

**15**  
**ANYS**  
2005 / 2020

# DossierTècnic

Innovació i transferència de coneixement

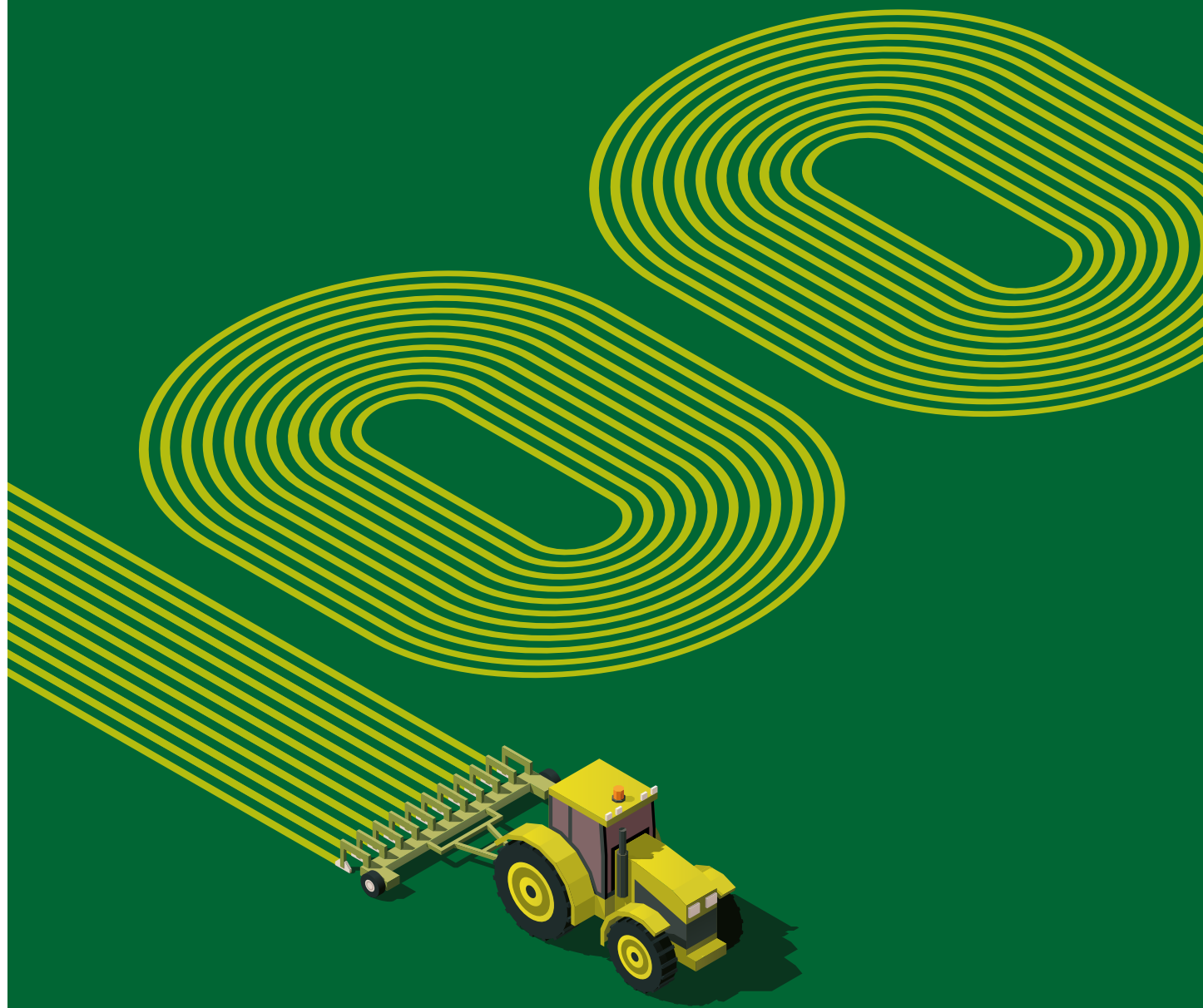
gener 2020

#100

Generalitat de Catalunya  
Departament d'Agricultura,  
Ramaderia, Pesca i Alimentació



**Rural**  
**Cat**



**Recerca i transferència  
de coneixement al sector  
agroalimentari, forestal  
i pesquer de Catalunya**

# Índex

---

- 03** 15 anys, 100 Dossiers Tècnics
- 04** El sistema de coneixement i innovació agroalimentaris de Catalunya
- 08** El sistema català de recerca. Àmbit agroalimentari
- 13** Nous models de valorització de coneixement: la col·laboració de les start-ups amb corporacions
- 17** Sostenibilitat del sistema agroalimentari
- 22** Novetats en la ramaderia
- 26** Els boscos de Catalunya: la nostra infraestructura verda i motor de la bioeconomia
- 31** La pesca i el mar
- 36** Aliments de futur: Recerca i innovació
- 41** Valorització de residus de la Indústria agroalimentària
- 46** Salut i alimentació. Els components bioactius o no-nutrients
- 50** Horticultura i ciutat
- 53** La gastronomia com a àmbit acadèmic i científic
- 59** Innovació i turisme en el sector agroalimentari: estratègies de cooperació entre diferents agents
- 63** Crear biodiversitat? Més enllà de la conservació
- 66** Canvi climàtic i sistemes agraris: vitivinicultura, I2Vi (INCAVI-IRTA)
- 70** Les noves tecnologies d'edició genòmica. Impacte en la millora de plantes
- 74** Tecnologies emergents aplicades al sector agroalimentari
- 79** La revolució tecnològica digital i les seves conseqüències en el sector

## **Dossier Tècnic. Núm. 100**

Recerca i transferència de coneixement al sector agroalimentari, forestal i pesquer de Catalunya.  
Gener 2020.

## **Edició**

Direcció General d'Alimentació, Qualitat i Indústries Agroalimentàries.

## **Consell de Redacció**

Carmel Mòdol Bresolí, Jaume Sió Torres, Joan Gòdia Tresànceh, Maria Glòria Cugat Pujol, Neus Ferrete Gracia, Joaquim Xifra Triadú, Enric Vadell Guiral, Jordi Ruiz Olmo, Rosario Allué Puyuelo, Laura Dalmau Pol, Valentí Marco Sanz, Antoni Enjuanes Puyol, Joan Barniol Garriga, Isaac Salvatierra Pujol, Maria Josep de Ribot Porta, Joan S. Minguet Pla, Mireia Medina Sala, Rosa Cubel Muñoz.

## **Coordinació i producció**

Maria Josep de Ribot Porta, Imma Malet Prat, Annabel Teixidó Martínez i Custòdia Martínez Arjona.

## **Correcció i assessorament lingüístic**

Joan Ignasi Elias Cruz i Lluís Piqueres Pla.

## **Grafisme i maquetació**

Carlos Guzmán Lorente.

## **Impressió**

Romanyà Valls, S.A.

## **Dipòsit legal**

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

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

## **Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.**

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

## **Més recursos, enllaços i versió electrònica:**

<https://ruralcat.gencat.cat>  
<http://agricultura.gencat.cat/>  
e-mail: [sia.daam@gencat.cat](mailto:sia.daam@gencat.cat)

## **Foto portada:**

100 Dossiers. Autor:  
Carlos Guzmán Lorente.



# TECNOLOGIES EMERGENTS APLICADES AL SECTOR AGROALIMENTARI



Robot de recol·lecció automàtica d'hortalisses segons el seu grau de maduresa, desenvolupat en el marc del projecte SWEPPER finançat pel programa H2020 de la Unió Europea. Foto: [www.sweeper-robot.eu](http://www.sweeper-robot.eu)

## 01. Introducció

Alguns dels objectius de desenvolupament sostenible que proposa l'Agenda 2030 són: posar fi a la fam, assolir la seguretat alimentària i la millora de la nutrició i promoure l'agricultura sostenible. Assumir aquests reptes suposa fer moltes actuacions diverses, però sense cap dubte requereix l'aplicació dels avenços científics i tecnològics més punters per transformar un sector estratègic per a la nostra societat.

A l'informe *Mengem futur: per un sistema alimentari productiu, sostenible, resilient, saludable, responsable i d'accés universal a Catalunya*, elaborat

pel Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, es fan diverses recomanacions: s'insisteix que cal reforçar la recerca en les tècniques de producció més respectuoses envers l'entorn, que cal fomentar la recerca i la innovació de l'agricultura i la ramaderia de precisió i les tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC) per assegurar la gestió òptima dels recursos i que cal reforçar també les eines i els instruments de transferència i d'assessorament al sector productor per millorar l'eficiència en la gestió d'insums (aigua, energia i fertilitzants).

D'una part, doncs, cal continuar fent recerca en els àmbits de la biotecnologia

i de la genètica vegetal per obtenir plantes més resilientes, que aprofitin millor els nutrients, que consumeixin menys aigua i fitosanitaris i que siguin més eficients en la captació i transformació de l'energia. Però també cal saber aplicar aquelles tecnologies que s'han desenvolupat en altres sectors per millorar la productivitat o, simplement, per introduir, a partir de la innovació, noves maneres de fer que alhora alleugerin les tasques manuals més feixugues.

Ens apropem a un nou model emergent de gestió agrícola anomenat *Smart Farm* (o granja intel·ligent) que es basa en un ús intensiu de les TIC i

de sistemes automàtics i que, per tant, permet augmentar la qualitat i quantitat de producció i reduir l'esforç humà aplicat. En aquest article, ens centrem en els aspectes més tecnològics que, aplicats al sector agroalimentari, poden generar uns canvis més disruptius.

## 02. Sistemes de teledetecció

Una de les aplicacions avui més esteses en l'àmbit de l'agricultura és l'ús de sistemes de teledetecció per satèl·lit combinat amb la utilització d'avions pilotats de manera remota (RPAS, també anomenats drons).

La missió *Sentinel-2*, d'observació de la Terra, de l'Agència Espacial Europea (ESA), és una de les més utilitzades en l'àmbit de l'agricultura. Consta de dos satèl·lits que orbiten en una òrbita baixa de 786 km d'altura i que en cinc dies proporcionen una cobertura global de tota la Terra. Estan equipats amb una càmera multispectral de 13 canals per les bandes de visible, infraroig proper i infraroig llunyà amb la qual proporcionen una resolució de 10 m, 20 m i 60 m respectivament en una llengua d'exploració de la superfície terrestre de 290 km d'amplada

Altres satèl·lits, com els Plèiades de l'empresa *Satellite Imaging Corporation*, permeten obtenir imatges diàries amb resolucions òptiques de 0,5 m o multispectrals de 2 m. Amb el processament d'aquestes imatges, que es poden complementar amb les que s'obtenen dels drons que volen a baixa altura, és possible calcular l'índex de vegetació de diferència normalitzada (NDVI) o altres paràmetres similars a partir dels quals es pot estimar el desenvolupament, la qualitat i la quantitat de la vegetació o l'estrès del cultiu. Això permet emetre un diagnòstic acurat sobre l'estat del conreu i, en conseqüència, determinar les mesures que cal aplicar d'una manera precisa i localitzada. El resultat és una clara optimització dels recursos aplicats i,

per tant, una millora de l'eficiència del conreu. És el que dona peu al que coneixem com a agricultura de precisió.

## 03. Agricultura de precisió

Es basa en la utilització conjunta de sistemes d'informació geogràfica (SIG), que ens proporcionen una informació molt precisa del terreny, i d'un sistema de geoposicionament per satèl·lit (GPS, Galileo o Glonass). Gràcies al resultat de l'anàlisi del terreny que han fet els sistemes de teledetecció, podem determinar amb precisió el punt geogràfic on hem d'aplicar el tractament d'insums que correspongui.

---

**Amb els sistemes de teledetecció és possible obtenir imatges de visible o d'infraroig que, convenientment processades, permeten determinar diferents paràmetres de l'estat del sòl, del cultiu o de la vegetació.**

---

Aquest tractament (de fitosanitaris, de nutrients o de reg), podem aplicar-lo de manera semiautomàtica fent un guiatge manual del tractor amb l'ajut d'un navegador per satèl·lit i dispensant el tractament en el lloc prèviament assenyalat; d'altra banda, ho podem fer de manera totalment automàtica mitjançant vehicles autònoms, tant terrestres com aeris, que, guiats mitjançant aquests sistemes GPS, accedeixen al lloc concret on han d'aplicar el tractament programat. Hi ha, en el mercat, diversos fabricants de maquinària agrícola que incorporen sistemes de navegació integrats en els vehicles o que s'hi poden acoblar per automatitzar aquestes tasques.

Sovint, aquests sistemes de navegació integren també altres tipus de sensors

(com mesuradors de distància per infrarojos o ultrasons, giroscopis i inclinòmetres) que, juntament amb sensors de contacte i sistemes de visió, fan possible detectar l'estat i els desnivells del terreny i la presència d'obstacles inesperats o altres imprevistos. Són, per tant, capaços de generar les alarmes i d'aplicar els processos de correcció adients. Aquests vehicles poden incorporar sensors que mesurin directament l'índex NDVI o que, a partir de mesures de reflectivitat mitjançant díodes làser, determinin el contingut de clorofil·la de les plantes i, per tant, calculin i dispensin a l'acte el tractament que cal aplicar.

L'ús de drons per a l'aplicació de fitosanitaris té certs avantatges, però també algunes limitacions. D'una banda, permet poder arribar a llocs o a zones de difícil accés, cosa que facilita l'aplicació de determinats plaguicides o productes equivalents per combatre de manera precisa una determinada plaga; d'altra banda, sobrevolar el conreu permet una aplicació més precisa del fitosanitari a la zona concreta de la planta que ho necessita. La seva limitació és la capacitat de producte que pot transportar i dispensar (de 5 l a 15 l, amb un pes màxim de l'aeronau de 25 kg). Té una autonomia de l'ordre d'uns 25 minuts de vol, amb una velocitat màxima de l'ordre de 8 m/s. S'ha de tenir en compte, però, que, com que és un vehicle aeri tripulat de manera remota (RPAS), la normativa espanyola exigeix que aquesta operació, la faci un operador de drons habilitat per l'*Agencia Estatal de Seguridad Aérea* (AESA), que ha de complir tots els requisits de seguretat que legalment s'exigeixen per a aquesta activitat.

La Unitat de Mecanització Agrària (UMA) de la UPC participa en el projecte europeu *Optimised Pest Integrated Management to precisely detect and control plant diseases in perennial crops and open-field vegetables* (OPTIMA) per desenvolupar equips intel·ligents d'aplicació de fitosanitaris que



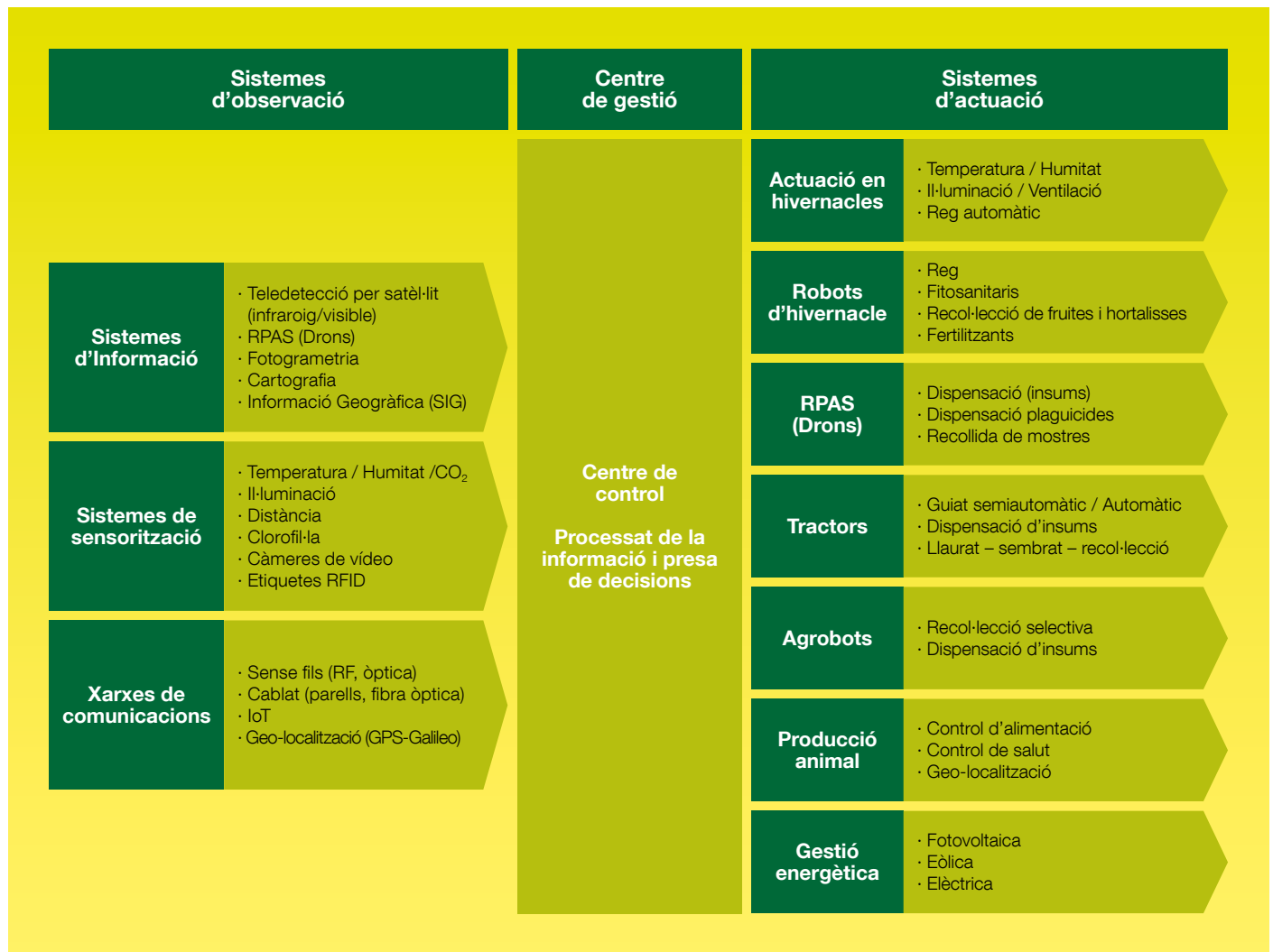


Figura 1: Esquema de les diferents tecnologies per a les tasques d'observació i d'actuació en l'entorn agrícola i ramader. Font: Jordi Berenguer.

permetin un ús segur dels productes, reduir-ne les quantitats i els riscos de contaminació mediambiental i millorar la qualitat dels aliments produïts.

El mateix grup de la UPC també ha desenvolupat l'aplicació per a mòbils DOSAVIÑA, destinada als productors vitícoles, que calcula la quantitat òptima de producte fitosanitari i el volum adequat que cal distribuir en vinyes en espatllera. Inclou una guia pràctica per a la selecció dels paràmetres de treball adequats (velocitat d'avançada, pressió, filtres, etc.) a partir de les característiques estructurals de la plantació i del tipus de maquinària emprada i permet ajustar adequadament la quantitat de producte fitosanitari a la vegetació per reduir el risc de contaminació associat.

#### 04. Robòtica i sistemes automàtics

Un dels àmbits en els quals la tecnologia pot ser més disruptiva és en l'aplicació de la robòtica i el seus sistemes associats a tasques agrícoles, tant a l'exterior com en hivernacles. Així, per exemple, la combinació de tècniques de processament d'imatges, juntament amb les d'intel·ligència artificial, permet dissenyar robots capaços de detectar el grau òptim de maduresa de la fruita o hortalissa i procedir-ne a la recol·lecció de manera automàtica.

Un dels primers projectes de referència va ser el projecte CROPS, finançat per la Unió Europea en el període 2010-2014, dins del 7è Programa

marc. Va consistir en el desenvolupament d'una plataforma robòtica apta tant per fumigar com per fer una collita selectiva de fruites que prenia com a base la detecció del grau de maduresa. Aquest projecte va tenir continuïtat amb el SWEPPER (foto pàg. 74), també finançat per la UE (2015-2018), pel Programa H2020, per desenvolupar un robot autònom capaç de recollir hortalisses en hivernacles en condicions de temperatura i humitat elevades i que s'espera que sigui comercialitzat d'aquí a poc.

També Panasonic ha desenvolupat un robot per collir tomàquets cultivats en hivernacles. El robot es desplaça en una guia ubicada entre les fileres de tomaqueres on, mitjançant una càmera amb reconeixement d'imatge,

detecta el tomàquet i en determina el grau de maduresa a partir de l'anàlisi del color, i, llavors, pren la decisió de collir-lo o no.

A la UPC, fa uns anys, el Centre de Disseny d'Equips Industrials (CDEI) va dissenyar una màquina esfulladora per mecanitzar el procés de neteja del blat de moro durant el procés de recol·lecció. És feta d'acer inoxidable i està dotada d'un sistema de corròns recoberts de cautxú vulcanitzat que, amb l'ajuda d'un petit motor, separa les fulles que envolten el gra. Així, les panotxes es disposen netes en un contenidor, disposades per continuar el procés de gestió, emmagatzematge i distribució. L'equip augmenta la productivitat en un 150%, ja que es passa de les 6-8 panotxes desfullades per minut manualment a les 18-20 que processa la màquina en el mateix temps.

## 05. Xarxes de sensors i control d'instal·lacions

La informació procedent dels sistemes de teledetecció per satèl·lit o de drons es pot complementar amb aquella que s'ha obtingut a partir de sensors ubicats en l'explotació agrícola. Es tracta de sensors basats en la Internet de les coses (IoT) que en permeten la connexió en xarxa i l'accés remot, cosa que fa possible fer el monitoratge continuat d'edificis, hivernacles o conreus a partir de la mesura de paràmetres físics (temperatura, humitat, lluminositat, etc.) o químics (concentració de CO<sub>2</sub>, nutrients, etc.). L'anàlisi i el processament de les dades obtingudes permeten fer una diagnosi precisa del cultiu o de la instal·lació agrícola o ramadera i, en conseqüència, ajudar a la presa de decisions. Aquests sistemes es complementen amb un conjunt d'actuadors per regular a distància, manualment o automàticament, els sistemes de ventilació, reg, il·luminació o calefacció de les instal·lacions, per mantenir-los sempre en les condicions òptimes per a la producció.

## 06. Sistemes d'identificació i de traçabilitat

Els sistemes de RFID (*Radio Frequency Identification*) són etiquetes intel·ligents que poden ser llegides a distància mitjançant una antena lectora. Es van dissenyar amb l'objectiu de substituir els codis de barres impresos en paper. Les podem trobar en diferents

---

**Es pot preveure que, durant els pròxims anys, es vagi incrementant el nombre d'equips i de sistemes robòtics d'aplicació, tant en hivernacles com en exteriors, que facilitin el cultiu intensiu i la recol·lecció automàtica de fruites i hortalisses de dia i de nit.**

---

**El sistema de RFID permeten portar la traçabilitat de tota la cadena alimentària: identifiquen l'animal des del seu origen fins a que arriba al consumidor final.**

**Incorporen tota la informació amb la qual cosa és possible donar totes les garanties que exigeix la sanitat alimentària.**

---

formats i capacitats. Algunes són totalment passives i de molt baix cost i no necessiten, per tant, cap sistema d'alimentació elèctrica; aquestes etiquetes són adients per fer una lectura a distància del codi emmagatzemat. D'altres disposen de capacitat per poder emmagatzemar informació que es pot actualitzar i modificar o, fins i tot, per incorporar algun tipus de sensor,

de temperatura o humitat, o també un receptor GPS (en aquests casos, cal incorporar un sistema d'alimentació elèctrica amb bateries).

L'aplicació d'aquests sistemes a la ramaderia és força estesa atès que permet la identificació unívoca i a distància de cada animal. Des del punt de vista de la producció càrnia, a cada individu li és assignat un únic codi etiquetat amb RFID, de manera que, per exemple, es pot controlar individualment la quantitat de pinso que se li ha de dispensar quan s'acosta a la menjadora. Si l'etiqueta és activa (alimentada amb bateries), pot incorporar sensors de temperatura corporal amb els quals es poden generar automàticament, en cas de malaltia, alertes veterinàries i aplicar a temps el tractament farmacèutic adient. Si, a més, incorporen sensors de moviment o sistemes GPS, és possible conèixer quins han estat els seus moviments en situació de semillibertat o determinar la seva ubicació quan es troben en llibertat en zones de pastura de muntanya.

Aquests sistemes també permeten fer la traçabilitat de tota la cadena alimentària: identifiquen l'animal des del seu origen fins a l'arribada al consumidor final. Incorporen, per tant, tota la informació pel que fa al seu procés de creixement fins a arribar a l'escorxador, incloent el processament, l'emmagatzematge i la distribució, amb la qual cosa és possible donar totes les garanties que exigeix la sanitat alimentària.

Com a exemple, l'INRA (*Institut National de la Recherche Agronomique*) va presentar, l'abril de 2018, un nou dispositiu de detecció de calor per a ovelles basat en RFID amb el qual els criadors podien controlar la reproducció dels seus ramats i evitar els tractaments hormonals.

Finalment, a la figura 1, es representen esquemàticament les diferents tecnologies d'observació i d'actuació aplicades a la producció agrícola i ramadera.

## 07. Agricultura 4.0

En el sector industrial està arrelant el nou concepte d'Indústria 4.0 com a model d'indústria connectada en la qual es fa un ús intensiu de l'IoT, el *Big Data* i l'aplicació d'algorismes i d'intel·ligència artificial per processar les dades i prendre decisions. L'objectiu és aprofitar millor els recursos i adaptar millor les necessitats de la producció. El mateix concepte, el podríem traslladar al sector agrícola i ramader per definir l'Agricultura 4.0, on inclouríem l'agricultura de precisió i l'*Smart Farming*, juntament amb altres aspectes essencials com ara la meteorologia i la teledetecció. Si a tot això hi afegim la utilització del *Big Data*, per processar sèries històriques de dades (climàtiques, ambientals, de població, d'oferta i demanda, etc.) amb les quals elaborar models predictius de comportament de l'oferta i la demanda, i dades en temps gairebé real d'aquesta oferta i demanda, podríem definir el sector agroalimentari com un sistema global i complex i, a més, podríem gestionar-lo com a tal. De retruc, això ens portaria a combatre el malbaratament dels aliments basant-nos en un ús més eficient de la producció i aplicant una logística de distribució dinàmica i adaptable a la demanda del mercat. Fariem, per tant, una gestió òptima d'un recurs essencial per a la nostra societat que és el bé alimentari.

## 08. Conclusió

La Universitat Politècnica de Catalunya és reconeguda per la seva activitat de recerca i transferència de tecnologia en l'àmbit de les tecnologies de la informació i la comunicació, la intel·ligència artificial, la robòtica i la mecànica, l'energia i els materials, la química i l'agricultura, l'aeronàutica, les infraestructures i l'edificació. Si bé fins no fa gaire aquestes activitats de recerca es desenvolupaven en els seus respectius àmbits verticals, la tendència actual és buscar la trans-

versalitat en l'aplicació d'aquestes tecnologies a altres àmbits, com ara l'agricultura, on la seva aplicació pot generar més canvis disruptius. La UPC vol contribuir, amb la tecnologia, a fer realitat la transformació del sector agroalimentari que el nostre país necessita.

### Per saber-ne més

NACIONS UNIDES. ASSEMBLEA GENERAL. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. 2015. ISBN 9788439396253

CONSELL ASSESSOR PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE. *Mengem futur: per un sistema alimentari productiu, sostenible, resilient, saludable, responsable i d'accés universal a Catalunya*. Primera edició. ISBN 9788439397588

*Intelligent sensing and manipulation for sustainable production and harvesting of high value crops, clever robots for crops*. <http://crops.sweeper-robot.eu/>

*Sweet Pepper Harvesting Robot*. <http://www.sweeper-robot.eu/>

"Introducing AI-equipped Tomato Harvesting Robots to Farms May Help to Create Jobs" <https://news.panasonic.com/global/stories/2018/57801.html>

*Optimised Pest Integrated Management to precisely detect and control plant diseases in perennial crops and open-field vegetables*. <https://cordis.europa.eu/project/rcn/214745/factsheet/en>

<https://dosavina.upc.edu/>

[https://cit.upc.edu/ca/destacats/dehoadora\\_maiz](https://cit.upc.edu/ca/destacats/dehoadora_maiz)

*Un nouveau dispositif de détection des chaleurs chez les brebis*. <http://www.inra.fr/Entreprises-Monde-agricole/Resultats-innovation-transfert/Tous-les-magazines/RFID-Chaleurs-brebis>

## Autoria



### Jordi Berenguer Sau

Vice-rector de transferència de coneixement i innovació.  
Universitat Politècnica de Catalunya.

[vr.berenguer@upc.edu](mailto:vr.berenguer@upc.edu)