G per impulsar la innovació digital en els sectors agroalimentaris, comercial i logístic. (Govern de la Generalitat, 23/10/2020). <https://govern.cat/gov/notes-premsa/388664/lleida-estrena-una-area-5g-per-impulsar-la-innovacio-digital-als-sectors-agroalimentari-comercial-i-logistic>

Publicacions

120 Machine Learning business ideas from the latest McKinsey report. (21/02/2017). <https://medium.com/@thoszymkowiak/120-machine-learning-business-ideas-from-the-new-mckinsey-report-b81b239f336>

Procés d'Integració digital de la cadena agroalimentària: com enllacem el camp i la indústria? (document elaborat pel Col·legi d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, 2020). https://www.agronoms.cat/wp-content/uploads/2020/06/Doc_Integracio-CC-81n-cadena-agroalimentaria_COEAC.pdf

Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas. Status Report. (FAO, 2019). <http://www.fao.org/3/ca4985en/ca4985en.pdf>

Climate – Smart Agriculture. Training Manual. (FAO, 2018). <http://www.fao.org/3/ca2189en/CA-2189EN.pdf>

Climate – Smart Agriculture. Case Studies 2018 (FAO, 2018). <http://www.fao.org/3/CA2386EN/CA2386en.pdf>

Climate – Smart Agriculture in action: From concepts to investments (FAO – Islamic Development Bank, 03/2019) <http://www.fao.org/3/ca3675en/ca3675en.pdf>

Agricultura de precisió: introducció ràpida a la digitalització de la agricultura (Rafael Fortes, 07/07/2020). <https://www.amazon.es/AGRICULTURA-PRECISI%C3%93N-INTRODUCCI%C3%93N-DIGITALIZACI%C3%93N-AGRICULTURA-ebook/dp/B08CK8HVST#customerReviews>

Innovación e inteligencia artificial al servicio del Desarrollo Rural (Joaquín Martín i Emilio Soria, 2019)

https://books.google.es/books?id=5_jNDwA-AQBAJ&pg=PT219&dq=agricultura+4.0&hl=ca&sa=X&ved=2ahUKEwj6o_XI97jsAhUMxB-QKHwTOAawQ6AEwAXoECAUQAq#v=onepage&q=agricultura%204.0&f=false



Qui és qui

Hi ha diverses organitzacions que tenen un paper important en l'estructuració del discurs tant de la indústria 4.0 com de la 5G, algunes de les quals es relacionen a la llista següent:

3GPP

(3rd Generation Partnership Project)
Organització que elabora estàndards per a la telefonia mòbil, integrada a l'ETSI.

ACATECH

Acadèmia de les ciències i l'enginyeria alemanya.

CNAF

(Quadre Nacional d'Assignació de Freqüències)
Instrument legal, dependent del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme d'Espanya, utilitzat per assignar les bandes de freqüències als diferents serveis de radiocomunicacions.

ENISA

(European Union Agency for Cybersecurity)
Agència europea dedicada a la seguretat informàtica, originàriament anomenada European Network and Information Security Agency.

ETSI

(European Telecommunications Standards Institute)
Organisme internacional europeu independent i sense afany de lucre per a l'estandardització de sistemes de telecomunicacions.

GSMA: (Global System for Mobile Communications Association)
Associació global dels operadors de telecomunicacions.

IEEE

(Institute of Electrical and Electronics Engineers)
Associació professional global d'enginyers elèctrics i electrònics. Fundada el 1963, és la més important del món en el seu camp.

IETF

(Internet Engineering Task Force)
Organització que promou i desenvolupa estàndards oberts relacionats amb les tecnologies d'internet com el TCP/IP.

IIC

(Industrial Internet Consortium)
Consorti internacional d'origen nord-americà d'empreses i organitzacions per desenvolupar i impulsar l'internet industrial de les coses.

ITU

(International Telecommunication Union)
Agència de les Nacions Unides dedicada a les telecomunicacions. Fundada el 1865, és l'organització internacional global més antiga del món.

OPC Foundation

(Open Platform Communications Foundation)
Organització d'estandardització de comunicacions per a sistemes d'automatització com OPC-UA.

Plattform Industrie 4.0

Organització d'origen alemany constituïda per empreses, sindicats, associacions professionals, món acadèmic i administració pública que té per objectiu estandarditzar i difondre la Indústria 4.0.



Dades de l'autor

Ignasi Servià Goixart

Enginyer agrònom per la Universitat de Lleida i enginyer tècnic agrícola per la Universitat Politècnica de Catalunya. Màster en Gestió del medi ambient i màster en Administració d'empreses.

Secretari de la Comissió de l'Aigua del Col·legi d'Enginyers Agrònoms de Catalunya.

Aliança iAigua amb l'Agència Catalana de l'Aigua.

Autor de projectes significatius sobre el regadiu de la zona de Lleida: Coautor del Projecte del regadiu del Segarra-Garrigues (2002), autor del Pla director de modernització del Canal d'Urgell (2005).

Adreça electrònica: [**ignasi.servia@gmail.com**](mailto:ignasi.servia@gmail.com)

Twitter: @iservia

