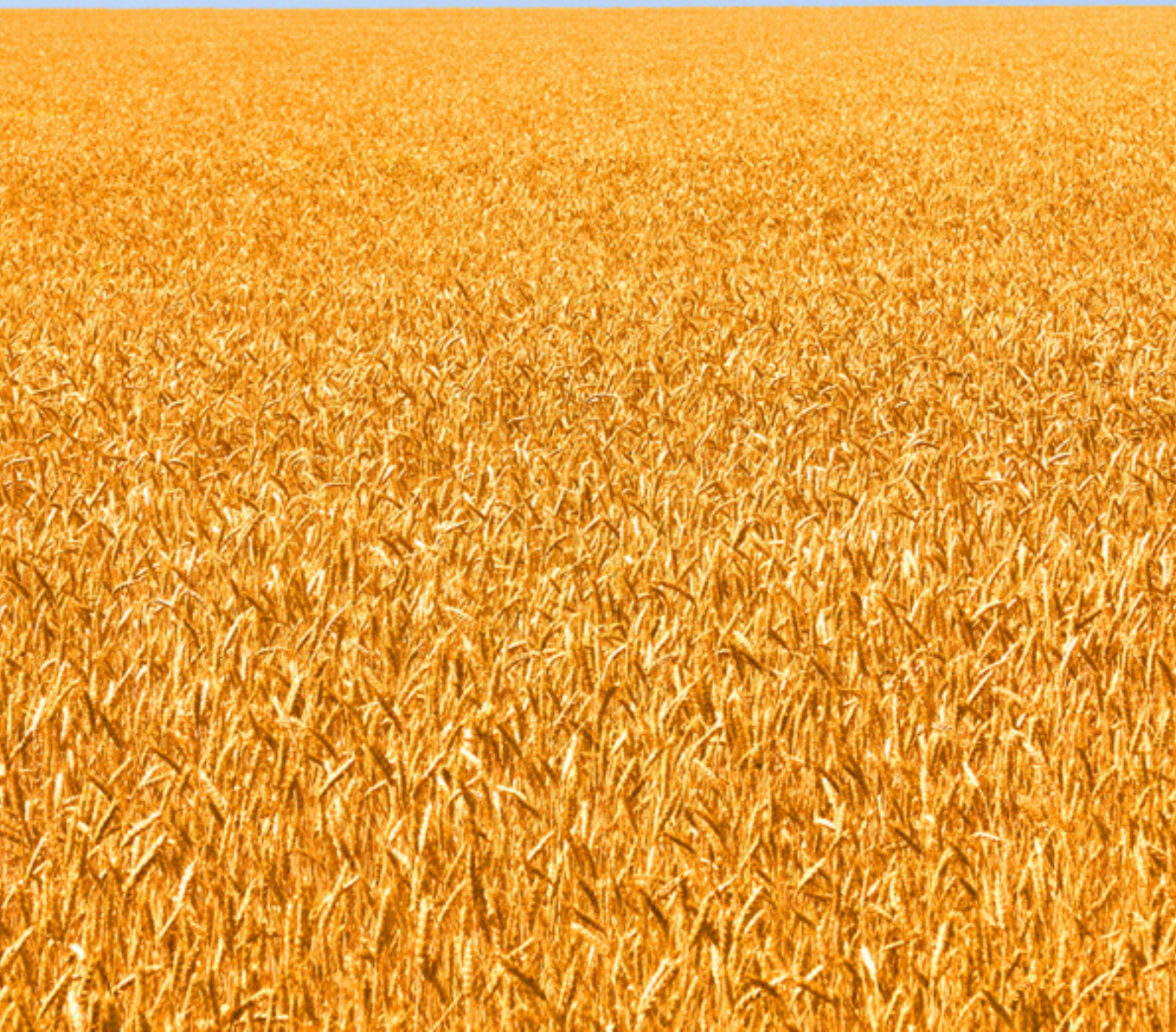


Llibre blanc sobre la Intel·ligència Artificial aplicada a l'Agroalimentació

La IA per donar resposta als reptes del sector Agroalimentari a Catalunya



Drets reservats. Aquest treball està disponible sota la llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Segons els termes d'aquesta llicència, podeu copiar, redistribuir i adaptar l'obra amb fins no comercials, sempre que l'obra sigui citada adequadament, tal com s'indica a continuació.

En qualsevol ús d'aquest treball, no s'ha de suggerir que el CIDAI doni suport a cap organització, producte o servei específic. No es permet l'ús del logotip CIDAI.

Si adapteu l'obra, heu de llicenciar-la amb la mateixa llicència Creative Commons o equivalent.

Si creeu una traducció d'aquest treball, heu d'afegir la següent exempció de responsabilitat juntament amb la cita suggerida: "Aquesta traducció no la va crear el Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence (CIDAI). CIDAI no es fa responsable del contingut ni de l'exactitud d'aquesta traducció. L'edició original en català serà l'edició autèntica i vinculant".

Qualsevol mediació relacionada amb disputes derivades de la llicència es durà a terme d'acord amb les normes de mediació de la World Intellectual Property Organization.

Cita suggerida. CIDAI-LlibreBlanc-2022-04 // Llibre blanc sobre la Intel·ligència Artificial aplicada a l'Agroalimentació

Autoria i agraïments	4
1. Introducció	8
2. El sector agroalimentari, concepte, pes, reptes i tendències	10
3. Breu introducció a la Intel·ligència Artificial	18
4. La IA com a factor de transformació de l'Agroalimentació	26
5. Anàlisi de la IA en el sector Agroalimentari a Catalunya	36
ANNEX I. Presentació de casos d'ús il·lustratius	48

Autoria i agraïments

Aquest document ha estat impulsat pel CIDAI, Centre of Innovation for Data Tech and Artificial Intelligence, entitat definida a l'estratègia CATALONIA.AI i que té com a missió fomentar i accelerar l'adopció de tecnologies innovadores d'explotació de dades i Intel·ligència Artificial a Catalunya.

El CIDAI està coordinat per Eurecat, i està format per la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona, BSC, CVC, i2CAT, IDEAI-UPC i les empreses Huawei, NTT Data, Microsoft, SAP i SDG Group.

El Llibre Blanc sobre l'aplicació de la IA en l'àmbit de l'agroalimentació s'ha elaborat amb la valuosa contribució i assessorament de diversos experts del sector, la qual cosa ha permès copsar i analitzar la realitat del sector a Catalunya. CIDAI agraeix la seva dedicació i suport en l'elaboració d'aquest document. La participació ha estat la següent:

Redactors

- EURECAT: Roger Calaf, Circe Serra, Lluís Surroca, Xavier Domingo, Josep Pijuan.

Contribuïdors

- EURECAT: Gabriel Anzaldi, Lluís Echeverria, Marta Otero Nalban, Ignasi Papell, Daniel Serrano.
- IDEAI-UPC: Karina Gibert, Ramón Morros, Miquel Sánchez Marrè

Revisors

- CIDAI: Joan Mas, Marco Andrés Orellana
- GENERALITAT: Daniel Santanach

Assessors

- MICROSOFT: Alberto Pinedo
- NTT Data: Angel Luis Teso,
- SAP: Maria Arizmendi, Ruben Cid, Isabel García
- FUNDACIÓ i2CAT: Cristina Ramos
- UPC: Ramon Morros
- CVC: Fernando Vilariño, Daniel Ponsa, Robert Benavente

Comitè d'experts (*Think Tank*) consultats

- DEPARTAMENT D'ACCIÓ CLIMÀTICA, ALIMENTACIÓ I AGENDA RURAL, GENERALITAT DE CATALUNYA : Jaume Sió, Clara Solé, Glòria Cugat, Maria Josep de Ribot, Mònica Ysanda
- AECOC: Albert Anglarill
- AKIS: Victor Falguera
- ATLANTIS: Ricard Soler
- BCN VISION: David Torres, Sergio Redondo
- bonÀrea: Joan Espinagosa
- BON PREU: Marc Torrent
- CODORNIU: Vicenç Segalés
- ENKITEK: Victor Canton
- FEDERACIÓ DE COOPERATIVES AGRÀRIES DE CATALUNYA: Domènec Vila, Clara Fullana
- FEDERACIÓ RAÇA BRUNA DELS PIRINEUS: Martí Orriols
- GIROPOMA: Venanci Grau
- GRUP AMETLLER ORIGEN: Amaya Prat, Daniel Salvat
- IRTA: Josep Usall, Joan Bonany, Juan Pablo Sánchez
- INNOVACC: Eudald Casas
- INNOVI: Eloi Montcada
- MERCABARNA: Pablo Vilanova
- UNIVERSITAT DE LLEIDA/AGROTECNIO-CERCA CENTER: Àlex Escolà, Jordi Gené
- VEGGADIGITAL: Josep Freixanet

Resum executiu

La intel·ligència artificial (IA) és una de les principals protagonistes i impulsores de canvi del panorama tecnològic actual. La IA té el potencial de transformar profundament la societat i l'economia i ser un pilar en múltiples sectors clau com és el de l'agroalimentació.

La IA promet grans avenços en el sector agroalimentari

- Agricultura de precisió (reg, reducció ús de fitosanitaris, fertilització, etc.)
- Robòtica agrària
- Monitoreig de ramaderia
- Gestió integral predictiva del cicle alimentari (farm to fork)
- Gestió de forces de treball

Catalunya disposa d'elevades capacitats i potencialitats per liderar el desenvolupament i l'adopció de la intel·ligència artificial gràcies al ecosistema disponible, que inclou entre altres ramaders, agricultors, empreses, centres tecnològics, administracions, universitats i societat.

Sota aquest context, l'objectiu d'aquest Llibre Blanc és donar arguments i suggeriments per facilitar i accelerar l'adopció de la intel·ligència artificial en l'àmbit de l'agroalimentació com un instrument clau per a un augment en l'eficiència dels processos productius.

Com a punt de partida es reflexiona sobre el sector agroalimentari i el seu abast. El sector genera un volum de negoci global de 38.205 M€, que equival al 16,28% del PIB de Catalunya i està format per 163.372 treballadors. El sector s'estructura en tres corones, la primera corona està formada pel sector primari (ramaderia, agricultura i pesca) i indústria transformadora que transforma la matèria primera en productes semielaborats o elaborats., la segona corona correspon a indústria auxiliar tal com maquinària i mitjans agrícoles, maquinària d'envasat, envasos i material d'envàs, maquinària alimentària, logística especialitzada, fertilitzants, fitosanitaris i llavors, ingredients i additius alimentaris, gestor de residus. I la tercera corona compren canals de distribució i comercialització (retail i restauració). En el Llibre Blanc s'identifiquen els principals reptes i tendències existents actualment. Els reptes que s'han destacat són els de la sostenibilitat, l'alimentació saludable i nutrició del futur, l'auge de les tecnologies agroalimentàries, la indústria 4.0 o el relleu generacional, i tendències com la biologia computacional, food-as-software, agricultura de precisió, la biologia de precisió, genètica i protecció de cultius, foodtech i noves tecnologies aplicades al sector agroalimentari.



Què és la IA?

Conjunt de tecnologies (desenvolupament d'algoritmes des del Machine Learning al Processament de Llenguatge Natural, entre d'altres) que permeten una presa de decisions intel·ligent i la realització de tasques que normalment requeririen intel·ligència humana alhora que faciliten que les màquines resolguin problemes complexos tan bé o millor que els humans, incloses les capacitats d'aprendre, comprendre, raonar i interactuar.

Fruit de les discussions amb els experts que han participat a l'estudi, s'han identificat les principals oportunitats de la IA en el sector de l'agroalimentació en les diferents àrees de la cadena de valor, fent el focus en el sector primari (agricultura, ramaderia i pesca) i la indústria transformadora.

L'estudi, a partir de les contribucions dels diferents experts que hi han participat, posa de relleu un conjunt de dificultats o barreres que suposen un fre al desenvolupament i l'adopció de la IA en l'àmbit de l'agroalimentació en el context català. D'aquesta reflexió amb experts, tant del món empresarial com del sector públic i acadèmic, es destaquen principalment les següents barreres:

- Falta d'una estratègia en IA a les organitzacions
- Desconfiança de les empreses del sector per invertir en tecnologies de dades i basades en IA
- Resistència al canvi i falta de suport per part de l'administració i entre els propis actors de l'ecosistema pel canvi
- Manca de disponibilitat de dades amb una finalitat estratègica per afegir valor
- Dificultat en la compartició i reutilització de dades a l'ecosistema
- Manca de disponibilitat de talent en tecnologia de dades especialitzat en el sector i barreres a la interacció amb aquest nou àmbit de coneixement
- Cicles de validació dels models de dades molt llargs, molt variables i amb molts paràmetres
- Sector molt atomitzat
- Ecosistema de proveïdors tecnològics d'IA de petita dimensió
- Cost tecnològic significatiu especialment pel productor primari
- Manca de cultura col·laborativa amb l'ecosistema d'innovació
- Falta de cobertura de connectivitat per accés i explotació de dades
- Dificultat per portar a terme una innovació públic-privada

Per últim, també amb la contribució del grup d'experts, s'elaboren un conjunt de recomanacions i propostes agrupades en dos blocs segons el nivell d'impacte que poden produir i segons el grau de viabilitat en el context català.

El primer grup de mesures es considera amb un nivell d'impacte i viabilitat elevats:

1. Suport a l'estratègia IA de les organitzacions.
2. Facilitar la disponibilitat i compartició de dades
3. Promoure la confiança en les solucions basades en IA
4. Atraure i recapacitar talents expert en IA i el sector agroalimentari

Les propostes del segon grup es consideren amb un nivell d'impacte i viabilitat a més llarg termini:

1. Promoure la col·laboració públic-privada
2. Creació d'entorns de proves.
3. Impulsar el finançament
4. Fomentar la creació d'un ecosistema sòlid de proveïdors tecnològics

A l'annex del document es poden consultar 25 casos il·lustratius de projectes de recerca, desenvolupament i innovació en tecnologies de dades i Intel·ligència Artificial que s'han realitzat a Catalunya.



Abreviacions

- ANN: Xarxes neuronals artificials (de l'anglès Artificial Neural Network)
- B2B: Business to Business. Tipologia de negoci on una empresa fa un servei a una altra
- B2C: Business to Customer. Tipologia de negoci on una empresa fa un servei directament a client final
- CIDAI: Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence
- CNAE: Classificació Nacional d'Activitats Econòmiques
- CNN: Xarxes neuronals convolucionals (de l'anglès Convolutional Neural Networks)
- CVC: Centre de Visió per Computador
- DL: Llenguatge profund (de l'anglès Deep Learning)
- DNN: Xarxes neuronals profundes (de l'anglès Deep Neural Network)
- ERP: Enterprise Resource Planning. Software de planificació de recursos empresarials.
- GATT: Acord General sobre Aranzels Duaners i Comerç
- IA: Intel·ligència artificial
- IED: Inversió Estrangera Directa
- IoT: Internet de les coses (de l'anglès Internet of Things)
- KPI: Key Performance Indicators. Indicadors clau de rendiment. Valor mesurable que demostra com d'efectiva és una organització o negoci en assolir els seus objectius empresarials.
- ML: Aprenentatge automàtic (de l'anglès Machine learning)
- MILP: Programació lineal enter mixta (de l'anglès Mixed Integer Linear Programming)
- NLG: Generació del llenguatge natural (de l'anglès Natural Language Generation)
- NLU: Comprensió del llenguatge natural (de l'anglès Natural Language Understand)
- NDVI: Índex de Vegetació de Diferències Normalitzades (de l'anglès Normalized Difference Vegetation Index)
- OECD: Organització per a la cooperació i el desenvolupament econòmic
- OEE: Efectivitat general de l'equip (de l'anglès Overall Equipment Effectiveness)
- PAC: Política Agrícola Común de la Unión Europea
- PIB: Producte interior brut
- PIMES: Petites i mitjanes empreses
- PLN: Processament de llenguatge natural
- QMS: Sistema de gestió de qualitat (de l'anglès Quality Management System)
- R+D+i: Recerca, desenvolupament i innovació
- ROI: Retorn de la inversió (de l'anglès Return On Investment)
- SaaS: programari com a servei (de l'anglès Software as a Service)
- TIC: Tecnologies de la informació i comunicació
- VAB: Valor agregat brut
- UE: Unió Europea



Introducció

La indústria agroalimentària integra totes aquelles activitats al voltant de l'alimentació humana i animal, des de la seva obtenció, la seva transformació fins a la seva distribució, venda i consum. A Catalunya és el sector amb més pes en l'economia¹ a la indústria, i està liderat per les indústries càrnies.

La innovació, la digitalització i l'adopció de les noves tecnologies s'erigeixen com les claus del futur de la indústria agroalimentària, especialment en un context en el que el sector cada vegada s'enfronta a grans reptes, relacionats amb la sostenibilitat i gestió eficient de l'energia i els recursos naturals, així com l'adaptació als nous patrons nutricionals dels consumidors.

A l'actualitat les noves tecnologies permeten realitzar processos de forma més simple, precisa, econòmica i ràpida. En alguns casos també permeten aconseguir tasques que abans eren molt complexes de realitzar, com beneficiar-se de l'aprenentatge profund per al reconeixement dels aliments, identificar plagues i malalties als cultius, reconèixer la manca d'aigua o micronutrients, implementar sistemes de recollida automatitzats per escanejar i "llegir" els productes per determinar el grau de maduració, supervisar la qualitat de la llet en temps real amb sensors òptics i sistema d'aprenentatge automàtic o utilitzar l'aprenentatge profund per detectar i ruixar males herbes automàticament.. com demostren aquests exemples. Durant els darrers anys, una de les tecnologies que s'han evolucionat més ràpidament són les relacionades amb l'explotació i l'anàlisi de dades, especialment la Intel·ligència Artificial (IA). Les tècniques d'IA permeten que les màquines realitzin tasques que normalment requereixen cert grau d'intel·ligència humana. Gràcies a l'accés i emmagatzematge de grans quantitats de dades i a un alt poder computacional s'han potenciat les solucions basades en IA i han aparegut nombroses aplicacions com les d'entendre l'entorn, reconèixer objectes dins d'imatges o vídeos, analitzar el comportament d'animals i persones, i fins i tot prediccions de diferents processos. En el cas del sector agroalimentari les solucions basades en dades i IA ofereixen millores en els processos de les diferents fases de la cadena productiva, tant en el sector primari, com a la indústria transformadora, auxiliar, de distribució i venda.

L'objectiu d'aquest llibre blanc és contribuir a l'impuls i el foment de l'adopció i la incorporació de la IA en els diferents processos de servei i de gestió de les organitzacions que treballen en el sector de l'agroalimentació, analitzant l'aplicabilitat de la IA per fer front als principals reptes del sector a curt i mig termini.

¹ PRODECA, 2020. El sector de la Catalunya agroalimentària
<https://www.prodeca.cat/ca/sectors/el-sector-de-la-catalunya-agroalimentaria>

Objectius del document

Sensibilitzar entorn de la IA a l'agroalimentació, especialment a les PIMES (petites i mitjanes empreses).

Identificar i recomanar àrees i presentar casos d'ús d'exemple i amb potencial per on començar el camí en l'adopció de la IA.

Reflexionar al voltant de les barreres actuals i presentar les oportunitats que s'espera que derivin de la implementació d'IA.

A qui va adreçat

Document enfocat a empreses, PIMES, agricultors i ramaders que estiguin treballant en projectes del sector agroalimentari.

Ahora, donar suport a tots els agents que estan – o volen estar - al corrent en l'evolució del sector agroalimentari a través de la implementació de tecnologies disruptives com és la IA (administracions públiques, associacions, entitats, associacions o organitzacions).

Metodologia emprada

El present document ha estat coordinat i redactat per consultors especialitzats en innovació i tecnologia del Centre Tecnològic Eurecat sota encàrrec i supervisió del CIDAI i els socis que el conformen.

Per ampliar l'àmbit i perspectiva al desenvolupament d'aquest document s'han realitzat 17 entrevistes obertes a referents i experts del sector: especialistes d'IA, experts tecnològics i de domini, gerents d'organitzacions, PIMES i empreses emergents i especialistes de grans empreses. Els entrevistats van ser seleccionats per ser considerats coneixedors del sector, tant per la seva vinculació professional com acadèmica, de manera que poguessin proporcionar informació rellevant sobre el sector. Les entrevistes han culminat amb dues sessions conjuntes de treball (Think Thank) per a reflexió i consens sobre reptes i actuacions. Les perspectives dels entrevistats han estat d'especial valor pels apartats reflexius del document com són la identificació de reptes i actuacions per l'adopció de la IA al sector agroalimentari a Catalunya.

El sector agroalimentari, concepte, pes, reptes i tendències



Amb més d'un 16% sobre el PIB, la indústria agroalimentària se situa com el primer sector de l'economia catalana. A la vegada, s'erigeix com un dels sectors amb més capacitat d'exportació amb un creixement sostingut en els darrers anys¹. La seva posició geoestratègica facilita les connexions eficients amb Àsia i Amèrica i una distribució optimitzada a Europa i Àfrica.

El marc regulador ve determinat per la UE, la qual remet al seguiment de la Política Agrícola Comuna (PAC) i, de la mateixa manera a un mercat unit, així com també als acords de la internacionalització i amb l'acompliment de l'Acord General sobre Aranzels Duaners i Comerç (GATT).

2.1. Abast del sector

La indústria agroalimentària engloba les activitats al voltant de l'alimentació humana i animal, des de la seva producció, la seva transformació fins a la seva distribució i consum. Es tracta, doncs, d'un sector molt ampli que, d'acord amb *Mapping sector agroalimentari Catalunya d' ACCIÓ*² està conformat per tres corones:

- **Primera corona:** Sector primari (ramaderia, agricultura i pesca) i indústria transformadora que transforma la matèria primera en productes semielaborats o elaborats.
- **Segona corona:** Indústria auxiliar tal com maquinària i mitjans agrícoles, maquinària d'envasat, envasos i material d'envàs, maquinària alimentària, logística especialitzada, fertilitzants, fitosanitaris i llavors, ingredients i additius alimentaris, gestor de residus.
- **Tercera corona:** Canals de distribució i comercialització; retail i restauració.

El sector primari comprèn activitats agrícoles i ramaderes, aquicultura, pesca i processos similars que generen materials alimentaris frescos o crus.

¹ PRODECA, 2020. El sector de la Catalunya agroalimentària. <https://www.prodeca.cat/ca/sectors/el-sector-de-la-catalunya-agroalimentaria>

² GENCAT, PRODECA, ACCIO, 2020. Mapping sector agroalimentari a Catalunya <https://www.prodeca.cat/sites/default/files/files/Mapping%20sector%20agroalimentari%20a%20Catalunya%20%282%29.pdf>

Aquesta primera etapa de la cadena inclou totes les activitats relacionades amb la collita, el maneig i l'emmagatzematge de productes alimentaris abans de dirigir-se al seu processament o transformació i distribució.

A més a més, el seu rol va més enllà de la pròpia activitat. Cal destacar que, el sector productiu primari també actua com un element de preservació mediambiental i cultural, a més de promoure un equilibri poblacional.

Per indústria transformadora, referent a la primera corona, s'entén aquella indústria que rep productes agraris, ramaders o pesquers, i produeixen productes finals d'alimentació i begudes. Inclou les indústries càrnies, productes per l'alimentació animal, sucre, cafè, infusions i confiteria, olis i greixos animals i vegetals, productes de fleca i pastes alimentàries, transformació de fruites i hortalisses, productes lactis, molinaria, elaboració i conservació de productes de peix i altres productes alimentaris, vi, cava i altres begudes alcohòliques i aigua embotellada i altres begudes analcohòliques.

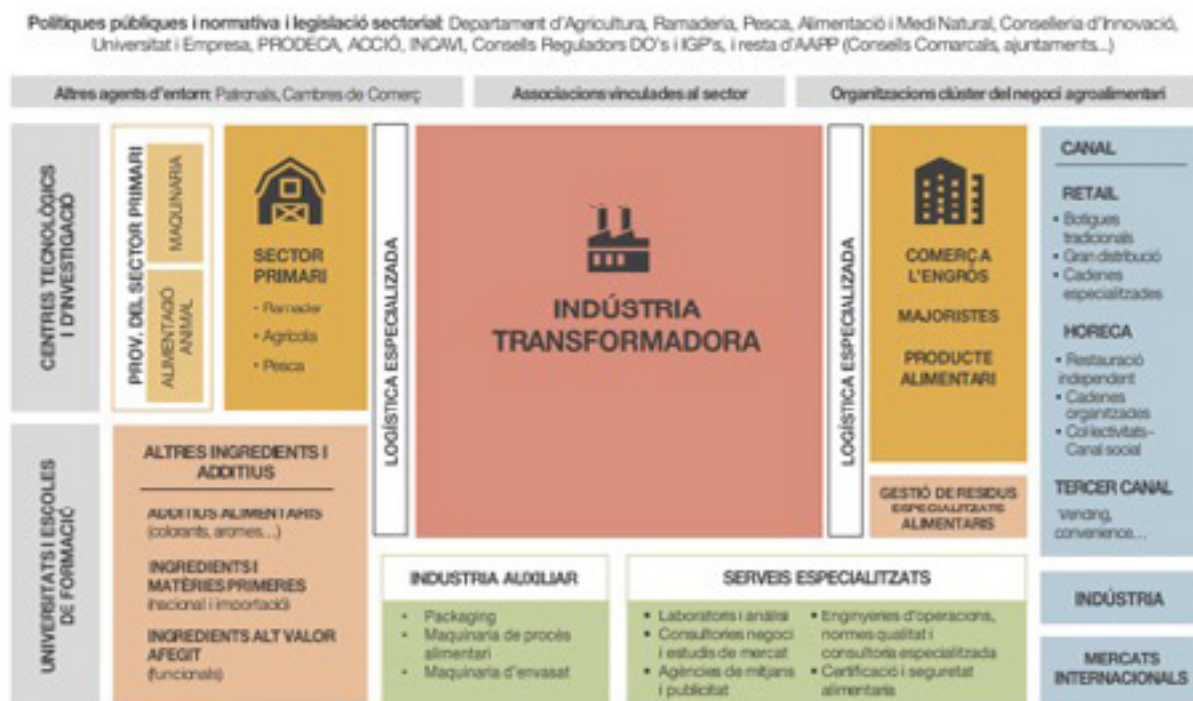
La segona corona comprèn les activitats d'indústria auxiliar, és a dir, aquelles necessàries per completar el procés de producció alimentària. Inclou la maquinària i mitjans agrícoles i també la maquinària alimentària i d'envasats, així com envasos i materials d'envàs. Així mateix, s'hi engloben les activitats de generació de fertilitzants, fitosanitaris i llavors, i l'elaboració dels ingredients i additius alimentaris. Finalment, també es tenen en compte en aquesta segona corona les activitats de logística especialitzada i gestió dels residus alimentaris especialitzats.

La tercera corona comprèn les activitats de distribució i comercialització dels productes alimentaris. És a dir, aquelles activitats per fer arribar els productes alimentaris al consumidor final. Així doncs, en aquest subsector s'inclouen els majoristes de producte fresc i sec, i el canals: retail (botigues tradicionals, gran distribució i cadenes especialitzades), HORECA (restauració independent, cadenes organitzades, col·lectivitats canal social) i el tercer canal (vending, etc).

En la següent imatge es mostra tota la cadena de valor del sector Agroalimentari:

El present Llibre Blanc se centra principalment en la primera corona, la del sector primari i in-

Figura 1. Imatge Cadena de valor del sector agroalimentari



Font: Mapping sector agroalimentari Catalunya. Agència per a la Competitivitat de l'empresa - ACCIÓ

dústria transformadora. Tanmateix, es té en compte tota la cadena de valor, ja que la capacitat d'interconnexió i integració amb la segona i tercera corones augmenta les oportunitats de les tecnologies basades en la IA. Per exemple, si la maquinària agrícola incorpora un sistema de

sensors, les dades que es recullen poden ser de gran vàlua pel sector primari. O si s'explota la informació de vendes d'un producte i s'elaboren models predictius, aquesta informació podria ajudar a la planificació de la producció, o bé, a l'establiment de preus.



Figura 2. Pes del sector agroalimentari.



Font: Agència per a la Competitivitat de l'empresa - ACCIÓ (2020)



2.2. Pes del sector Agroalimentari a Catalunya

El sector agroalimentari és el sector amb més volum de negoci i més volum d'exportacions a Catalunya, generant 38.205 M€ bilions anuals de retorn que equivalen al 16,28% del PIB Català i un 23% de la fracció del PIB agroalimentari espanyol donant ocupació a 164.372 persones.

Es compatibilitza que hi ha 57.423 explotacions agràries, 3.922 empreses transformadores (primera corona) i 436 establiments en la indústria agroalimentària auxiliar (segona corona). Si es fa l'anàlisi detallat del sector, s'observa que la indústria càrnica suposa la principal font productiva amb un 32% del total dels productes agro-alimentaris. Aquest és seguit pels productes per a l'alimentació animal (15%); sucres, cafès i confiteria (9%); els olis vegetals (9%); els vins (7%); fleca (6%); fruita i hortalisses (4%); lactis (3%); els cereals i grans (2%) i el peix i marisc (1%)³.

Si s'inclou la tercera corona, el nombre d'empreses augmenta en 13.194 empreses, de les quals, la gran majoria, corresponen a la restauració (7.283 empreses).

A aquesta xarxa cal sumar-hi aquelles empreses proveïdores de tecnologia en el sector agroalimentari. En l'actual ecosistema empresarial català apareixen 148 empreses emergents especialitzades en solucions per al sector Agritech i Foodtech⁴.

El nivell d'agilitat del sector permet i la localització estratègica amb connexions per mar, aire i terra fan que Catalunya pugui proveir a més de 400 milions de consumidors en menys de 48 hores. Els productes catalans estan altament valorats en els mercats internacionals arribant actualment a més de 200 països al món. Concretament, el sector agroalimentari català es troba en la dotzena posició en volum d'exportacions a la Unió Europea. Aquesta situació es fa palesa amb l'augment de les exportacions en els últims 10 anys d'un 45% en volum i un 65% en valor amb 9.800 M€ en exportacions i 8.000 M€ en importacions.

¡No obstant això, el sector s'enfronta a reptes exigents

3 PRODECA. GENCAT ACCIO. 2020 Mapping sector agroalimentari a Catalunya <https://www.prodeca.cat/sites/default/files/files/Mapping%20sector%20agroalimentari%20a%20Catalunya%20%282%29.pdf>

4 Catalonia Trade and Investment. 2022. Barcelona & Catalonia Startup Hub <https://startupshub.catalonia.com/list-of-startups?startupidustriesTxt=Agritech&startupidustriesTxt=Foodtech>



en el futur més immediat. Per assolir aquests objectius, s'apunta a la innovació i la digitalització del sector com a un element clau en les agendes polítiques comunitària i nacional. En els darrers anys s'ha pogut copsar un augment del pes del desenvolupament de R+D+I en els diversos plans estratègics en les polítiques europees (e.g. HORIZON 2020, HORIZON EUROPE), la PAC o els Plans de Recuperació i Transformació Econòmica (PERTE).

En tots dos casos (HORIZON 2020 i PERTE), l'objectiu principal és contribuir a dinamitzar el conjunt de la cadena de valor mitjançant iniciatives innovadores i la digitalització del sector. Es pretén que aquestes iniciatives constitueixin nous projectes de transformació del sector dotant-lo d'elements catalitzadors que permetin la seva modernització.

A Espanya, la despesa en I+D en el sector agroalimentari manté una línia ascendent en els darrers anys. Si al 2020 la despesa executada en aquest aspecte va ser de 845 M€, suposant un +3,6% respecte al 2019 (acumulant un 12,8% des de 2015), al 2021 la inversió va ser de 959,4 M€ (+13,53%)⁵. Per posar aquestes xifres en context, cal incidir en què, a Espanya, la despesa en I+D només va ser superada pel sector farmacèutic i el de l'automoció.

Segons dades del Ministeri, el 44% de la despesa efectuada pel sector recau en l'àmbit privat mentre que el 39% el realitza l'administració pública.

5 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2021. LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO Agrinfo nº32. La innovación en el Sector Agroalimentario.

2.3. Reptes i tendències del sector Agroalimentari

Actualment, el sector agroalimentari s'enfronta a un seguit de reptes de naturalesa molt heterogènia que transita pels canvis de tendències en el consum, sostenibilitat, aspectes demogràfics i l'adopció tecnològica.

Aquest marc de complexitat condueix a una inevitable transformació del sector. Un canvi de paradigma que necessàriament ha de recolzar-se en la tecnologia i la innovació. L'objectiu principal d'aquesta evolució és la millora de la competitivitat i la resiliència a unes tendències de consum i condicions econòmiques i mediambientals canviants que poden condicionar el futur del sector.

2.3.1. Reptes

Així doncs, de l'anàlisi del context actual en el que es troba el sector agroalimentari, se n'extreu la necessitat d'abordar una sèrie de reptes de estratègics de forma immediata:

1. Sostenibilitat: un dels aspectes a millorar per part del sector alimentari és la reducció relativa a les emissions de CO₂ que genera. La globalització contribueix a que certes tendències de consum forcin la producció d'aliments en direccions poc sostenibles per al planeta. Alguns exemples són l'alt consum de productes càrnics, la importació de productes produïts en països llunyans o l'ús de fitosanitaris que disminueixen la qualitat dels sòls. Aquestes pràctiques contribueixen a una sobre explotació dels sòls i altes emissions de CO₂.

De la mateixa manera, es percep de forma empírica que la societat tendeix a una sensibilització creixent en qüestions relatives al consum de productes de proximitat, d'aliments de producció sostenible, aliments ecològics, reducció i eliminació del malbaratament d'aliments, proteïnes vegetals i carn cultivada, traçabilitat dels aliments, reducció del plàstic, aliments locals km0, anàlisi del cicle de vida del producte. És a dir, un cicle de producció alimentària que cerca alinear-se amb el programa impulsat per la Generalitat EBC 2030 basat en bioeconomia circular⁶.

6 GENCAT, 2022. Estratègia de la Bioeconomia de Catalunya 2030 <https://mediambient.gencat.cat/ca/detalls/Noticies/estrategia-bioeconomia-2030>

2. Alimentació saludable i nutrició del futur: existeix una preocupació social per la relació aliment/salut. La demanda gaudeix d'un gran nombre de fonts d'informació de fàcil accés i aquest fet augmenta el seu grau de coneixement. Això resulta en una major exigència respecte els productes, el seu valor nutricional, la seva qualitat sensorial i la seva seguretat.

En aquesta línia el departament de Desenvolupament Agrícola i Rural de la Comissió Europea (2020), en la publicació *EU agricultural outlook for markets and income 2019-2030*⁷, dibuixa un escenari amb el que es defineix una clara tendència en l'increment de la demanda d'aliments orgànics i de proteïnes d'origen vegetal. El consumidor busca uns productes menys processats, i sobretot, més ecològics i locals. Aquesta tendència s'està traduint en un major interès per segells distintius de qualitat els quals certifiquen processos de traçabilitat, el compliment d'estàndards de qualitat en la producció, o l'aplicació de processos de control en seguretat alimentària.

En paral·lel, es detecta un creixent interès tant per part de la indústria com per part del consumidor en l'ús de l'alimentació des de la perspectiva de la salut i la funcionalitat dels aliments. És a dir, s'exigeix als aliments a fer una funció activa en la reducció de malalties o en la resposta genètica a la dieta de l'individu (nutrigenètica).

3. Tecnologies Agroalimentàries: una de les tendències del sector amb un ressò més mediàtic, possiblement siguin les tecnologies relacionades amb la innovació agroalimentària, també anomenades *Agri-tech* o *Foodtech*.

El terme *Agritech* fa referència a l'ús de tecnologia amb el fi de millorar el rendiment i l'eficiència de la producció agrícola pel que fa al medi ambient i l'adaptació al canvi climàtic. Entre les tecnologies més destacades es troben els sistemes d'automatització de cultius per IA, tecnologies per a la reutilització de l'aigua per al reg o l'ús de microelectrònica per garantir la seguretat, l'origen i la traçabilitat dels productes.

D'altra banda, les tecnologies alimentàries o *Foodtech*, exploren aplicacions tecnològiques que possibilitin l'increment de l'eficiència i la sostenibilitat en tota la cadena de valor de la producció

7 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9ab90590-a676-11ea-bb7a-01aa75ed71a1>

alimentària. Exemples d'això són: aliments produïts a través de la impressió 3D, els materials frontera (nous ingredients i nanopotenciadors de sabor encapsulats), o les tecnologies òmiques com els foodomics (elaboració d'aliments funcionals i de suplementos nutricionals) i la genòmica (modificació genètica d'aliments per a fer-los més resistent a plagues o canvis ambientals, millorar-ne les característiques, etc.).

4. Indústria 4.0: un dels factors transversals a què el sector alimentari no n'és aliè és la industrialització 4.0. Com s'apuntava a l'inici del punt, per donar resposta i millorar la resiliència al context canviant al que s'enfronta la indústria agroalimentària és indispensable l'adaptació tecnològica a les noves oportunitats que sorgeixen⁸. La digitalització de processos, l'aplicació d'IA, el processament de grans bases de dades, la sensòrica o la robòtica són eines que cal que el sector adopti per no comprometre la seva supervivència.

En aquest punt, un dels aspectes més determinants que han estat detectats és la necessitat d'un canvi de mentalitat per part d'un sector tradicional que exigeix l'adopció de noves tecnologies. Una adaptació que comporta un canvi substancial en l'operativa i en la necessitat d'inversió.

5. Relleu generacional: finalment un dels reptes més destacats als quals s'afronta el sector és l'aspecte del relleu generacional. La mobilització demogràfica cap a centre urbans i la manca d'interès de les noves generacions per reemplaçar als agricultors i ramaders actuals suposarà una manca de mà d'obra en l'explotació del sector en els propers anys. Es calcula que, a Espanya, el 62% dels agricultors i ramaders en actiu actualment es jubilaran abans del 2030⁹. Un fet que, sens dubte, pot portar al tancament d'explotacions i abandonament de terres i cultius donant continuïtat o accelerant la tendència de despoblació de territoris rurals.

8 CESIF, 2019. GRANDES RETOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ACTUAL <https://www.cesif.es/actualidad/formacion/grandes-retos-en-la-industria-alimentaria-actual>

9 PLAN ESTRATÉGICO DE LA POLÍTICA AGRÍCOLA COMÚN EN ESPAÑA 2023-2027. <https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/documentacion-del-pe-pac.aspx>

2.3.2. Tendències

Si bé els reptes que s'apunten reclamen un elevat grau d'exigència per part de l'ecosistema agroalimentari, també és cert que la situació estructural i conjuntural, pel que fa al desenvolupament tecnològic, proporciona múltiples solucions per tal de donar-los resposta. En els últims anys, han sorgit una gran varietat de tendències i pràctiques innovadores que estan revolucionant l'agricultura, tant en relació amb la seva producció com en la manera de consumir el que es produeix.

Seguidament, s'identifiquen les principals tendències tecnològiques que s'estan treballant i esbossant en el sector agroalimentari:

1. **Biologia computacional:** és l'aplicació de ciències de la computació en la modelització de les estructures i processos biològics. La biologia computacional utilitza un gran ventall de metodologies en el camp de les matemàtiques i la informàtica com per exemple solucions d'aprenentatge automàtic o robòtica per representar i simular sistemes biològics (ex. molècules, cèl·lules, teixits, etc.) i per interpretar dades experimentals a grans escales¹⁰.
2. **Food-as-software:** es tracta d'un nou model de producció d'aliments que adopta certs components que recorden al funcionament d'un software (les millores es van incorporant amb iteracions i noves versions). A mesura que la tecnologia millora i els gustos i requeriments dels consumidors canvien, els productors poden incorporar modificacions al producte final de forma directa i a baix cost¹¹.
3. **Agricultura de precisió:** és una activitat caracteritzada per la recol·lecció de dades d'altra resolució per al seu anàlisi i manipulació. Alguns exemples són l'ajust de les dosis en l'aplicació de fertilitzants o fitosanitaris o el control detallat de la cria dels animals.
4. **Biologia de precisió:** és la fusió de diverses tec-

10 Industrial Biotechnology. Vol 17,N2, 2020. Rethinking Food and Agriculture 2020-2030 The Second Domestication of Plants and Animals, the Disruption of the Cow, and the Collapse of Industrial Livestock Farming <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ind.2021.29240.ctu>

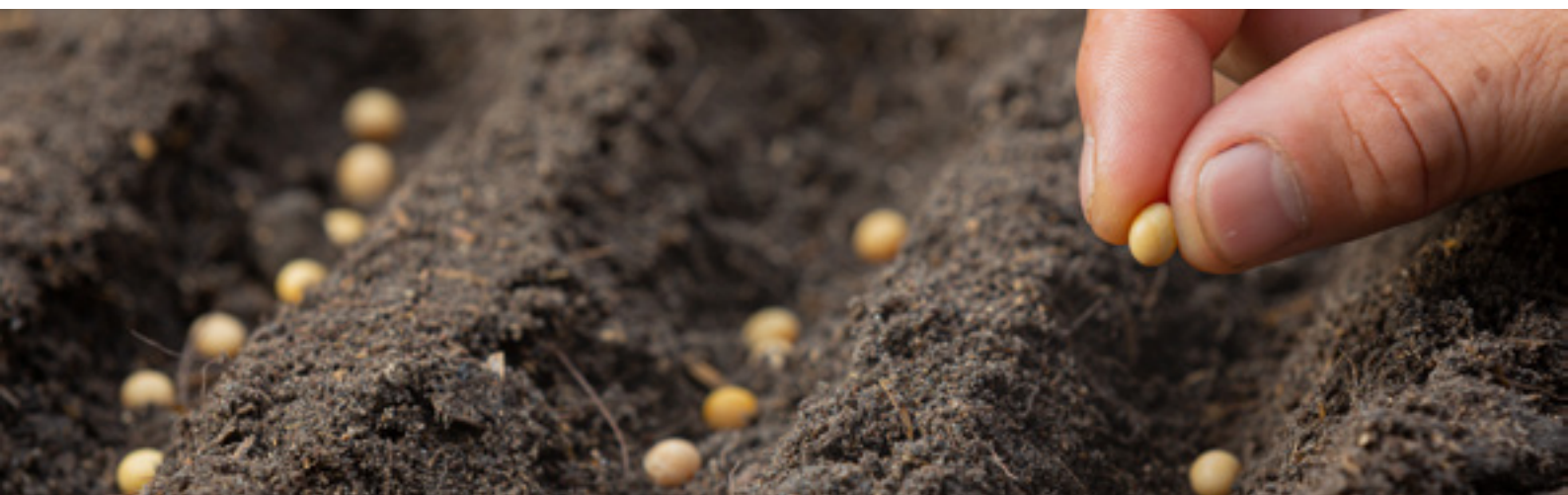
11 Industrial Biotechnology. Vol 17,N2, 2020. Rethinking Food and Agriculture 2020-2030. The Second Domestication of Plants and Animals, the Disruption of the Cow, and the Collapse of Industrial Livestock Farming <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ind.2021.29240.ctu>

nologies com la enginyeria genètica, la enginyeria metabòlica, enginyeria computacional, la biologia sistemàtica amb tecnologies d'IA i aprenentatge automàtic¹².

5. **Genètica i protecció de cultius:** s'aborda la utilització de noves eines genètiques i solucions químiques per a potenciar i protegir el rendiment dels cultius no és una pràctica nova, encara que sí molt necessària per a afrontar els desafiaments que cada any el camp planteja als productors agropecuaris.
6. **FoodTech:** l'objectiu d'aquesta tecnologia és replicar i produir aliments de manera sostenible i escalable tenint a l'agricultura com a principal proveïdor d'aliments i matèries primeres. D'aquesta manera, es tracta d'aconseguir estàndards saludables d'alimentació a fi de satisfer demandes específiques amb un baix impacte ambiental¹³.
7. **Tecnologies de visió:** es tracta de representacions visuals de les dades que s'obtenen a través de sensòrica que captura informació sobre la superfície de l'explotació. Aquesta informació, per exemple, permet al productor avaluar el nivell d'humitat en el cultiu, monitorar l'NDVI (Índex de Vegetació de Diferències Normalitzades) de les explotacions, la detecció i control de plagues o estrès hídric o l'estimació de rendiments i planificació de les collites (mitjançant NDVI).

Les tecnologies utilitzades amb aquests objectius són:

1. **Drons:** són aeronaus no tripulades, ràpides, senzilles i eficaces que aporten múltiples utilitats, així com l'avaluació de topografia i relleus, recompte de plantes i densitats, identificació d'espècies, monitoratge i recompte de males herbes, control de danys per fitotoxicitat, estimació de rendiments per volum amb làser.
2. **Sensors:** aquests dispositius permeten la conductivitat elèctrica per a sòls, mesurament de nitrogen en fulles, detecció de antocianines a la vinya, qualitat i quantitat de reg. Els sensors multispectrals poden determinar la condició i qualitat dels fruits.
3. **Robots:** aquests aparells realitzen operacions autònomes com a recol·lecció de fruites i verdures en maduresa òptima, detecten plantes malaltes i apliquen tractaments, controlen el desenvolupament vegetatiu i l'estat hídric, entre altres.
4. **Biologia sintètica:** és un camp interdisciplinari relativament nou de la ciència que combina l'enginyeria, el disseny i la informàtica amb la biologia. Els investigadors dissenyen o redissenyen organismes a nivell molecular amb nous propòsits, fent-los adaptables a diferents entorns o dotant-los de diferents habilitats.



¹² The FOOD TECH, 2020. Agricultura: tendencias y mejores prácticas <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/agricultura-tendencias-y-mejores-practicas/>

¹³ The FOOD TECH, 2020 Agricultura 4.0 aumenta la eficiencia y productividad <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/agricultura-4-0-aumenta-la-eficiencia-y-productividad/>

Breu introducció a la Intel·ligència Artificial



3.1. Definició i principals conceptes de la IA

La IA és una disciplina tecnològica que s'enquadra en l'àmbit de les ciències de la computació i comparteix **tècniques i dominis de coneixement amb altres disciplines** com les matemàtiques, l'estadística o la neurociència. A causa de la creixent complexitat i la seva transversalitat, la IA esdevé cada vegada més interdisciplinària, amb sinergies amb la biologia, la filosofia, el món del dret i l'ètica, la psicologia, la sociologia i l'economia.

J. McCarthy, professor a Stanford i reconegut com el pare de la intel·ligència artificial, el 1956 va definir la IA com "la ciència i enginyeria de fer màquines intel·ligents" i resulta dels treballs de l'escola d'estiu que ell mateix convocà al Dartmouth College per estudiar la conjectura que "tot aspecte de l'aprenentatge o qualsevol altra atribut de la intel·ligència es pot, en principi, descriure d'una forma tan precisa que una màquina ho podria simular"¹.

Posteriorment han sorgit altres definicions. Investigadors com S. Russel and P. Norvig defineixen la IA com "el disseny i construcció d'agents intel·ligents que reben percepcions de l'entorn i realitzen accions que afecten aquest entorn"². Altres com A. Kaplan i M. Haenlein proposen una definició alternativa com "la capacitat que té un sistema per interpretar dades externes correctament, aprendre d'aquestes dades, i fer servir els coneixements adquirits per completar tasques i assolir objectius específics mitjançant una adaptació flexible"³. Finalment, La Comissió Europea, per la seva part, defineix la IA referint-se a "sistemes que mostren un comportament intel·ligent i amb capacitat de realització d'accions –amb un cert grau d'autonomia– per assolir objectius específics"⁴.

¹ McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., Shannon, C.E., A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, 1955.

² Stuart Russell and Peter Norvig. Artificial intelligence: a modern approach ISBN 0-13-103805-2 1, 1995.

³ Kaplan, A., Haelnelin, M., Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Business Horizons, Volume 62, Issue 1, Jan-Feb 2019, pg 15-25.

⁴ A Definition of AI: Main Capabilities and Scientific Disciplines. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. European Commission, 2018.



Malgrat aquestes, o altres definicions possibles, la naturalesa de la IA continua essent objecte de debat dins la comunitat científica. Una manera d'enfocar aquesta discussió és definint la IA en funció dels seus objectius, i) si l'objectiu és replicar el comportament o la biologia del cervell humà o ii) si l'objectiu és una racionalitat ideal i abstracta. Un altre punt important és considerar si l'objectiu de la IA consisteix en construir sistemes capaços de raonar o actuar. Per tant, aquesta aproximació en la definició de la IA es pot resumir com **"la disciplina que cerca desenvolupar o construir sistemes que raonin i es comportin com els humans o pensin i actuïn racionalment"**.

La intel·ligència artificial ha esdevingut una tecnologia mainstream per la confluència de diversos elements que ho fan possible:

- **La disponibilitat de dades massives**
Provinents de la digitalització i de la sensorització, amb un creixement exponencial en la generació de noves dades, elements fonamentals per la construcció i millora de sistemes basats en IA.

- **Augment de la potència de càlcul i processament massiu**
L'increment significatiu de la potència de càlcul dels processadors, i particularment l'adopció de les tecnologies GPU (Graphical Processing Unit) és el fonament de l'aprenentatge profund (Deep Learning), una branca de la IA que està provocant salts disruptius en diversos camps d'aplicació.
- **La millora en els algorismes d'IA**
Evolució de programes d'anàlisi de dades basats en regles, estadístiques, regressions i sistemes experts al desenvolupament de diverses noves famílies algorítmiques basades en xarxes neuronals profundes amb un gran potencial d'aplicació.
- **La reducció del cost de la gestió de sistemes informàtics (processament i emmagatzematge) al núvol i la proliferació de serveis relacionats amb dades i IA.**
A mode d'exemple, el cost d'emmagatzematge per gigabyte ha passat de 500 mil dòlars el 1980 a menys de 2 cèntims el 2020.

L'àmbit d'actuació de la IA pot ser només del món virtual o pot tenir també incidència en el món físic. Si els sistemes de computació d'IA estan basats en programari la IA només serà virtual, com per exemple: assistents de veu, programari d'anàlisi d'imatges, sistemes de reconeixement de veu i discurs, cercadors, etc. Però els sistemes d'IA també poden trobar-se integrats dins d'algun tipus de dispositiu físic, dotant-lo de cert nivell d'intel·ligència i capacitat d'interacció amb l'entorn com és el cas de robots amb capacitats cognitives o drons i vehicles autònoms, entre altres.

En aquest sentit és important diferenciar entre automatització i IA, dos conceptes que es poden confondre fàcilment. En general totes dues permeten realitzar de forma automàtica tasques sense la intervenció humana. La diferència rau en què un sistema automàtic utilitza un programari que segueix unes regles i uns passos preprogramats, mentre que un sistema basat en IA és capaç de prendre decisions o realitzar accions per a les quals no ha estat programat específicament degut a la seva capacitat d'aprenentatge a partir de dades o patrons previs i el corresponent entrenament.

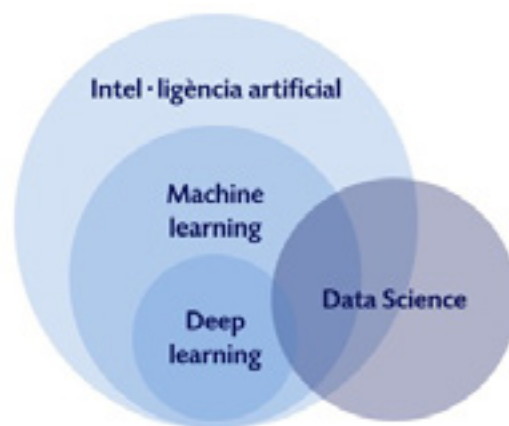
En altres paraules, **un sistema automatitzat fa exactament allò per al que ha estat programat prèviament i res més, mentre que a un sistema d'IA no se li**

diu exactament i amb anterioritat què ha de fer, sinó que se li proporcionen les eines necessàries perquè, a partir d'un entrenament inicial, pugui prendre per si mateix la millor decisió en cada moment depenent de la situació en què es trobi.

3.2. Principals tecnologies d'IA pel sector agroalimentari

A continuació es detallen algunes tecnologies (com l'aprenentatge automàtic o *Machine Learning* i l'aprenentatge profund o *Deep learning*) que s'engloben en el concepte genèric d'IA i s'avalua la seva aplicació en el sector de l'agroalimentació (Figura 3).

Figura 3. AI i ML



Font: IBM

L'aprenentatge automàtic (Machine Learning, ML)

És l'àrea de la intel·ligència artificial que proposa algorismes que permeten induir patrons i models a partir de les dades, molts dels quals poden millorar a partir de l'experiència (o arribada de noves dades en fase de producció). El ML es classifica segons la tipologia d'algorismes en supervisats i no supervisats.

- Els mètodes d'aprenentatge automàtic supervisats es basen en induir una funció capaç de predir el valor d'una variable d'interès (el resultat) corresponent a qualsevol valor de les variables d'entrada després d'haver-se exercitat amb una sèrie d'exemples d'entrenament (dades etiquetades amb el valor de la variable a predir). Els problemes característics que resolen els

mètodes d'aprenentatge supervisat són els de regressió i classificació, i els mètodes per resoldre'ls són, per exemple, els de regressió lineal (aquest provinent de la més antiga disciplina d'estadística) o xarxes neuronals artificials (ANN) pels de regressió, entre d'altres, i mètodes com arbres de decisió (DT) o *support vector machines* (màquines de vector de suport, SVM) pels de classificació. Un tipus d'aprenentatge supervisat especial són els mètodes d'aprenentatge per reforç (*reinforcement learning*), on el propi model aprèn tot examinant els resultats de cadascuna de les seves decisions. Quan el resultat és positiu es recompensa i quan el resultat és negatiu no s'obté recompensa o aquesta és una penalització, és a dir, una recompensa negativa. D'aquesta manera el model s'adapta el seu comportament d'acord a les recompenses obtingudes i acumulades. És tracta de l'aprenentatge més semblant al realitzat per un ésser humà.

- En els mètodes d'aprenentatge no supervisat, el procés d'entrenament es basa en un conjunt de dades sense etiquetes ni classes prèviament definides, on totes les variables juguen un mateix paper a l'anàlisi. El model ha de descobrir l'estructura subjacent que caracteritzi els patrons que descriuen l'estructura de les dades. Els algorismes de *clustering* pertanyen a aquesta família algorítmica, així com els mètodes d'inducció de regles d'associació⁵ o les xarxes bayesianes.

L'aprenentatge profund (Deep Learning, DL)

Es tracta d'un tipus específic de xarxes neuronals artificials amb moltes capes ocultes que implementen processos progressius d'abstracció sobre les dades, aprenent atributs més i més generals a cada nivell. Els sistemes d'IA basats en DL poden no només aprendre conceptes, sinó també reconèixer contextos i entorns força complexos, com el reconeixement d'imatges i de la parla, entre altres. S'han fet molt populars perquè permeten resoldre en temps molt curts problemes de gran complexitat i sovint amb big data.

Dins del camp de les tecnologies de les dades i la IA es destaquen els següents processos i aplicacions en el sector de l'agroalimentació:

- Integració de les dades
- Visió per computador i anàlisi d'imatges
- Sensors virtuals
- Processos relacionats amb l'analítica de dades
- Bessó digital
- Sistemes d'ajuda a la decisió
- Sistemes d'optimització
- Automatització de processos (Robòtics)

3.2.1. Integració de dades (Data Integration/fusion)

La integració de dades permet l'anàlisi conjunta de múltiples conjunts de dades. La integració de dades es pot descriure com la tasca de seguiment d'un o diversos objectius, monitorats per un conjunt de sensors. La informació obtinguda d'aquest conjunt de fonts es fusiona per establir i millorar el rendiment de models predictiu o de suport a la presa de decisions, mentre s'augmenta la precisió⁶.

Les fonts de dades utilitzades majoritàriament en agricultura són multi-escala i multivariable. Això significa que provenen de sensors instal·lats en tot tipus de dispositius: satèl·lits; avions o drons; vehicles terrestres mòbils; sensors fixes que s'instal·len prop de la vegetació, al sòl o en infraestructures d'interès; fins a mesures puntuals anotades a un paper o que pot arribar a realitzar un agricultor amb el seu telèfon mòbil. En el context de la ramaderia, les fonts de dades a integrar seran també multivariants i multi-escala, i poden influir no solament registres recollits de forma automàtica mitjançant sensors en les explotacions, sinó també dades procedents d'altres baules de la cadena de valor del producte, com podries ser els mateixos escorxadors o fins i tot l'administració pública. Una correcta i adequada integració d'aquests conjunts de dades procedents de diferents escalons de la cadena de valor permetrà optimitzar la presa de decisions no solament a nivell productiu sinó també de forma global com a sector.

En aquest sentit existeix un ventall de tècniques per a la fusió de dades depenent del seu propòsit, origen i característiques. Una de les variants més usades en l'actualitat és la fusió d'imatges. Aquesta tècnica és especialment rellevant quan es refereix

5 Gibert, Karina, 2018. Which method to use? An assessment of data mining methods in Environmental Data Science <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815218308715>

6 Cocchi, Marina, 2019. Chapter 1 - Introduction: Ways and Means to Deal With Data From Multiple Sources <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63984-4.00001-6>

a teledetecció. És a dir, permet combinar dades de múltiples satèl·lits, així com imatges preses des d'avions o drons. Així doncs, cal destacar també la integració de les dades generades per càmeres, radars i lidars (sensores làser) en vehicles de navegació autònoma o detecció de volums de vegetació.

3.2.2. Visió per computador i anàlisi d'imatges

La visió per computador és una branca de la intel·ligència artificial que es focalitza en replicar parts del sistema de visió humana. Permet, a qualsevol dispositiu electrònic, obtenir informació rellevant d'imatges digitals, vídeos o altres fonts visuals amb l'objectiu de realitzar certes accions o recomanacions basades en aquesta informació. La visió per computador permet als computadors interpretar i caracteritzar el context. Inclou tasques per adquirir, processar, analitzar i entendre imatges digitals. D'aquest procés té com a fi generar nova informació que permeti la presa de decisions.

Els algorismes de visió per computador necessiten grans volums d'imatges per donar resultats precisos. És per això que, l'aparició de nous algorismes de DL basats en xarxes neuronals artificials i les noves capacitats en computació, han permès que aquesta tecnologia estigui creixent de manera exponencial en els últims anys.

En el sector agroalimentari s'usen tecnologies de visió per computador per al control dels cultius, per a la detecció de males herbes, per preveure i detectar malalties en funció de la simptomatologia visual, per al seguiment de la quantitat i qualitat de fruits i predicció de collita, per al fenotipatge, etc. En el context de la ramaderia s'estan començant a implementar tècniques de visió artificial per al fenotipatge automàtic d'animals, en caràcters com els relacionats amb el comportament entre animals criats en grup, o per prendre mesures que puguin ser d'utilitat per predir tant a nivell fenotípic com a genètic el potencial d'ús eficient del pinso que consumeixen. Pel que fa a la indústria auxiliar i al retail, també existeixen aplicacions tals com la detecció de qualitat de producte, la predicció de color i pH o per al control del percentatge de greix en pernells, per exemple.

3.2.3. Sensors virtuals

Els sensors virtuals consisteixen en un programari que agrega les mesures de sensors físics i processa les entrades per calcular un paràmetre d'interès. Els sensors virtuals utilitzen l'aprenentatge supervisat per aprendre a interpretar les relacions entre diferents variables i observen les lectures dels diferents instruments per a generar el valor de la variable desitjada. Generalment aquest tipus de sensors proporcionen alternatives viables i econòmiques a instruments de mesura costosos i poc àgils, o fins i tot, possibiliten la mesura indirecta de propietats físicament no mesurables.

Un exemple de sensors virtuals són els sensors de quantitat de nitrogen base en la mesura de la conductivitat aparent. S'utilitza la tecnologia NIR⁷ per extrapolar la quantitat de NPK⁸ a partir de les mesures dels sensors físics i taules de calibratge dels sensors. En qualitat d'aigua existeixen sensors virtuals de microorganismes com l'*Escherichia coli* a partir d'altres sensors físics.

3.2.4. Processos relacionats amb l'anàlisi de dades

En aplicacions d'anàlisi de dades es distingeixen diversos passos que requereixen de l'ús d'intel·ligència artificial per obtenir els resultats esperats. Seguint la metodologia CRISP-DM⁹, definida per sis fases: comprensió del negoci, comprensió de les dades, preparació de les dades, modelatge, avaluació, i desplegament, en 3 d'elles, es poden necessitar de tècniques d'intel·ligència artificial. Per exemple, per la preparació de les dades es requereix pel filtratge de soroll, per omplir buits en les dades, per normalitzar valors, per la detecció de valors estranys, i per la detecció de patrons. En el modelatge es requereix per la detecció del tipus de problema,

⁷ Near-Infrared technology: A la indústria agrícola, l'espectroscòpia NIR és una tècnica útil per controlar i avaluar la qualitat dels cultius informant del contingut de nutrients del sòl, com ara nitrogen, fòsfor i indicació de matèria orgànica, fertilitat del sòl i els seus contaminants i contingut d'humitat del sòl.

⁸ L'índex NPK és l'acrònim de la relació entre els elements químics Nitrogen (N), Fòsfor (P) i Potasi (K). Indica la quantitat en percentatge de massa dels tres components principals en nutrients de les plantes.

⁹ Shearer C., The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining, J Data Warehousing (2000); 5:13–22

per l'anàlisi de correlacions, per la creació de noves variables i per l'entrenament de models. I finalment, en la fase d'avaluació, per l'avaluació de mètriques i el re-entrenament segons reforç.

En tot aquest procés, no pot oblidar-se la importància que té el pas de desplegament i de visualització de resultats a cada iteració, per tal de validar sempre amb els experts del domini els resultats obtinguts.

3.2.5. Bessó digital

Un bessó digital (de l'anglès *Digital Twin*) és la representació virtual d'un element físic. Aquesta replica no és estàtica sinó dinàmica, la qual cosa permet simular diferents escenaris comparant-se de manera similar al que faria l'element físic. Això permet dotar de capacitat d'anticipació a diferents escenaris. Mitjançant la informació recollida de totes les operacions en el passat es pot obtenir un model d'alta precisió, un model de simulació que representi amb molta exactitud el procés físic real. Per altra banda, la utilització de dades en temps reals de sensors físics permeten ajustar el model del bessó digital a la realitat i operar-lo de forma òptima. La disponibilitat d'un bessó digital permet simular i avaluar l'impacte dels efectes de qualsevol acció/decisió abans d'implementar-la i, per tant, ajustar-la a un resultat òptim permetent fins i tot la creació de models predictius que anticipin futures situacions de risc. A més, gràcies a la disponibilitat de bessons digitals de qualitat, podem determinar, donades una sèrie de polítiques de gestió disponibles, determinar quin és l'ordre òptim en el temps de l'aplicació de les mateixes fent ús de tecnologies com l'aprenentatge per reforç.

Els bessons digitals en agricultura són objecte d'estudi actualment ja que la modelització d'éssers vius és molt complexa i el comportament dels sòls, una incògnita. Tot i això, ja es comencen a veure els primers bessons digitals de cultius que s'usen per a recomanacions de reg i predicció de collita.

3.2.6. Sistemes d'ajuda a la decisió

El concepte de sistema d'ajuda a la decisió és molt ampli i inclou qualsevol sistema d'informació que proporcioni informació de valor per a la presa de decisions a nivell organitzatiu o operacional. Molt

probablement els resultats de les altres tecnologies esmentades en aquesta secció també s'hi puguin incloure, però en aquest apartat es centrarà concretament en tres tipus de tecnologies: els sistemes intel·ligents de suport a la presa de decisions, els sistemes de suport a la decisió multi criteri i els sistemes de regles.

Els sistemes intel·ligents de suport a la presa de decisions representen architectures complexes de sistemes que encaixen com a puzzles diferents mòduls que resolen els diferents aspectes involucrats en una decisió. Al paper de Mannina et al, 2019¹⁰ es revisa un ampli espectre d'aplicacions d'aquests sistemes a la gestió de l'aigua. Al de M. Sanchez-Marrè, 2022¹¹ s'hi troba una proposta de propòsit general sobre l'arquitectura d'aquests sistemes que ofereix la versatilitat de donar resposta a un bon nombre d'aplicacions. En general són sistemes que integren capes de recollida d'informació, ja sigui dada clàssica (oberta o privada), dada de sensor, imatge, vídeo, àudio, documents, textos, etc. que poden ser en continu o no, amb una capa de models *data-driven* que solen combinar models d'IA amb models estadístics o fins i tot d'optimització, o numèrics, i les prediccions i patrons descoberts amb aquestes anàlisis, es solen incorporar en un motor de raonament que pot emetre recomanacions, o valoracions, o comparacions entre diferents resultats que aporten diferents mòduls del sistema. Sovint aquests sistemes incorporen també petits mòduls que modelen la part cognitiva del fenomen (ja sigui amb sistemes de regles, ontologies, o altres models de coneixement formals) així com mòduls de costos sobre les decisions o els errors en les mateixes, mòduls que s'integren tots en una darrera capa d'interacció amb l'usuari i que pot contenir mòduls de reporting automàtic, de visualització (interactiva o no) i sobretot un mòdul d'argumentació que pugui justificar les decisions que proposa i que sol presentar en forma d'alternatives avaluades segons alguna mètrica d'utilitat que permet a l'usuari decidir com prioritzar. Aquests sistemes poden contenir mòduls que incloguin decisió multicriteri o sistemes de regles (en lògica clàssica, difusa o més sofisticada, com les lògiques deòntiques entre moltes altres).

10 Mannina, Giorgio, et al. Decision support systems (DSS) for wastewater treatment plants—a review of the state of the art. *Bioresource Technology*, 2019, vol. 290, p. 121814.

11 M. Sànchez-Marrè (2022) Intelligent Decision Support Systems, Springer. ISBN: ISBN 978-3-030-87790-3

Els sistemes de suport a la Decisió Multi Criteri (de l'anglès *Multicriteria Decision Aid*), permeten a un responsable de procés escollir quina és la millor solució que resol el seu problema tenint en compte diferents criteris en conflicte. Un exemple senzill del tipus de problemàtica que es podria resoldre seria, per exemple, la selecció per la compra d'una màquina especialitzada en una tasca on tenim diversos proveïdors i volem tenir en compte diferents criteris com: el preu, l'eficiència de la màquina, la proximitat del servei post venta, la necessitat de manteniment, la complexitat de la màquina, etc.

Per altra banda, els sistemes de regles (de l'anglès *Rule engines*) permeten modelar i automatitzar el comportament complex d'un sistema o procés, de forma intel·ligent i d'acord amb valors operatius aconseguits en temps real mitjançant regles (que poden ser definides manualment pels experts, a l'estil dels antics sistemes experts i utilitzant metodologies d'enginyeria del coneixement, o que poden ser induïdes i prèviament apreses amb mètodes d'aprenentatge automàtic supervisat, per exemple els mètodes d'inducció de regles de classificació) que descriu com interaccionen els diferents elements del sistema. Els sistemes de regles permeten definir restriccions a la operativa d'un sistema que, a posteriori, són analitzades per un algoritme intel·ligent. De fet, representen el punt de partida dels motors d'inferència dels sistemes intel·ligents que implementen mecanismes de raonament aproximat. Això es pot fer en lògica clàssica o en models més avançats com el raonament difús, àmpliament utilitzat i que permet incorporar la incertesa en el propi procés de raonament. El motor d'inferència s'encarrega de definir quines accions cal aplicar d'acord amb l'encadenament de regles definides prèviament que s'acompleixen, i els valors actuals en els que es troba el sistema o procés.

3.2.7. Sistemes d'optimització

D'entre els problemes típics a resoldre mitjançant tècniques d'optimització destaquem la planificació dinàmica i l'optimització de recursos. La planificació dinàmica es centra en gestionar les forces de treball i les seves tasques, fent un assignació òptima en el temps considerant diferents criteris com poden ser indicadors de negoci, la disponibilitat dels treballadors, les seves competències tècniques, entre d'altres. Això descrit és en definitiva un pro-

blema de planificació, però en aquest cas es va una mica més enllà, doncs davant un imprevist, el sistema és capaç de re-calcular la solució, per trobar la nova solució òptima. D'aquí el concepte de dinàmic. Per exemple, si un treballador es posa malalt, o un tractor s'avaria, com redistribuïm la feina de forma que minimitzem l'impacte? De manera molt relacionada existeix també el problema de l'optimització de recursos, que és el procés d'assignar i gestionar recursos de la forma més eficient possible, considerant recursos les persones, però també les matèries primeres, maquinària, espais, magatzems, etc.

Aquest tipus de problemes acostumen a atacar-se emprant diferents tècniques en funció de la seva complexitat. Les aproximacions clàssiques solien centrar-se en buscar una optimització exacta, és a dir, en trobar la millor solució de totes o, en el cas que n'hi hagi més d'una, en una d'elles. Entre aquestes tècniques destaquen els algorismes basats en MILP (*Mixed Integer Linear Programming*), que són problemes d'optimització matemàtica en què alguna o totes les variables estan restringides a ser números sencers. En molts entorns, el terme es refereix a la programació lineal entera (ILP), on la funció objectiu i les restriccions definides, a diferència de les restriccions senceres, tenen un caràcter lineal.

A mesura que la complexitat del problema augmenta, s'empren altres mètodes i aproximacions, incloent aquelles basades en tècniques d'Intel·ligència Artificial. Alguns exemples són:

1. Heurístiques:

- **Relax and fix:** que descompon de forma iterativa el problema original en problemes més petits que simplifiquen la seva solució.
- **Fix and optimize:** que descompon les variables binàries d'una solució en dos subconjunts en cada iteració. Les variables en el primer subconjunt es fixen a la millor solució trobada fins el moment, i les altres són optimitzades.

2. **MOEA i MOGA:** L'optimització multiobjectiu (MO) cerca optimitzar els components d'una funció de cost amb valor vectorial. A diferència de l'optimització d'un únic objectiu, la solució a aquest problema no és un únic punt, sinó una família de punts coneguda com el conjunt òptim de Pareto. Cada punt en aquesta superfície o conjunt és òptim en el sentit que no es pot aconseguir cap millora que no condueixi a la degradació d'almenys un dels components restants. En Intel·ligència Artificial, un algo-

risme evolutiu (EA) és un subconjunt de la computació evolutiva, un algorisme genèric d'optimització metaheurística basat en la població. Un EA utilitza mecanismes inspirats en l'evolució biològica, com ara la reproducció, la mutació, la recombinació i la selecció. Les solucions candidates al problema d'optimització tenen el paper dels individus en una població, i la funció d'aptitud en determina la qualitat. L'evolució de la població es produeix després de l'aplicació repetida dels anteriors operadors. En un algorisme genètic (una variant d'EA), una població de solucions candidates (anomenades individus, criatures o fenotips), davant d'un problema d'optimització, evoluciona cap a solucions millors. Concretament, cada solució candidata té un conjunt de propietats (els seus cromosomes o genotip) que van mutant i modificant-se. Tradicionalment, les solucions es representen en binari com a cadenes de 0 i 1, però també són possibles altres codificacions.

3. Particle Swarm Optimisation (PSO): L'optimització d'eixam de partícules (PSO) és un mètode computacional que optimitza un problema tractant iterativament de millorar una solució candidata pel que fa a una determinada mesura de qualitat. Per la resolució d'un problema es parteix d'una població de solucions candidates, aquí anomenades partícules, i es realitzen moviments d'aquestes partícules a l'espai de cerca segons fórmules matemàtiques jugant amb els paràmetres de posició i velocitat de la partícula. El moviment de cada partícula està influenciat per la seva posició local més coneguda, però també té en compte les noves posicions obtingudes a l'espai de cerca, que s'actualitzen a mesura que altres partícules troben millors posicions. Amb aquest procés es persegueix que l'eixam evolucioni cap a la cerca de les millors solucions.



3.2.8. Automatització de processos amb sistemes robòtics

L'automatització de processos mitjançant la utilització combinada de sistemes robòtics amb tecnologies d'Intel·ligència Artificial és una solució que permet reduir costos i realitzar tasques de forma efectiva que d'altra manera no serien viables. Aquests processos automatitzats generalment s'alimenten de sensors, que poden requerir de sistemes de visió per computador per poder analitzar què tenen davant i que són dirigits per programes més o menys intel·ligents depenent de la complexitat del procés.

En el cas dels robots autònoms que es poden aplicar en agricultura, un dels reptes és la navegació autònoma. És a dir, la detecció de l'entorn i la conducció del vehicle a la vegada que es decideix com fer una aplicació al conreu. En cultius extensius existeixen solucions molt precises de posicionament per satèl·lit però en altres tipus de cultius organitzats en fileres o fins i tot en terrasses es fan inviables. És per això que els sistemes de navegació basats en l'avaluació de l'entorn són de vital importància per fer accessible aquesta tecnologia en certs territoris i cultius.

Una altra solució en l'automatització de processos seria l'avaluació de l'estat del cultiu i la presa de decisions en temps real: aplicació de fitosanitaris per a malalties o desherbatge, desherbatge mecànic, aclarida de fruits, etc. En aquestes solucions també es requereix de sistemes intel·ligents, normalment pre-entrenats, per a poder analitzar les dades obtingudes i prendre decisions a l'instant. El concepte de ramaderia de precisió se sosté igualment en la recollida de dades, que a temps real s'integren i procesen per prendre decisions de maneig a l'explotació, un exemple concret amb força desenvolupament és l'aplicació d'aquest concepte a l'hora d'alimentar els animals, en funció del creixement que està mostrant l'animal individual s'ofereix una ració més o menys rica en nutrients, de manera que es pot minimitzar l'alimentar els animals per sobre dels requeriments i les capacitats d'assimilació, fent-se un ús més eficient dels recursos i mitigant així l'impacte mediambiental.

La IA com a factor de transformació de l'Agroalimentació



L'aplicació d'IA en el sector agroalimentari pot esdevenir clau en els reptes que depara aquest segle. La IA té el potencial per exercir una important funció en la transformació dels sistemes alimentaris. En el sector agroalimentari pot portar-se a terme l'assoliment d'aquests reptes a través de l'optimització dels processos o l'execució automatitzada de tasques que actualment porten a terme les persones. La finalitat és l'augment de la productivitat, la millora de les condicions de treball o l'ús de recursos naturals de manera més eficient.

Gràcies als avenços tecnològics actuals per la recollida i l'anàlisi massiva de dades, la IA té oportunitats i impacte en totes les àrees de l'agroalimentació, des del suport a l'agricultura en totes els seus vessants, així com a la ramaderia, pesca o també té nombroses aplicacions a la indústria transformadora i de distribució o venda.

Els boscos, camps, llacs, rius o oceans comparteixen tots una mateixa característica relacionada amb l'equilibri de la biodiversitat que ha de permetre els cicles d'evolució de les espècies i el medi que garanteixen la normal evolució de l'ecosistema. Entendre com funcionen aquests cicles i com evolucionen les diferents espècies en els diferents hàbitats té implicacions directes sobre el control de les activitats de pesqueres (obertures i tancaments de vedes) i també les de caça, però també per a desenvolupar intervencions controlades en àmbits de creixement controlat de peixos o animals, per exemple en piscifactories. La IA aporta eines de modelització espai-temporal que permeten entendre com es mouen i augmenten o disminueixen les diferents espècies en entorns oberts (boscos, o rius) o tancats (piscifactories) que permeten predir quan cal activar les diferents accions.

D'altra banda, les tempestes o incendis tenen enormes conseqüències com és sabut sobre l'activitat ramadera, pesquera o agrària i trobem també en la IA la capacitat de modelar i predir per exemple els riscos d'incendi en boscos, o terrenys cultivats, o la de tenir gelades, pedregades o inundacions en les zones on es desenvolupa l'activitat agrària. Novament aquí les tècniques de models espais temporals juguen un paper important.

Tot seguit s'exposen alguns exemples d'aplicació de la IA a la primera corona, pel sector agrari, ramader, pesca i indústria transformadora. De forma agregada també es fa esment de les oportunitats en tota la cadena de valor del sector.

4.1. Oportunitats de la IA en el sector agrari

4.1.1. Fertilització i sembra variable

Una de les àrees on més impacte té la IA en agricultura és la de facilitar l'agricultura de precisió. L'anàlisi i processament de grans quantitats de dades juntament amb les tecnologies de tractament d'imatge permet estudiar el comportament dels cultius i discriminar zones de cultiu. A través d'aquesta detecció és possible generar mapes d'aplicació variable que defineixin les dosis necessàries de fertilitzants i altres recursos a les plantacions per fer-les més sostenibles i així evitar el malbaratament de recursos.

La integració d'imatges de satèl·lit, avionetes o drons per a la generació de mapes de vigor vegetatiu, estrès hídric o sanitat vegetal són alguns exemples d'aquestes capacitats. També s'han executat projectes amb mapes de conductivitat elèctrica aparent obtinguts amb sensors mòbils a camp i mapes de rendiment de collita que permeten millorar el maneig de les explotacions, com, per exemple, crear mapes de fertilització variable. Aquests mapes, amb la maquinària apropiada, permeten aplicar les dosis de fertilitzant més adequades a cada metre quadrat de terreny d'acord amb el seu potencial productiu. A posteriori, en el moment de la sembra, també es poden ajustar les dosis al potencial productiu de cada terreny per tal de maximitzar-ne el rendiment.

Aquests tipus de tecnologies són molt conegudes pel grup de recerca GRAP de la UdL¹.

4.1.2. Predicció de collita

Una altra de les àrees amb més interès dintre del sector agroalimentari, així com per part de les empreses distribuïdores i dels mercats en general, és conèixer el potencial productiu de cada zona i cultiu. Un fet que permet optimitzar tota la logística necessària en el període de recol·lecció, processament, compra i venda dels productes. La disponibilitat d'imatges de satèl·lit gratuïtes, juntament

¹ Maresma, Angel, 2019. Nitrogen management in double-annual cropping system (barley-maize) under irrigated Mediterranean environments <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.12.002>

amb els històrics de producció de les parcel·les, fan possible l'entrenament d'algoritmes basats en DL. Aquestes dades creuades amb la informació de les plantacions i la seva gestió poden permetre obtenir un model prou robust que arribi a predir la collita d'un cultiu. Un exemple d'aquesta tecnologia és la funcionalitat de predicció de l'empresa Rawdata².

Una altra solució emprada per a aquest fi és l'anàlisi d'imatges directes del camp aconseguides amb dispositius fixos com ara, càmeres de vigilància, telèfons intel·ligents, o fins i tot càmeres embarcades en tractors, quads o en robots autònoms. Aquesta és una aproximació que s'usa en cultius arboris on la distribució de fruits depèn molt de la distribució en altura. En aquest cas les imatges enregistrades són analitzades per algoritmes de DL que detecten i compten el nombre de fruits per arbre per fer una extrapolació de la potencial collita. També són capaços, mitjançant l'anàlisi dels colors i la mida dels fruits, de predir el moment òptim de recol·lecció.

Un exemple d'aquesta tecnologia és el sistema On-Fruit 360 d'Agerpix³.

4.1.3. Detecció de males herbes i tractaments selectius

La detecció de males herbes i el posterior tractament en les zones amb afectació és una de les aplicacions de l'agricultura de precisió que més beneficis està oferint a escala econòmica i mediambiental gràcies a l'estalvi en herbicides. L'ús d'imatges obtingudes a través de dron (píxel d'1 cm), molt més precises que les preses per satèl·lit (píxel de 10 m), permet realitzar un processament de les imatges en cultius extensius. També aplicable en cultius llenyosos com la vinya, serveix per a classificar-les en dues (zona amb herba o sense) o més classes (distingint la tipologia d'herba) mitjançant la detecció de terrenys amb presència d'herbes susceptibles de ser tractades amb mitjans químics o mecànics. Aquests resultats poden ser utilitzats posteriorment per definir mapes de tractament o estratègies de maneig. Així, es permet tractar cada zona de manera específica detectant aquelles àrees en què no és necessari cap tipus de tractament i, per tant, estalviar costos, respecte estratègies de maneig homogènies. Aquest tipus de tecnologies són usades per alguns agricultors més avançats a través de l'ús de

drons i programari especialitzat, tot i que encara són objecte d'estudi en molts projectes d'innovació⁴.

4.1.4. Gestió òptima del reg

Un recurs cada vegada més escàs a la mediterrània i molt apreciat en l'agricultura és l'aigua. Hi ha zones que en tenen disponibilitat via canalitzacions, pantans o pous, tot i això, cal considerar l'aigua un recurs escàs del qual cal optimitzar-ne l'ús. Això és encara més important a causa del context climàtic en el qual ens trobem. En aquest sentit, són molts els projectes de recerca i innovació que s'han dut a terme per estudiar tecnologies que permetin una millor gestió de l'aigua de reg. Avui en dia, existeixen models automàtics de reg, alguns d'ells basats en algoritmes d'IA, que permeten determinar diàriament les necessitats de reg de cada cultiu. Ja sigui mitjançant l'anàlisi d'imatges tèrmiques per satèl·lit, avioneta o dron; dades de sensors d'humitat al sòl en diverses profunditats; sensors de saba; o dades d'estacions meteorològiques; existeixen una sèrie de models de reg intel·ligents els quals són capaços de determinar l'estat de la planta i establir les necessitats diàries d'aquestes per tal de cobrir-les.

Un exemple de recomanador de reg basat en un sistema intel·ligent que inclou teledetecció, sensors a camps i models de simulació és el que ha creat l'IR-TA, l'Irridesk⁵.

També existeixen eines orientades a la formació de bones pràctiques en reg com és l'eina desenvolupada pel DACC, el Simulareg⁶. En aquesta eina d'ús gratuït els usuaris poden definir els seus camps de prova utilitzant la meteorologia d'un any concret i poden programar el reg que hi farien. A la vegada, un sistema intel·ligent recomana la quantitat d'aigua que hi aplicaria un expert en reg de manera que els usuaris poden comparar i entendre els motius de les recomanacions. El sistema intel·ligent fa servir una base de coneixement de més de 800 casos de reg de diferents cultius. Quan l'usuari defineix el seu cultiu el sistema busca el que s'assembla més i l'adapta per a ser usat com a referència.

² <https://agrawdata.com/predicciones/>

³ <https://agerpix.com/>

⁴ EXTENSIVUS.CAT, 2022. UTILITZACIÓ DE DRONS I ROBOTS TERRESTRES PER DETECTAR MALALTIES I MALES HERBES EN EL CULTIU <https://extensivus.cat/2022/03/30/utilitzacio-de-drons-i-robots-terrestres-per-detectar-malalties-i-males-herbes-en-el-cultiu/>

⁵ <http://irridesk.com/>

⁶ <http://www.ies-sim.com/>

4.1.5. Monitoratge de l'estat del medi

En aquest cas podem parlar de com la IA pot ajudar, i de fet ajuda molt a monitorar, modelitzar i predir l'evolució a curt, mig i llarg termini de la qualitat del sol, de la qualitat de l'aire o de l'aigua que tan important és per l'activitat agrària. La filtració de contaminants en el sol és un dels problemes difícils de gestionar en les zones de cultiu i la IA ofereix moltes possibilitats de modelitzar aquest fenomen tenint en compte els tipus de sol, els tipus d'activitat que es produeixen a l'entorn d'una certa zona, la climatologia i la biodiversitat de la zona, per exemple. Es tracta de models d'alta complexitat, que evidentment evolucionen en 3 dimensions en el subsol i en la quarta dimensió que representa el temps i per als quals la modelització espai temporal ofereix solucions interessants. En un altre ordre de coses, la gestió de l'aigua residual, per exemple, representa un procés d'alta complexitat que és clau per a garantir que l'activitat humana (rural o urbana) no deteriora l'estat de rius, llacs, deus subterrànies... de manera que la qualitat de l'aigua que arribi "aigües avall" permeti una normal activitat agrícola. És així doncs, com eines com els supervisors intel·ligents de plantes depuradores d'aigua residual, o de xarxes de distribució d'aigua potable, o d'aigua de reg, entre d'altres, adquireixen un paper fonamental en el sector agrícola. És interessant tot el desenvolupament que s'ha fet a Catalunya en matèria de supervisors intel·ligents en estacions de tractament d'aigües residuals que ha estat pionera a nivell internacional i que ha portat no només a utilitzar de forma ordinària aquestes eines en les estacions del consorci del Besòs-Tordera per exemple, sinó fins i tot a comercialitzar-les i exportar-les a nivell internacional a un bon nombre de països fins i tot d'Amèrica del Sud⁷.



⁷ <https://futur.upc.edu/32020332>

4.1.6. Optimització de processos de recol·lecció

Cada cultiu es comporta de forma diferent, i cal gestionar-ne la recol·lecció considerant l'estat de maduresa, les persones, màquines i espais necessaris. D'aquesta forma se n'assegura un punt de collita òptim que maximitzi la qualitat del fruit i alhora que reduir al màxim els recursos necessaris per dur-ho a terme. Per exemplificar-ho, parlarem de forma genèrica de la verema. L'època de verema de la vinya és el procés que culmina la feina de tot un any per a produir el raïm que posteriorment serà transformat en vins tranquils i escumosos. La verema requereix la mobilització de molts actors i cal efectuar-la de manera esglaonada, d'acord amb la maduració de cada varietat de raïm. En general, tot el raïm que es cull es porta al celler que, en primera instància, s'encarregarà de transformar-lo en most. La gestió d'un celler en època de verema és complicada, ja que en poc temps s'han de processar en un mateix espai molts quilograms de raïm de varietats, qualitats i proveïdors diferents. Per altra banda, s'ha de tenir en compte la complexitat logística que hi ha al darrere. Cal decidir quins camps i en quin ordre s'han de veremar, permetent una descàrrega ordenada de tots els transports. En últim lloc, és necessari tenir en compte que la realitat al camp ve determinada per la climatologia, que és qui realment marca el ritme.

La gestió d'aquest període productiu inclou diversos processos que, en ser optimitzats, permeten estalvis de costos i temps i eviten pèrdues per mala qualitat. Existeixen eines basades en IA que permeten monitorar totes les variables involucrades en el procés, així com les restriccions que es puguin donar. Amb aquesta informació obtinguda es fa possible portar a terme una planificació integral que ajusta totes les tasques a desenvolupar de forma idònia. És a dir, maximitzar una funció de cost que normalment està relacionada amb l'optimització dels temps i els costos de producció.

En el context del projecte europeu VITIGEOSS⁸, liderat per Eurecat, s'implementa un servei que permet la planificació dinàmica de la verema aplicada a una vinya que es cull a una distància màxima de 100 km del celler on es vinificarà.

⁸ <https://vitigeoss.eu/>

4.2. Oportunitats de la IA en el sector ramader

4.2.1. Detecció de benestar animal i malalties

Una de les aplicacions més importants de la IA a la ramaderia és l'anàlisi de comportament i variables de l'animal en temps real. L'objectiu és poder fer un monitoratge del seu creixement, tenir un control de la seva alimentació i medicacions, conèixer el seu benestar i detectar malalties.

Mitjançant sensors i algorismes de visió per ordinador es poden identificar malalties. Per exemple amb els sensors de temperatura, permeten identificar de forma primerenca si un animal té febre i, per tant, ser un símptoma d'una malaltia o infecció. Aquest coneixement immediat pot permetre actuar ràpidament i fins i tot parar la propagació d'una malaltia. Amb eines de visió per ordinador es pot monitorar el comportament animal i identificar si l'animal pot tenir una malaltia o una lesió en funció d'uns paràmetres de moviment. El sistema pot enviar una alarma al propietari quan hi hagi la sospita possible d'afecció.

D'altra banda, també s'estan identificant relacions entre el comportament d'un animal i el seu benestar, que depèn de múltiples factors: alimentació, salut, estímuls, entorn, etc. Mitjançant algorismes d'IA es poden detectar signes d'estrès en els animals i els seus moviments, i es pot condicionar el seu comportament. Boalvet AI⁹ desenvolupa intel·ligència artificial en la cerca d'alternatives terapèutiques que redueixin l'ús de drogues sintètiques i, per tant, el seu impacte negatiu en els aliments de consum humà i el medi ambient.

Un ús eficient dels recursos alimentaris que s'ofereix als animals és de vital importància en el context d'actual crisi climàtica mundial. Les tècniques de visió artificial ofereixen l'oportunitat d'indagar en aspectes vinculats amb l'eficiència en l'ús de l'aliment, per una banda quant a la quantificació de la variació individual quant a activitat física dels animals, i també per ajudar a determinar en quin grau les interaccions físiques entre animals poden alterar l'ús eficient de l'aliment. Aquestes quantificacions estan donant lloc a nous fenotips

que es poden emprar tant per a la presa de decisions durant el maneig dels animals, de manera equivalent a com s'ha indicat abans quant al control de les malalties, com per enriquir els criteris de selecció genètica de les poblacions ramaderes, fent-les més eficients en l'ús dels recursos que se'ls ofereixen.

4.2.2. Optimització de l'alimentació dels animals

Les tecnologies de les dades i IA poden ajudar a controlar l'estat de les pastures, identificant la quantitat de nutrients que els ramats ingereixen. D'aquesta manera, en funció de l'animal (edat i creixement), de l'època de l'any i altres factors, es pot recomanar l'aportació de pinsos suplementaris per millorar l'alimentació. D'altra banda, les solucions basades en IA també permeten conèixer i recomanar la quantitat exacta de pinso necessari per a la correcta alimentació del bestiar, i relacionar-ho amb el seu emmagatzematge i compra, estalviant al propietari un control manual i optimitzat. El cas d'Agrofood Ecosystem[®] pilot farm de HKSCAN que ha desenvolupat un model per controlar explotacions d'aviram monitorant el seu comportament i creixement¹⁰.

4.2.3. Traçabilitat animal

Una altra de les aplicacions de la IA a la ramaderia és aquella que permet la possibilitat de recopilar dades de les diferents etapes i paràmetres dels animals: on ha estat, quins medicaments han pres i quines malalties han sofert, control de paràmetres com el pes, estat de salut, etc. Aquestes dades, gràcies a les tecnologies de les IoT i la sensòrica, es poden obtenir de forma automatitzada, facilitant les tasques dels grangers, evitant errors i permetent analitzar i extreure informació de les dades.

4.2.4. Localització i contenció d'animals

Els propietaris ramaders durant la pastura dels animals s'han d'enfrontar a diferents reptes que les tecnologies basades en dades poden donar suport: pèrdua i loca-

⁹ <https://substrate.ai/en/boalvet-ai-y-su-inteligencia-artificial-bio-inspired-revolucionaran-la-salud-en-las-ganaderias-lecheras/>

¹⁰ <https://www.hkscan.com/en/responsibility/agrofood-ecosystem/animal-welfare/kiiski-farm/>

lització d'animals, prevenció d'atacs de fauna salvatge, manteniment de les tanques, etc.

La geolocalització i monitoratge en ramaderia són eines que permeten una vigilància contínua de l'animal i de manera que permet reduir el temps d'acció en cas de situacions en què el benestar animal no està garantit, tals com pèrdua o accident. També facilita aquestes tasques als propietaris, un treball marcat per les llargues jornades. Actualment, hi ha solucions basades en la IoT que poden mostrar la localització i recorregut del bestiar. Aquestes tecnologies utilitzen tanques virtuals que delimiten les zones per les quals els ramats poden desplaçar-se amb seguretat i que activen avisos si aquests abandonen la demarcació. Inclou altres tipus d'alertes, com les referides al control de temperatura i la pèrdua, l'atac o el robatori de l'animal.

4.2.5. Predicció genòmica

Des de fa uns 10 anys, la consideració d'informació de marcadors genòmics en els sistemes d'avaluació genètica, tant en ramaderia com en agricultura, és una realitat. La consideració de la informació genòmica en els esquemes de selecció permet afinar les relacions de parentiu entre els individus, incrementar la precisió en la predicció del valor genètic i reduir l'interval generacional, accelerant d'aquesta manera el progrés genètic. Diferents tècniques d'IA, des de SVM fins a mètodes de deep learning, s'han proposat com a eines per abordar la predicció dels valors genètics i els futurs valors fenotípics de grups de candidats a la selecció en esquemes de selecció genòmica, així com per determinar conjunts de marcadors informatius i facilitar el disseny de xips de genotipat de baixa densitat que permeten avaluar molts més animals.



4.3. Oportunitats de la IA en el sector pesquer

4.3.1. Identificació i classificació d'espècies i mostres biològiques

En el sector pesquer les tecnologies de les dades i la IA permeten processar i analitzar mostres biològiques del mar, i també analitzar imatges i dades acústiques per identificar i poder classificar espècies. S'ha aplicat l'aprenentatge supervisat basat en dades de l'anàlisi d'imatges per inferir l'envelliment dels peixos^{11 12}. Aquesta informació s'aplica per avaluar les poblacions i models de distribució de les espècies en zones marines, diagnosticar l'impacte de l'home i, d'aquesta manera, poder rebre senyals d'alerta primerenca¹³.

4.3.2. Control de pesca

Les tecnologies d'IA poden ajudar en totes les tasques de vigilància i control del compliment de la normativa i millorar la selecció de l'activitat pesquera.

Han estat desenvolupades solucions que permeten detectar i registrar de forma automàtica imatges corresponents a diferents esdeveniments a bord, com ara els llançaments i recollida de xarxes. També detecta i identifica les captures de peixos per tal de facilitar i donar suport a la feina dels observadors que generen els informes, ja sigui classificant les captures per espècies i mides, o analitzant el comportament dels pescadors¹⁴. Les dades sobre la de-

tecció d'espècies capturades i les seves mides, així com els algorismes basats en sistemes d'IA per la predicció de l'evolució, poden ajudar a optimitzar la presa de decisions respecte a la normativa pesquera i seguiment de quotes específiques, adaptant-se a la manera com evolucionen les poblacions d'espècies de peixos.

La tecnologia també és capaç de comptar i localitzar les embarcacions de pesca, permetent un control continu del trànsit de vaixells en una zona protegida, per exemple com el cas de la badia de Palma¹⁵, facilitant l'ordenació de l'espai marítim.

4.3.3. Millora de l'eficiència energètica dels vaixells

Finalment, també els vaixells pesquers podrien millorar la seva eficiència energètica i reduir l'empremta de CO2 mitjançant l'ús de sistemes d'IA. Aplicant analítica de dades poden resoldre's casuístiques com: l'optimització de rutes de pesca basades en experiències prèvies o la prevenció de fallades mitjançant la monitoratge dels diferents sistemes dels vaixells, detectant anomalies en les dades dels seus sensors. D'aquesta manera permetria avançar-se a possibles avaries o, fins i tot, mals majors.



11 Fablet, R., & Le Josse, N. (2005). Automated fish age estimation from otolith images using statistical learning. *Fisheries Research*, 72(2-3), 279-290. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.10.00>

12 Bermejo, S., Monegal, B., & Cabestany, J. (2007). Fish age categorization from otolith images using multi-class support vector machines. *Fisheries research*, 84(2), 247-253. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.11.021>

13 Smoliński, S., Deplanque-Lasserre, J., Hjörleifsson, E., Geffen, A. J., Godiksen, J. A., & Campana, S. E. (2020). Century-long cod otolith biochronology reveals individual growth plasticity in response to temperature. *Scientific reports*, 10(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73652-6>

14 Stock, A., Haupt, A. J., Mach, M. E., & Micheli, F. (2018). Mapping ecological indicators of human impact with statistical and machine learning methods: Tests on the California coast. *Ecological Informatics*, 48, 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.07.007>

15 REDESTELECOM, 2018. Satlink y DOS añaden Inteligencia Artificial para optimizar la actividad pesquera <https://www.redestelecom.es/mercado/noticias/1107821032603/satlink-y-dos-anaden-inteligencia-artificial-optimizar-actividad-pesquera.1.html>

4.4. Oportunitats de la IA en el sector de transformació industrial agroalimentari

Les tecnologies de la indústria 4.0, entre les quals s'inclou l'anàlisi de dades i la IA, ha aportat nombrosos avantatges als processos de producció de les fàbriques. Alguns exemples són l'automatització i robotització de processos de fabricació, la integració de la informació i anàlisi per la presa de decisions, l'automatització d'indicadors, la planificació de la producció, el manteniment predictiu de les màquines, els controls de qualitat, etc. En el cas concret de la indústria transformadora es destaca:

4.4.1. Optimització de la producció

L'optimització dels processos de producció alimentaris poden inspirar-se en l'indicador OEE dels processos de fabricació industrial. Aquest indicador parla de com és d'eficient una màquina, però és extrapolable a línies de producció o a plantes senceres amb certa facilitat. La part més important és definir què vol tractar:

1. **Productivitat:** Estem produint a la velocitat màxima que podem? Alguns cops no serà necessari perquè en ritmes més baixos en tenim prou, però i si no és el cas? Fins on podem arribar sense patir problemes que afectaran els següents conceptes?
2. **Qualitat:** Produir implica complir amb uns paràmetres de qualitat. En alguns casos, incrementar el ritme de producció deriva en una minva d'aquesta. En aquest punt no només cal considerar la minva en línia de producció, sinó també els costos associats de la no qualitat: imatge de marca, costos de retorn de comandes senceres per part de clients, etc.
3. **Disponibilitat:** Aquest concepte està vinculat a la disponibilitat de les línies de producció. En alguns casos l'ús intensiu de la maquinària pot reduir la vida útil dels diferents sistemes i, per tant, acabar en avaries o talls de producció.

L'OEE, doncs, permet buscar un equilibri on hi hagi un ritme de producció per complir amb la planificació, al mateix temps mantenir la qualitat i tenir cura dels sistemes. Un quart concepte que es pot incloure en aquestes fórmules, que es podria resoldre amb optimització multi-criteri o sistemes de control autònom òptim, és el de l'impacte ambiental. Un factor que també condicionaria els paràmetres del procés.

4.4.2. Classificació i inspecció d'aliments

La consolidació dels algorismes d'aprenentatge profund han permès impulsar exponencialment les aplicacions en l'àmbit de l'anàlisi d'imatges. Una de les aplicacions més habituals d'IA a la indústria transformadora és la classificació i inspecció tant d'ingredients com de productes finals.

La classificació d'aliments és un procés laboriós que consumeix molt temps, alenteix la línia de producció i requereix l'ocupació de molts membres del personal. Això és especialment més acusat quan es tracta de la classificació de productes frescos, els quals requereixen persones responsables d'eliminar totes les unitats que no compleixen l'estàndard requerit per a la venda.

La quantitat de temps i recursos humans necessaris per completar aquesta activitat crucial es poden reduir considerablement amb l'ajuda d'IA. Les càmeres i els làsers s'utilitzen per avaluar la forma, el color i la integritat estructural de cada element, identificant automàticament els que s'han de filtrar. A més, quan s'incorpora la tecnologia d'aprenentatge automàtic, aquests sistemes milloren de manera contínua i automàtica la seva precisió, ajudant a reduir el malbaratament de productes acceptables. D'aquesta manera la IA ajuda a establir estàndards i especificacions (conèixer els límits dels quals els productes passen un control de qualitat) i ajuden a determinar les causes si el producte no compleix les especificacions mínimes.

4.4.3. Predicció de demanda i perfilat d'usuaris

Una altra possible aplicació és la predicció del cicle de vendes. Amb algorismes basats en IA que aprenguin de diversos factors, tals com les promocions de productes, xarxes socials, demanda dels consumidors, època de l'any, tendències de mercat i especialment dades històriques es podrien establir cicles de vendes durant un període de temps concret. Addicionalment, es pot perfilar els usuaris, amb característiques com la seva cistella de la compra, freqüència de compra, demanda específica de productes. Una informació que sumaria en la precisió d'aquestes prediccions de cicle.

La IA també permet conèixer els gustos i preferències dels clients analitzant les emocions associades als productes mitjançant la seva interacció a les xarxes socials.

La IA categoritza les seves respostes en respostes positives, negatives o neutrals, i amb aquesta informació es desenvolupen campanyes de màrqueting més precises.

D'altra banda, la predicció de la demanda es pot traslladar aigües amunt en la cadena de producció, de manera que permeti gestionar de manera més eficient els inventaris, estoc i la cadena de subministrament, planificant més correctament les compres i reduint el malbaratament.

4.4.4. Personalització i desenvolupament de nous productes amb la informació de tendències de consum

Tots els fabricants d'aliments saben que han d'estar constantment a la recerca de noves maneres d'actualitzar les seves línies de productes per mantenir-se rellevants i aprofitar noves fonts d'ingressos. Si bé això tradicionalment ha pres la forma d'enquestes i s'ha adaptat a les tendències emergents, la IA ofereix a les empreses l'oportunitat de predir les preferències dels seus clients.

A través de l'anàlisi de grans quantitats de dades sobre els patrons de vendes i les preferències de sabor per a cada grup demogràfic, els fabricants ara poden modelar les tendències futures i desenvolupar nous productes per aprofitar-les més ràpidament. La IA també s'està utilitzant per oferir als consumidors un major grau de personalització en els productes que compren. Aquest avenç no només identifica quines poden ser les combinacions de sabors més populars, sinó que fa que el procés de desenvolupament del producte sigui més curt i menys costós, ajudant les empreses a introduir els seus nous productes al mercat més eficientment.

4.4.5. Seguretat alimentària a fàbrica i millora en l'eficiència de neteja

Les infraccions de seguretat alimentària poden ser increïblement costoses per als fabricants d'aliments, tant pel que fa a les sancions econòmiques, com al dany a la reputació associat a una mala salut i seguretat. La IA en la fabricació d'aliments està reduint el risc d'aquestes infraccions de diverses maneres.

Com més parts del procés de producció d'aliments puguin ser tractades pels robots, menys probable és que els productes es contaminin amb patògens. Els robots no només poden ser més ràpids i eficients que els treballadors humans, sinó que també poden ser completament estèrils. Per a tasques més complexes es requereix la IA per permetre que aquests robots duguin a terme físicament les seves funcions i responguin als canvis de manera similar a com ho faria un humà.

La IA també es pot utilitzar per augmentar els estàndards d'higiene dels treballadors d'una fàbrica. S'estan emprant tecnologies de reconeixement facial i d'objectes per controlar si se segueixen els protocols d'higiene. Per exemple, en els casos en què es descuidessin les pràctiques de producció correctes o no s'usessin elements d'EPI, aquests sistemes habilitats per IA els detectarien, fet que permet a les empreses mantenir un control més estricte sobre la higiene in situ. Un exemple és el projecte AINIA¹⁶ el qual investiga sobre la identificació de restes microbiològiques a les plantes de producció d'aliments.

Finalment, tots els equips i maquinària implicats en la producció d'aliments s'han de netejar seguint uns estàndards molt rigorosos. Això no és només per evitar la contaminació dels aliments amb patògens, sinó també per evitar la contaminació creuada d'al·lèrgens. Malauradament, això té un elevat cost, tant en temps com en diners.

La IA permet analitzar les dades d'imatges realitzades amb fluorescència òptica i detecció d'ultrasons per escanejar les restes d'aliments que queden a la maquinària després del seu ús. Això permet un procés de neteja més optimitzat, on la quantitat d'aigua necessària es redueix en un 20-40% i el temps de neteja es redueix en un 50%, ja que evita desmuntar l'equip en aquelles ocasions que no és indispensable.

Però no només, sinó que permet també detectar traces de cabells, partícules no comestibles, plàstics o fongs en el propi producte alimentari produït i evitar que aquestes peces contaminades surtin al mercat i puguin arribar al consumidor. Tenim a Catalunya indústria que desenvolupa tecnologia amb infrarojos i ultrasons per fer el control de qualitat en cadenes de producció de pizza industrial per exemple, o per detectar grans danyats de cereals que no s'hagin d'incloure en el procés d'elaboració d'aliments.

¹⁶ AINIA, 2018. Inteligencia Artificial para la identificación de riesgos microbiológicos en plantas de producción de alimentos <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/machine-learning/prediccion-microbiologica-alimentos/>.

4.5. Oportunitats de la IA a la cadena de valor

4.5.1. Traçabilitat i frau alimentari

Cada vegada el consumidor demana més transparència i més informació sobre els productes que consumeix. Aquesta major exigència abasta l'origen del producte, però també el procés d'elaboració i el seu camí fins al consumidor final.

Les tecnologies de les dades i IA permeten fer un seguiment precís de l'estat dels productes al llarg de la seva cadena de valor, des de l'entrada d'aliments, la seva producció, el processament i el subministrament final. A través de diferents sensors es pot monitorar de manera precisa l'estat dels aliments en funció de paràmetres físics i químics. Al mateix temps, les tecnologies de blockchain permeten traçar la procedència dels aliments, informant de les diferents matèries primeres i registrant els diferents agents pels quals van passant el producte alimentari.

4.5.2. Optimització de la cadena de valor i predicció de preus

Les tècniques de predicció de demanda es poden ampliar a tota la cadena de valor. Recollint informació des del consumidor final per tal de tenir una previsió de les demandes de compra cap als distribuïdors i fabricants de producte alimentari, i aquests cap als proveïdors de matèria primera. La previsió de compra per part de les distribucions finals és important a la primera corona, ja que els cicles de temps per produir els aliments (per exemple, la indústria càrnia) són llargs.

Ser capaç de gestionar tota la cadena de valor d'una manera eficaç és una de les principals prioritats del sector agroalimentari. La seva cadena és complexa i fragmentada, però amb una correcta gestió de dades i IA es pot permetre obtenir una millor visió general, evitar malbarataments i costos innecessaris i millorar la seva capacitat d'augmentar els ingressos. Un dels casos particulars de l'optimització de la cadena de valor és la predicció de preus en funció de les dades històriques¹⁷.

¹⁷ Pramod K. Mishra, 2021. Predicting Agri-Food Prices with Time-Series and Data-Mining based Methods. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9432090>

4.5.3. Logística de distribució

Les tecnologies basades en la IA ja fa temps que desenvolupen solucions al camp de la logística de distribució en general donant informació de les rutes optimitzades dels vehicles, assignació de conductors, finestres horàries, recomanacions en temps real davant d'imprevistos, logística de darrera milla, etc¹⁸.

En el cas del sector agroalimentari les solucions de IA també permeten millorar la distribució dels productes alimentaris, que tenen la particularitat respecte a altres tipus de distribució, que molts dels productes són aliments peribles, i, per tant, és fonamental la monitoratge de diferents aspectes per garantir la qualitat i seguretat alimentària. Monitorar l'estat dels productes frescos, valorar si hi ha degradació, detectar anomalies en al transport són aspectes que les solucions basades en IA poden aportar. El projecte ALIMENTE21, explicat en els casos d'èxit, aborda com s'aplicaran aquestes tecnologies als camps de gestió logística integral, millores en la disponibilitat dels elements de producció i augment de la seguretat alimentària.



¹⁸ EURECAT, 2020. Llibre blanc sobre la Intel·ligència Artificial aplicada a la mobilitat <https://storage.cdn.eurecat.org/CIDAI/WhitePapers/WP-Mobilitat-IA.pdf>

Anàlisi de la IA en el sector Agroalimentari a Catalunya



Per fer aquesta anàlisi es parteix d'una revisió sobre l'ecosistema global de la IA a Catalunya identificant-ne a continuació les principals fortaleeses. A continuació es mostra un conjunt d'iniciatives i projectes basats en tecnologies de dades i IA al sector d'agroalimentació desenvolupats a Catalunya.

En aquest apartat també s'avaluen les principals barreres que dificulten una major adopció de la IA en el sector i finalment es proposa un conjunt de recomanacions per superar les dificultats d'adopció. Aquests darrers punts, la identificació de barreres i la proposta de recomanacions, han estat especialment treballats amb els participants del Think Tank, mitjançant les entrevistes individuals i les sessions de discussió conjuntes

5.1. La IA a Catalunya

L'informe La intel·ligència artificial a Catalunya¹ identifica l'ecosistema de companyies, universitats, centres de recerca i innovació i institucions que conformen el sector de la IA a Catalunya (dades de 2019). Segons l'estudi, un total de 179 empreses, la majoria de les quals són PIMES i start-ups (63%), desenvolupen la seva activitat al voltant de les tecnologies d'IA, amb una facturació de 1.336 milions d'euros anuals i ocupen un total de 8.483 professionals².

La Figura 3 i la Taula 1 presenten un breu mapeig i quantificació de les empreses catalanes en l'àmbit de la IA al llarg del segment de la cadena de valor:

Taula 1. Xifres rellevants de l'ecosistema de la IA a Catalunya.

Segment cadena valor	Nombre d'empreses	Facturació dedicada a IA	Nombre de treballadors
Desenvolupadores d'algorismes	19	492,3 M€	2.628
Consultories	19	432,6 M€	3.571
Desenvolupadores de software	134	400,9 M€	2.268
Proveïdors de serveis	7	2,3 M€	96
Total	179	1.358 M€	8.483

A part de les empreses del sector, a Catalunya hi destaca l'ecosistema de coneixement, generació de talent i el desenvolupament tecnològic amb les universitats, els centres tecnològics i de recerca, i la comunitat científica. A més a més, la fortaleesa del sector TIC català, amb un ecosistema digital d'emprenedoria, capacitat d'atracció d'inversions en tecnologia i generació d'un sector emergent de la intel·ligència artificial fan del país un pol d'innovació digital capdavanter a nivell d'Europa.

Figura 3. Visió esquemàtica de l'ecosistema de la IA a Catalunya



¹ ACCIO i Secretaria de Polítiques Digitals, 2019. La intel·ligència Artificial a Catalunya.

² ACCIO i Secretaria de Polítiques Digitals, 2019. Informe L'estratègia d'intel·ligència artificial a Catalunya.

5.2. Fortaleses i acceleradors a Catalunya

El sector agroalimentari té un gran potencial a Catalunya. Segons la píndola del sector Agroalimentari a Catalunya, és un sector referent a Catalunya amb un gran impacte econòmic i una ubicació atractiva i líder per la IED (Inversió Estrangera Directa) a l'Europa Occidental, essent la cinquena regió en nombre de projectes. Disposa d'una xarxa logística de primer nivell, que dona servei a 400 milions de consumidors a Europa i el Mediterrani i Àfrica. Compta amb dos ports: el port de Barcelona i el port de Tarragona que mantenen un lideratge en el moviment de productes agroalimentaris.

Hi ha certs factors que propicien l'auge de les tecnologies basades en la IA a Catalunya com a tecnologia amb potencial i aposta de futur en el sector de l'agroalimentació. Es destaca la inclusió de la IA en l'ecosistema de les agendes compartides que té en consideració el sector agroalimentari³. Alguns dels principals factors són:

Consolidat sistema de coneixement

Universitats: Les activitats de formació al voltant de la IA en són un motor crucial per al seu desenvolupament. Catalunya disposa d'un ecosistema ric en universitats de referència. Per exemple, ja des del 2005 la UPC va establir el primer i fins el moment únic Màster oficial en Intel·ligència Artificial de Catalunya, implementat des de la seva creació en coordinació amb la Universitat de Barcelona (UB) i la Universitat Rovira i Virgili (URV) de Tarragona, on més del 50% dels estudiants matriculats al màster són internacionals. La UAB per la seva part, coordina el Màster oficial en Visió per Computador, implementat en col·laboració amb la UOC, la UPC i la UPF, i on el Centre de Visió per Computador (CVC) juga un paper molt important.

³ Vilariño, Fernando, 2021. La intel·ligència artificial en l'ecosistema de les agendes compartides <https://ddd.uab.cat/record/250716>

Sistema de recerca de Catalunya



Ahora, la UAB (amb la participació del Centre de Visió per Computador (CVC) i l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC)) i la UPC han posat en marxa el curs 2021-22 els dos primers graus universitaris en intel·ligència artificial (IA) de Catalunya. La UPC es converteix, per tant, en la primera universitat espanyola que oferirà grau, màster i doctorat en aquesta especialitat científica. Altres universitats catalanes també estan fent una forta aposta per la incorporació de la IA en el seu currículum educatiu, com els màsters d'investigació de la UPF enfocats a tecnologies relacionades com visió per computadors, sistemes intel·ligents interactius, etc. A més a més, de la incorporació d'assignatures d'intel·ligència artificial per la ciència de les dades de màsters de data science i altres cursos de curta durada (La Salle-URL, etc).

Centres tecnològics i de recerca: Catalunya disposa d'un model de recerca d'excel·lència. En IA destaca el Centre de Visió per Computador (CVC), l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (IRI), l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC), el Barcelona Super Computing Center (BSC), el Centre de Tecnologies i Aplicacions del Llenguatge i la Parla (TALP) i el Centre de Recerca en Ciència de Dades Intel·ligent i Intel·ligència Artificial (IDEAI). Disposa també de centres tecnològics i de recerca enfocats a la innovació i la transferència com Eurecat, i2CAT, l'Institut de Recerca, Tecnologia Agroalimentària (IRTA) i UMA-Grup (UPC Agrotech).

L'any 2002 es va crear el Grup de Recerca en Agròtica i Agricultura de Precisió (GRAP) aglutinant investigadors de dos organismes: la Universitat de Lleida (UdL) i el Centre de Mecanització Agrària (CMA) del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya. Porten més de 20 anys treballant conjuntament i constitueixen un dels grups

de referència en Tecnologies per a l'Aplicació de Productes Fitosanitaris i en Agricultura i Ramaderia de Precisió a nivell de l'Estat Espanyol i internacional, amb diverses patents i models d'utilitat en aquest àmbit. El grup també és pioner en el disseny d'equips robotitzats i intel·ligents per a la Ramaderia de Precisió. A principis de 2014, el grup s'integra al centre de recerca Agrotecnio, de la institució CERCA.

Talent professional: Catalunya, i en especial Barcelona, és un bon pol d'atracció i demanda de talent (per factors com qualitat de vida, ecosistema actiu i altres aspectes). El Digital Talent Overview report 2019 declara la IA com al sector emergent amb més demanda de la ciutat de Barcelona amb una falta prevista de 14.200 professionals en TIC a Barcelona, la majoria en el camp de la IA.

Lideratge d'iniciatives

Iniciatives de la comunitat científica: La declaració de Barcelona sobre la IA (2017), liderada per la comunitat científica catalana de la IA, també és una iniciativa pionera a Europa en debat ètic, jurídic, socioeconòmic i cultural sobre els usos futurs d'una IA segura i confiable. Els científics en IA catalans són molt actius en múltiples iniciatives sobre l'ètica en la IA, inclòs el desenvolupament de directrius ètiques de la Comissió Europea per a la IA.

Iniciatives del sector públic/govern: Les administracions públiques tenen voluntat de donar impuls a iniciatives d'IA. La Generalitat de Catalunya, assessorada per un equip d'experts, va publicar el seu pla estratègic en IA i el va posar a disposició del públic el juliol de 2019 (CATALONIA.AI).

El BIOLAB PONENT és un Living Lab d'innovació oberta rural. Té com a objectiu facilitar la innovació i la co-creació, el co-desenvolupament i la prova de models de bioempresa locals capaços de materialitzar la transició sistèmica cap a la bioeconomia circular, com a model de desenvolupament sostenible de les zones rurals. La iniciativa és un enfocament pilot de baix a dalt basat en la conscienciació i la innovació oberta.

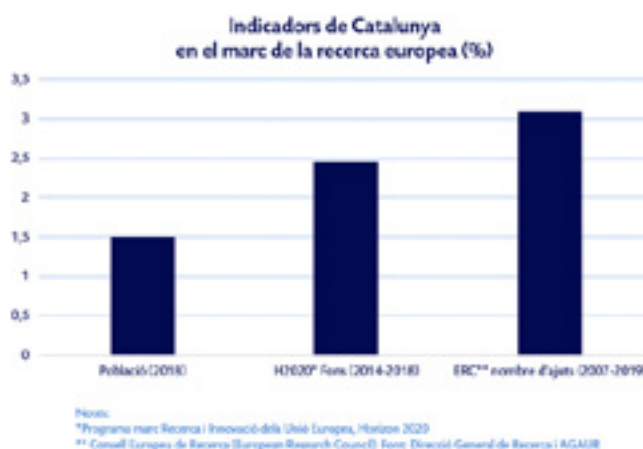
Iniciatives d'àmbit europeu: A nivell europeu a través de les universitats, centres tecnològics i de recerca es participa a nombrosos projectes europeus. Es destaca el projecte Inno4agro⁴ que té

l'objectiu de crear un ecosistema d'innovació que permeti el reconeixement del territori i el desenvolupament d'un sistema productiu capdavanter amb la complicitat del ciutadà en la recerca d'un sistema agroalimentari sostenible i saludable.

Pol d'innovació

Bons indicadors en el marc de la recerca europea: Entre el 2014 i 2018 Catalunya ha rebut 1.070 milions d'euros del programa Horizon2020. Això equival al 2,4% dels fons H2020, per sobre de la població de Catalunya en el total de la Unió Europea (1,5%). Entre el 2007 i el 2019 Catalunya ha rebut un 3,2% dels fons europeus de recerca (ERC)⁵. Aquests fons estan destinats a recerca capdavantera i basats en l'excel·lència científica.

Encara, en el marc europeu, i segons s'acredita a l'estudi Anàlisi de l'especialització en intel·ligència artificial⁶, el 8,4% dels projectes H2020 amb participació catalana versaven sobre IA (la mitjana europea és 6,6%) ocupant la 3a posició en nombre de projectes (228) i la 4a posició en finançament atorgat (130 milions d'euros).



Fort teixit empresarial

Indústria, startups i emprenedoria tecnològica: el sector agroalimentari compta amb 74.975 empreses (de les quals 61.781 empreses de la primera i segona corona), i 148 startups en el sector Agri-

⁵ Programa marc de Recerca i Innovació de la Unió Europea, Horizon 2020. Direcció General de Recerca i AGAUR. Consell Europeu de Recerca (European Research Council).

⁶ Col·lecció "Monitoratge de la Ris3CAT", número 13, 2021. Anàlisi de l'especialització en intel·ligència artificial

⁴ <https://www.inno4agro.cat/>

tech i foodtech. A Catalunya hi ha el centre logístic d'empreses internacionals com LIDL o Carrefour i compta amb nombrosos operadors logístics del sector d'alimentació i begudes.

Barcelona s'ha posicionat⁷ com segon hub de la UE preferit pels fundadors d'empreses emergents i és el 4t hub en inversió. També s'han atret acceleradors d'empreses emergents i *venture builders* i de capital de risc que ofereixen una oportunitat única per desenvolupar nous negocis al voltant de la majoria de tecnologies disruptives. El 36% de les empreses emergents tenen intel·ligència artificial i el Big Data com a principal tecnologia. Destaquen organitzacions vinculades a l'emprenedoria tecnològica com el Barcelona tech city.

Fort teixit associatiu

Catalunya destaca per la forta incidència associativa fins i tot en àmbit d'IA. Es constitueix formalment l'any 1994 l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial (ACIA). Avui, l'ACIA reuneix la major part de la comunitat científica catalana d'IA, així com antics alumnes, professionals del sector i alguns associats institucionals. Tot i ser l'associació d'un petit territori, l'ACIA és, des de l'any 1995, un capítol de l'Associació Europea d'Intel·ligència Artificial (EurAI) i organitza una conferència anual internacional des de l'any 1998. Per altra banda, Catalunya disposa del Col·legi Oficial d'Enginyeria Informàtica de Catalunya, el COEINF, creat pel Parlament de Catalunya l'any 2001 amb la missió de vetllar per la professió d'enginyeria informàtica. Aquesta organització professional és un suport fonamental per a la intel·ligència artificial a Catalunya. Des de l'any 2016, el COEINF inclou una posició específica en el seu equip directiu dedicada a la IA: el vicedeganat de Big Data, Ciència de les Dades i Intel·ligència Artificial. Aquesta posició promou el desenvolupament fructífer del sector empresarial en aquests camps, inclosa la necessitat de reduir l'escletxa de gènere en el sector, amb una comissió dedicada a aquest tema: donesCOEINF. La breixa de gènere també es va convertir en objecte de consideració per a l'ACIA i el 8 de març de l'any 2019 aquesta va fundar un grup de treball de dones en IA a Catalunya anomenat donesIAcat.

En el camp de l'agroalimentació es compta amb nombrosos clústers i associacions: Clúster nutri-

ció i salut, Clúster gourmet de Catalunya, FEMAC (Clúster de la maquinària i els medis de producció agrícola de Catalunya), INNOVAC (Clúster carni porcí català), INNOVI (Clúster vinícola de Catalunya), Clúster Packaging, Clúster Foodservice, Clúster Acuiplus i Mercabarna-Clúster de l'alimentació de Barcelona. També es compta amb l'Associació Catalana de Ciències dels aliments, Associació Catalana de fabricants d'aliments compostos, Consell d'empreses distribuïdores d'alimentació a Catalunya i Associació de fabricants i comercialitzadors d'additius i components alimentaris.

Disposició d'infraestructures adequades

Infraestructures de transport destacables i obertes a nivell global com són el port o l'aeroport de Barcelona. Hubs industrials com la zona franca i els parcs automobilístics. Infraestructures tècniques d'alt nivell com el Supercomputador d'Espanya, el MareNostrum, instal·lat a Barcelona l'any 2005, al Centre Nacional de Supercomputació (BSC-CNS), una referència internacional crucial per al processament de dades massives, o el Centre de Visió per Computador (CVC), que disposa de més de 200 unitat de processament gràfic (GPU) connectades en xarxa, el que el converteix en un dels centres amb major nombre de GPUs treballant simultàniament del món. Quant a altres infraestructures, Barcelona ha creat recentment el Labs.5G Barcelona, en connexió amb la Mobile World Capital, per donar suport a la innovació en tecnologia 5G.

Seu de grans esdeveniments

Barcelona és seu d'alguns dels esdeveniments de més renom internacional en l'àmbit de la tecnologia i la digitalització de l'economia. Des del 2011 Barcelona és la Mobile World Capital, i ja és una ciutat de referència en la tecnologia mòbil. A més Catalunya és seu d'esdeveniments destacables a nivell internacional com: Mobile World Congress (MWC), Smart City Expo World Congress, Smart Mobility World Congress, Advanced Factories. AI & Big Data Congres o l'IoT Solutions World Congress. També és capital de nombrosos congressos especialitzats: Fira Internacional d'alimentació i begudes, FoodTech -Saló Internacional de maquinària, tecnologia, processos i ingredients-, Hispack -Saló Inter-

⁷ <https://startupshub.catalonia.com/list-of-startups>

nacional del Packaging-, Forum Gastronòmic Barcelona-Girona, Biocultura -Fira de productes ecològics i consum responsable-, Seafood Expo Global, Hostelco -Exposició internacional de restauració, Hotel i equipament comunitari, Free Fom Food Expo -Fira d'aliments i ingredients per a persones al·lèrgiques-, Fira de l'Oli i Datagri que versa sobre la transformació digital del sector agroalimentari.

Creixement de tecnologies facilitadores

La ràpida evolució i accés per a empreses i organismes catalans en els darrers anys de tecnologies el núvol, 5G, tecnologies de processament de dades com Big Data, tecnologies de captació de dades com sensòrica avançada i IoT, etc. contribueixen a ampliar el rang d'aplicació de la IA. Destaquen tecnologies acceleradores com:

- Sensorització: Comunicació màquina a màquina / infraestructures per a la comunicació.
- Informació en temps real i anàlisi de dades. Interès en apostar per iniciatives que seran clau pel sector de l'agroalimentació
- Creixement de la robòtica: creixent acceptació de màquines autònomes cognitives.
- 5G i compartició de dades: Infraestructures intel·ligents i serveis compartits convergits.

5.2.1. Algunes iniciatives d'IA i Agroalimentació a Catalunya

Per tal d'il·lustrar amb exemples reals l'aplicació de solucions basades en IA en el camp de l'agroalimentació s'identifiquen a la Taula 2 diversos projectes i casos d'ús desenvolupats a Catalunya. Consisteix en una selecció de 25 iniciatives considerades rellevants i inspiradores per a l'ecosistema de l'agroalimentació català que han estat impulsades o compten amb una important participació d'integrants d'aquest ecosistema: petites i grans empreses, empreses emergents, administració pública, centres de recerca, tecnològics i universitats. A la vegada, adrecen els principals reptes identificats a l'inici del document.

La taula conté el llistat d'aquestes 26 iniciatives el contingut detallat de les quals es troba ampliat i detallat a l'ANNEX II, on per a projecte, s'ha definit i) el repte que es vol solucionar, ii) en què consisteix la innovació proposada, iii) el perfil tecnològic i com s'aplica la IA, iv) l'agent o agents impulsor i finalment v) quines implicacions i quin valor genera el projecte pel sector de l'agroalimentació i quin és el potencial de creixement o estratègia pels pròxims anys dels executors del projecte.





OPORTUNITATS A LA PRIMERA CORONA I CADENA DE VALOR	CASOS IL·LUSTRATIUS
SECTOR PRIMARI: Agricultura	1. SW gestió automatització en empreses d'Agricultura Vertical. (ENKITEK) 2. Automatització de la Construcció de Sistemes Intel·ligents de Supervisió i Control de Depuradores (IDEAI-UPC) 3. PAgFRUIT té com a objectiu desenvolupar eines per a millorar el maneig de les plantacions fruiteres fent que sigui més eficient i sostenible. (UdL/Agrotecnio) 4. Classificació de sistemes de reg mitjançant series temporals. (ACCWA i ALTOS IRTA) 5. VIDVOLT4.0: Implementació de la intel·ligència artificial en parcel·les vitícoles agrovoltaiques 6. Sistema de Suport a la Decisió de cinc Serveis Intel·ligents (SI) per als viticultors (VITIGEOSSs EURECAT) 7. Estimació de la qualitat i del volum de la collita de raïm en vinyes. IDEAI-UPC 8. VIDVOLT4.0: Implementació de la intel·ligència artificial en parcel·les vitícoles agrovoltaiques
SECTOR PRIMARI: Pesca	1. Predicció de proliferacions de fitoplàncton tòxic i nociu SeafoodTomorrow (IRTA)
SECTOR PRIMARI: Ramaderia	1. Geolocalització i control del bestiar que pastura. (ATLANTIS IT) 2. Recol·lecció automàtica de característiques de selecció porcina i cunícola, perquè informin, de manera complementària el creixement i els registres de consum, sobre l'eficiència amb què cada animal, de manera individual, fa ús del pinso que se li ofereix (IRTA) 3. Anàlisi avançada per optimitzar i donar suport a la decisió en el flux de substitució d'animals en les granges de producció de porcs. (OPP, EURECAT) 4. Smart Farming. Ajudar en el control i millora en el creixement dels porcs. (CVC)
INDUSTRIA TRANSFORMADORA	1. Determinació del grau d'assecatge del pernil. (bonÀrea) 2. Automatització dels processos de classificació de safates de carn mitjançant deep learning. (BCN VISION) 3. Digitalització de la indústria d'elaborats carnis. (IRTA) 4. Intel·ligència artificial aplicada a la valoració objectiva de la qualitat dels cereals. IRIS Technology Solutions 5. Intel·ligència artificial aplicada a la classificació de productes d'acord amb la seva qualitat morfològica. IRIS Technology Solutions 6. Automatització de l'encaixat. (Hochland Española SA) 7. Visió per computador pel control de qualitat en la producció de vi. (Codorniu, ALIMENTA21, EURECAT) 8. Bessons Digitals i optimització de processos per la reducció dels consums energètic e hídric ALDELIS EURECAT 9. Seqüenciació òptima dels processos productius. EURECAT
CADENA DE VALOR	1. AGRICOOP BIGDATA: Processament intel·ligent de dades d'utilitat en els processos productius de les cooperatives (Federació de Cooperatives Agràries de Catalunya) 2. Plataforma traçabilitat alimentària blockchain. (VOTTUN) 3. Implementar un model de 4-helix, basat en reptes, per la injecció d'IA en el sector Agro. (AI LAB BIOLAB PONENT) 4. LOGISITCS AI . Aplicació de solucions avançades per ajudar a enfrontar reptes de logística en el sector agroalimentari. (ATLANTIS)

5.3. Barreres per l'adopció de la IA en l'agroalimentació a Catalunya

Catalunya compta amb molt bons actius per ser diferencial en l'aplicació de la IA al sector de l'agroalimentació. A la vegada, però, també afronta un seguit de barreres que en dificulten la seva adopció.

Un dels aspectes que s'ha treballat amb més detall entre els participants i col·laboradors, tant en les entrevistes com en el Think Tank, o Laboratori d'Idees, ha estat la identificació de les barreres o limitacions que dificulten una àmplia adopció de la IA per part de l'ecosistema de l'agroalimentació a Catalunya.

Fruit de les discussions en el marc d'aquest Laboratori d'Idees, cal destacar que aquestes barreres no són només tècniques i degudes a la manca de maduresa de la tecnologia en algunes aplicacions. Entre les detectades, la majoria són causades per factors no tecnològics com, per exemple, el desconeixement i desconfiança envers les possibilitats de les tecnologies de les dades i la IA, cicles molt llargs per a la validació de les dades, les nombroses variables en el sector de l'agricultura, limitacions per disposar de totes les dades de la cadena de valor, etc. Així, les principals dificultats per a l'adopció de la IA són les següents:

- Falta una [estratègia en IA en les organitzacions](#) donat que, principalment, hi ha una gran manca de [coneixement dels beneficis](#) que poden aportar les solucions basades en les dades i la IA, no es percep el ROI (rendibilitat de la inversió) de forma immediata. Específicament en el cas de la IA, hi ha una [manca de confiança en els models](#), en l'efecte caixa negra, en què no s'explica de manera transparent i clara el resultat dels algorismes. Tot i que hi hagi casos en què s'han desenvolupat pilots a les empreses, es destaca una gran dificultat per [escalar industrialment els projectes](#).
- El desconeixement envers la tecnologia també genera [desconfiança](#) a l'hora d'invertir en desenvolupament tecnològic. La base per plantejar solucions d'IA és conèixer els problemes reals del client. Els proveïdors tecnològics han d'estar completament alineats amb la demanda, per tant, és necessari que els agents del sector estiguin informats sobre els beneficis de la IA per poder demandar solucions tecnològiques.

- Es tracta d'un sector arrelat als costums, un fet que suposa una major dificultat de penetració de noves tecnologies. Això causa [reticències a l'hora de canviar la manera de treballar](#) i que la tecnologia pugui controlar part del procés. Aquesta barrera està molt vinculada també a l'anterior. Es requereix una feina informativa, tant dels beneficis de tecnologies, com de la percepció del fet que es forma part d'una cadena de valor.
- [Manca de disponibilitat de dades de qualitat](#). Abans de poder parlar de solucions i basades en la IA es necessita una base sòlida d'una gran quantitat de dades de qualitat. La informació que es disposa és molt poc uniforme entre els diferents agents del sector. Tecnològicament, encara hi ha una manca de sistemes adequats per la captura, recol·lecció i extracció de dades de valor, ja que encara hi ha molts processos manuals en el sector primari. També es tracta d'un entorn amb moltes dades que no són repetitives, i, per tant, és difícil detectar quines són les dades de valor que cal registrar per obtenir-ne patrons. Les dades de satèl·lit podrien aportar molta informació, però avui dia és costós emmagatzemar-les i caldria identificar encara quines són les dades que poden ser beneficioses de registrar i analitzar.
- Dificultat per la [compartició i reutilització de dades a l'ecosistema](#) per obtenir solucions IA. Es fa necessari que les [dades es comparteixin](#), tant entre actors del mateix subsector com entre tota la cadena de valor. El fi d'aquesta compartició és l'acceleració de la tecnologia a través d'una gestió més adequada. Aquesta barrera tindria la vessant tecnològica i el vessant social:
 - D'una banda, hi ha una dificultat en la connexió i integració de dades procedents de plataformes i fonts d'informació diferents. És a dir, en la seva [interoperabilitat](#). Mancaria l'existència d'un model de [governança de dades](#) que facilités l'estandardització de la compartició de dades, definint l'accés, la propietat i la privacitat de les dades.
 - D'altra banda, també es detecta una certa [reticència a la compartició de dades](#), o a la col·laboració entre els diferents actors de la cadena de valor. Cal sensibilitzar als actors implicats per poder aconseguir uns resultats beneficiosos per tots. Existeixen reticències a perdre avantatge competitiu aportant informació sense aconseguir un retorn amb valor real a canvi. Aquesta certa [manca de confiança](#) en el sector pot venir causada per l'elevada competència.

- Existeix una **manca de disponibilitat de talent de tecnologia de dades** i de les noves tecnologies aplicades al sector. Es detecta la falta de coneixement multidisciplinari en les organitzacions. La formació en agricultura de precisió és relativament nova i els conceptes i coneixement encara no ha arribat a les posicions de presa de decisions de les empreses. De manera contrària, encara no s'ha adaptat la formació al sector de manera específica.
- Els **cicles de validació dels models de dades són molt llargs**, amb **multitud de paràmetres** a tenir en compte. Especialment, a l'inici de la cadena de valor. Es fa més senzill validar models del canal retail (col·locar uns productes a un lloc del supermercat, predir demanda, etc.) que validar-los en el sector primari on els cicles poden abraçar diversos anys. Un exemple clar és el cas de les fruites i arbres fruiters. L'entorn de treball **és molt variable**, sovint en entorns naturals sense condicions controlades. Això dificulta la creació de solucions generals i amb **molts paràmetres** a tenir en compte (condicions climàtiques, d'estat del sòl, de la sega, etc.). Hi ha molts factors que afecten la producció del sector, i pot ser difícil tenir tots aquests factors correctament monitorats, controlats i validats. Hi ha una gran entropia i variabilitat entre les diferents explotacions (i fins i tot en la mateixa explotació).
- Es tracta **d'un sector molt atomitzat**, amb nombrosos agents, centenars de majoristes, milers de proveïdors, etc. Cada organització té un nivell diferent de maduresa digital, eines i solucions diferents, que dibuixen un escenari complex de cara a facilitar la interacció dins l'ecosistema.
- **Ecosistema de proveïdors tecnològics d'IA de petita dimensió**, i de poca experiència al sector. S'ha detectat la penetració al mercat empreses estrangeres més especialitzades. Entre els motius hi pot haver la relativa dimensió de gran part dels productors (com s'apuntava en el punt anterior vers l'atomització), la percepció de ser un sector tradicional, o la certa dificultat d'accés i comercialització dels seus productes o serveis a través de les cooperatives. En aquest cas, sembla que com més alt és el nivell de la cooperativa, més complex és l'accés a causa dels processos de decisió interns associats.
- **Cost tecnològic significatiu pel sector primari**. En l'actualitat la tecnologia no és un dels actius més prioritaris dins el pla d'inversions del sector primari. Molts treballen amb marges petits i no els compensa invertir en solucions tecno-

lògiques que, a banda del cost inicial, requereixen un cost de manteniment alt que de vegades no es veu del tot compensat pel valor realment aportat. Es troben a faltar **ajuts per testear la tecnologia i posar-la en funcionament** en un primer moment, i poder-la mantenir a mitjà i llarg termini.

- **Manca d'estructura col·laborativa amb l'ecosistema d'innovació**. Aquesta barrera és el resultat de les barreres de desconfiança envers les solucions tecnològiques, el desconeixement del retorn, el cost per implementar-les i també no saber a qui recórrer perquè l'ecosistema no està organitzat.
- **Falta d'una cobertura de connectivitat** de dades mòbils de qualitat en tot el territori. Encara no es disposa d'una cobertura de connectivitat de dades del 100%, especialment en aquelles àrees amb una orografia de difícil accés. Aquest fet impacta amb una part de les explotacions agrícoles o ramaderes del país, atès que els limita la disponibilitat i l'aplicació de tecnologies amb necessitat de cobertura.
- **Dificultat per portar a terme una innovació públicoprivada**. Es troba a faltar finançament que permeti desenvolupar projectes de R+D+I basats en IA i Big Data. S'apunta com indispensable a fi que aquest fet permeti treballar col·laborativament administracions, entitats i empreses i que faciliti la creació d'un marc per treballar públicoprivat. Cal tenir present que els projectes de solucions d'IA són de més envergadura que els de finançament per digitalització.



5.4. Recomanacions per fomentar l'adopció de la IA en l'ecosistema de l'Agroalimentació

En aquest apartat es recull un conjunt de recomanacions i propostes resultants de les deliberacions dels experts que conformen el Think Tank. Es persegueix donar resposta concreta a les principals barreres identificades en la secció anterior, amb l'objectiu final de facilitar l'adopció de la IA en el sector de l'agroalimentació d'una manera àmplia i amb una visió estratègica a mitjà i llarg termini.

A continuació es proposen un seguit d'actuacions per impulsar l'aplicació i adopció de la IA al sector de l'agroalimentació. S'inclouen aspectes com la disponibilitat i la governança de les dades, la creació d'entorns de proves o la potenciació de la col·laboració publicoprivada, entre altres.

Les recomanacions van dirigides a tot l'ecosistema, amb la finalitat que puguin ser impulsades per part dels diferents actors, sector públic, recerca i sector privat, d'acord amb les seves responsabilitats i rols. Concretament, s'analitza un conjunt de propostes tenint en compte dues dimensions d'anàlisi:

- El seu grau **d'impacte** a l'hora de donar resposta i fer front a les barreres identificades.
- A la potencial **factibilitat** per portar-les a terme a curt-mitjà termini des d'un àmbit estrictament de l'ecosistema català.

A continuació, es planteja una classificació amb dos grans nivells de propostes de línies de treball, d'acord amb el mix de les dues dimensions d'impacte i factibilitat. D'aquesta manera, és possible obtenir una primera avaluació sobre la conveniència i la prioritat dels esforços i recursos a dedicar en les diferents propostes, per tal d'avançar gradualment en la incorporació i l'adopció de la IA en tot l'ecosistema de l'agroalimentació.

5.4.1. Propostes amb impacte i viabilitat elevats

En un primer grup, es presenten 4 propostes d'alt o molt alt impacte un impacte que, a la vegada, són potencialment factibles de ser portades a terme des d'un àmbit estrictament català.

1. Fomentar que es desenvolupi una estratègia d'IA focalitzada a les organitzacions per tal de reduir de la resistència al canvi del sector agroalimentació. L'actuació podria tenir les següents accions:

- Mostrar beneficis reals de ROI, beneficis econòmics, de sostenibilitat i d'impacte mediambiental.
- Facilitar l'intercanvi d'informació i coneixements entre els diferents actors (ramaders, agricultors, investigadors, desenvolupadors, etc.).
- Sensibilitzar amb casos d'èxit reals i senzills que es puguin implementar, amb casos segmentats i personalitzats.
- Realitzar sessions informatives específiques del sector primari.
- Promoure la formació i informació de casos d'èxit als congressos i fires.
- Elaborar enquestes per conèixer més el sector per poder fer sensibilització
- Crear el perfil d'assessors tecnològics amb un rol d'expert de confiança. Faltaria formació específica.
- Facilitar l'intercanvi d'informació, coneixements i experiències entre els diferents actors (ramaders, agricultors, investigadors, etc.). Segmentar també respecte el tipus d'IA i al tipus de dades que es manegui.
- Realitzar sessions formatives en aspectes bàsics de la IA amb material associat (vídeos, fitxes informatives, píndoles, etc.)
- Proposar solucions fàcils d'implementar per part de les empreses del sector, que s'hagin adaptat prèviament amb un model entrenat d'acord amb un domini de coneixement.
- Acompanyar a la petita i microempresa en el procés de digitalització i aplicació de les tecnologies de dades.

2. Una de les recomanacions treballades és facilitar la disponibilitat i compartició de dades a la cadena de valor per tal de poder tenir dades per poder desenvolupar projectes basats en models d'IA. (com una cooperativa de dades). Això inclou el sector primari, que a l'apartat de barreres, s'ha vist que és el que presenta més dificultats per registrar i compartir dades, a causa de a diferents motius.

Els principals objectius i resultats assolibles podrien ser:

- Desplegar normatives que promoguin la disponibilitat de dades, d'una forma anonimitzada i agregada.
- Establir un model de governança de dades, en el que es desenvolupi un protocol per generar i emmagatzemar les dades, accedir i usar les dades. Tot en un entorn de seguretat i anonimitzat que faciliti i incentivi a compartir les dades.
- Facilitar la plataforma de compartició de dades amb el model de governança.
- Definir un model de negoci basat en la compartició de les dades.
- Establir accions de conscienciació dels diferents agents de la cadena de valor que demostrin el benefici d'utilitzar les dades.
- Facilitar la implantació de sensòrica per la recollida i transferència de dades.
- Facilitar la cobertura 5G per les comunicacions sense fils per poder enviar i rebre dades.
- Cercar un objectiu comú que afavoreixi el desenvolupament de projectes de compartició de dades entre tots els agents.
- Finançar projectes innovadors.
- Augmentar la promoció dels ajuts actuals de solucions tecnològiques per al sector agroalimentari que financin l'aplicació de tecnologies diferencials per validació i prototipatge de tecnologies.

3. Vinculada amb les recomanacions anteriors, promoure la confiança en les solucions basades en la IA. Moltes solucions encara estan en fase de laboratori o de proves. Aquest fet redueix la falta de confiança per part de les empreses del sector agroalimentari. Les principals accions a tenir en compte són:

- Facilitar models d'autoavaluació dels algorismes de la IA i solucions tecnològiques. Incloure un laboratori d'ètica del punt de vista de la IA.
- Desenvolupar infraestructures d'experimentació i proves (explotacions agrícoles i ramaderes) on es pugui accedir a dades i validar i poder testejar tecnologies basades en la IA. Donar accés a empreses proveïdores de tecnologies i promoure la compartició dels resultats.
- Creació d'ecosistema que participi en els camps de proves.
- Fomentar la col·laboració entre tota la cadena de valor.

4. Atraure i reciclar talent expert en IA i en el sector agroalimentari per tal que hi hagi coneixement de la IA tant a les empreses de la demanda del

sector, com coneixement del sector agroalimentari a les empreses proveïdores de tecnologia.

Les accions que es recomanen en aquesta actuació serien:

- Establir un programa de beques d'especialització en el sector agroalimentari i IA.
- Fomentar la reciclatge dels professionals del sector amb coneixement basat en les dades.
- Incorporar formació en IA als plans d'estudis de titulacions universitàries i graus de formació professional de l'àmbit agroalimentari.
- Incentivar la col·laboració multidisciplinària en l'àmbit formatiu en escoles tecnològiques i d'agricultura.



5.4.2. Propostes amb impacte i viabilitat de grau mig

Per altra banda, en aquest grup es contemplen aquelles propostes que es considera que, o bé no tenen un impacte tan elevat en un punt inicial d'incorporació de la IA, o bé aquelles propostes que sí que tenen un impacte important. En general, però, la seva factibilitat per portar-les a terme és més complexa a causa de la quantitat d'actors que implicaria, i a la dependència amb d'altres òrgans competents fora de l'àmbit català.

5. Promoure la col·laboració publicoprivada i projectes col·laboratius entre entitats, centres tecnològics, empreses de diferents mides i posició dins de la cadena de valor. Les administracions disposen de moltes dades, els centres tecnològics el coneixement tècnic i les empreses i associacions el coneixement sectorial. Les actuacions i objectius assolibles serien:

- Identificar sinergies entre les diferents entitats de l'ecosistema de l'agroalimentació.
- Detectar oportunitats i reptes sectorials.
- Definir un marc normatiu de treball (compartició i governança de dades, validació i test de les solucions, etc.)
- Facilitar l'accés al finançament.

6. Creació d'un entorn de proves amb la finalitat de poder facilitar la validació de les solucions basades en IA i dades. Aquests entorns de proves podrien ser semblants als sandbox de l'entorn financer, però adaptats amb una regulació específica que faciliti el desenvolupament de projectes mixtos entre les organitzacions del sector agroalimentari. Aquest marc permetria el treball conjunt entre coneixedors del sector i tecnòlegs. Les actuacions que caldria desenvolupar serien:

- Definir el model de governança de dades.
- Establir els protocols i mecanismes per la validació de les solucions.
- Estandarditzar i elaborar mètriques i guies per a l'avaluació dels nous models d'IA.
- Incorporar les solucions desenvolupades a entorns de producció i operativa real.
- Sensibilitzar i difondre els resultats i casos d'èxit.

7. Impulsar el finançament per la realització de projectes basats en la IA i les dades. Tant per la realització de proves de concepte de recerca com per implementacions en entorns reals. Aquest finançament pot ser tant públic com privat:

- Oferir instruments específics del sector, tenint en compte que aquests projectes requereixen més finançament que els que hi ha actuals per digitalització.
- Atreure el finançament privat de venture capitals estrangers i family office cap a la inversió de projectes del sector agroalimentari.

8. Fomentar la creació d'un ecosistema sòlid de proveïdors tecnològics. Aquesta línia comprèn aquelles actuacions per dinamitzar l'ecosistema de proveïdors, com l'impuls a l'emprenedoria i a la creació d'empreses emergents verticals del sector agroalimentari. Els principals objectius i resultats assolibles amb aquesta actuació serien:

- Finançar projectes del sector per fomentar la R+D+I pròpia del país.
- Garantir la continuïtat dels projectes.
- Identificar els agents de l'ecosistema, detectar gaps i estimular la creació d'empreses emergents per donar suport tecnològic.
- Facilitar la comunicació entre demanda i proveïdors tecnològics.



Annex

Presentació de casos d'ús il·lustratius

En el present estudi s'han identificat un conjunt de 26 casos d'il·lustratius de projectes destacables promoguts per agents catalans en l'aplicació d'IA en l'agroalimentació. Per a cadascun dels casos d'aplicació s'identifiquen els següents aspectes (amb lleugeres modificacions al tractar-se de casos impulsats per empreses o bé de projectes de recerca):

1. BREU DESCRIPCIÓ: Resum del cas.
2. REPTE: Quin és el repte que vol solucionar?
3. SOLUCIÓ: En què consisteix la innovació (projecte/ solució)? Quin és l'objectiu del projecte?
4. PERFIL TECNOLÒGIC: Com s'aplica la intel·ligència artificial en el cas? Com funciona la solució proposada?
5. PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR: Quina empresa/consorci impulsor està al darrere de la innovació? (país origen, àmbit d'especialització, etc)
6. BENEFICIS DERIVATS: Quines implicacions té pel sector? Quins aprenentatges es poden concloure del cas d'ús presentat?
7. LÍNIES DE FUTUR: Quin és el potencial de creixement i escalat del cas il·lustratiu? Quines són les futures línies estratègiques dels impulsors?
8. CONTACTE: Identificació del web

Cadascun dels casos presentats s'ha classificat en relació a la cadena de valor del sector.

A I.1. Sector Primari: Agricultura

Cas il·lustratiu	SW gestió automatització Agricultura Vertical
BREU DESCRIPCIÓ EU	La proposta de valor de Enkitek es la de proporcionar una plataforma de software capaç de gestionar la automatització en empreses d'Agricultura Vertical.
REPTE	Implantar solucions d'automatització similars a les que s'apliquen en el sector industrial a un altre sector amb una naturalesa inherentment canviant (treballem amb plantes que creixent seguint patrons, no amb peces manufacturades virtualment idèntiques)
SOLUCIÓ	La plataforma té 3 funcions principals: 1. Gestió i control de robots que realitzen tasques manuals, 2. Gestió de dispositius IoT equipats amb sensors i càmeres amb la capacitat de processar imatges amb Intel·ligència Artificial per monitorar el cultiu i proporcionar posicionament per als robots si és necessari i 3. Mòdul d'explotació de les dades recollides per rendibilitzar al màxim els negocis dels clients.
PERFIL TECNOLÒGIC	La IA s'aplica en 2 escenaris. El primer està enfocat a detectar l'objecte a manipular, ja sigui una plàntula, una planta madura o un fruit, per tal de calcular el pla de treball òptim per al robot per realitzar la tasca. Per aquest cas d'ús s'utilitza un dispositiu que consta d'una càmera RGB i d'una càmera estereoscòpica. El segon escenari està enfocat a interpretar l'estat de la planta: de quina espècie o varietat es tracta, si té alguna mancança de nutrients, si té alguna plaga, en quin punt de maduració es troba o predir quan temps falta per ser collida.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	ENKI Technologies, S.L. (ENKITEK)
BENEFICIS DERIVATS	La utilització de la plataforma proporciona un augment de la fidelitat del monitoratge, així com una reducció de la necessitat de mà d'obra, millorant la competitivitat del client. Es tracta d'un sector emergent sense solucions de mercat similars, i que és la clau per aconseguir escalabilitat.
LÍNIES DE FUTUR	Ja s'ha superat la fase de test en laboratori i estem iniciant les primeres proves pilot en clients. El projecte té un potencial de creixement molt elevat, ja que està 100% basat en software. Actualment estem centrats en la posada en marxa dels primers clients i estem començant a crear vincles amb el Food Valley als Països Baixos amb potencials partners, inversors i clients.
Web	https://enkitek.eu/

Cas il·lustratiu	Automatització de la Construcció de Sistemes Intel·ligents de Supervisió i Control de Depuradores
BREU DESCRIPCIÓ EU	Un dels objectius principals dels sistemes de sanejament és la millora i l'increment de la seva eficiència tot i fent recerca i innovació en diversos aspectes com la presa de decisions mitjançant sistemes intel·ligents de suport a la presa de decisions (IDSS), en la valorització dels residus, en els sistemes de modelització de les xarxes de col·lectors, en l'increment de l'eficiència energètica dels sistemes de sanejament, en la millora de la qualitat de l'aigua depurada i/o de les tecnologies de depuració i/o regeneració de l'aigua depurada, o en la millora de la qualitat de l'entorn fluvial.
REPTE	Una de les grans problemàtiques per a dissenyar un nou sistema de control/supervisió per a un procés, com per exemple una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR), rau en la necessitat de plantejar un sistema ad-hoc per a cada instal·lació, depenent de les seves característiques particulars. Això comporta la inversió d'una gran quantitat de temps i diners.
SOLUCIÓ	La tecnologia desenvolupada es general per a qualsevol sistema o procés en temps real, però s'ha implementat per al cas particular de l'automatització de la Construcció de Sistemes Intel·ligents de Supervisió i Control d'una EDAR mitjançant la interoperabilitat de diferents mètodes d'Intel·ligència Artificial (IA).
PERFIL TECNOLÒGIC	La interoperabilitat dels diferents mètodes d'IA, tals com mètodes de mineria de dades (data-driven IDSS), així com la utilització de mètodes basats en un model o en un expert (model-based IDSS) permet una millor fiabilitat, eficiència i qualitat de l'aigua depurada en la supervisió d'una EDAR. S'usen tant tècniques de Raonament Basat en Casos (CBR) com Raonament Basat en Regles (RBR). El sistema desenvolupat s'integra amb la resta de components habituals en un sistema sanitari com els d'una EDAR (SCADA, PLC, etc.).
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	CCB Serveis Mediambientals, S.A.U (Consorci Besòs Tordera) i Intelligent Data Science and Artificial Intelligence research center de la Universitat Politècnica de Catalunya (IDEAI-UPC) – doctorat industrial més un projecte col·laboratiu en R+D
BENEFICIS DERIVATS	Qualsevol reducció en els consums energètic i millora de la qualitat de l'aigua depurada resulta en un elevat estalvi econòmic i una reducció de l'impacte mediambiental per part de les estacions depuradores d'aigües residuals (EDARs) al medi receptor (fluvial, marítim, etc.). Així, mitjançant les noves tecnologies digitals i l'ús de tècniques d'Intel·ligència Artificial, es possible dissenyar un nou sistema de control/supervisió de manera més ràpida i econòmica per a una nova EDARs tot mantenint l'objectiu de reduir els consums energètics i millorar la qualitat de l'aigua.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment, la recerca es centra en el refinament i ampliació de funcionalitats existents i disseny de noves funcionalitats complementàries, tals com l'ús de tècniques de raonament temporal i nous mètodes d'imputació o reconstrucció de dades mancants, mitjançant un sistema recomanador intel·ligent amb l'objectiu final de facilitar la creació de nous sistemes supervisor per a EDARs, tot minimitzant els costos energètics i l'impacte ambiental.
Web	https://www.ccbserveis.cat https://futur.upc.edu/32020332

Cas il·lustratiu	PAGFRUIT
BREU DESCRIPCIÓ EU	El projecte PAGFRUIT té com a objectiu desenvolupar eines per a millorar el maneig de les plantacions fruiteres fent que sigui més eficient i sostenible. Les eines utilitzades es basen en sensors òptics com els LiDAR, càmeres RGB i càmeres RGB-D per a la caracterització de la vegetació i dels fruits, entre d'altres objectius.
REPTE	Un dels reptes a abordar és la detecció, la localització i la caracterització dels fruits (dimensions) abans de la recol·lecció. Això pot donar peu a fer un maneig específic dels arbres i a fer estimacions de la collita i de les característiques dels fruits per a temes logístics i econòmics.
SOLUCIÓ	S'utilitzen sensors i algorismes de visió artificial per a la detecció, localització i caracterització dels fruits. A més, s'utilitzen sistemes de posicionament GNSS per a georeferenciar els fruits detectats i poder obtenir mapes de producció de les parcel·les fruiteres.
PERFIL TECNOLÒGIC	Per una banda, una de les solucions amb les que s'està treballant consisteix en un equip que incorpora sensors RGB-D sincronitzats amb un sistema GNSS. S'utilitzen xarxes neuronals de detecció, seguiment i de regressió per detectar, seguir i caracteritzar els fruits visibles als vídeos RGB-D. A continuació, es fa un mapa de la càrrega de fruita mitjançant l'assignació de cada fruit detectat a la corresponent coordenada GNSS.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	UNIVERSITAT DE LLEIDA / AGROTECNIO-CERCA CENTER El projecte està liderat pel Grup de Recerca en AgròTICA i Agricultura de Precisió (GRAP) de la Universitat de Lleida i del Centre CERCA Agrotecnio però a la línia de recerca de detecció de fruits hi ha hagut la participació de l'Image Processing Group (UPC), l'IRTA i la Universidad Técnica Federico Santa María, Dept Electronic Engineering (Xile).
BENEFICIS DERIVATS	Els sistemes de detecció i caracterització de fruits permeten planificar la campanya de recol·lecció i vendes, així com poder identificar les zones de la plantació que produeixen menys per a que l'agricultor pugui fer un maneig específic en aquestes zones i intentar posar-hi solució.
LÍNIES DE FUTUR	Pel que fa a la detecció dels fruits, la tecnologia s'ha validat en condicions de laboratori i s'ha fet alguna prova preliminar en plantacions comercials. La integració de la detecció de fruits, seguiment i estimació de dimensions en un sol equip és un concepte tecnològic que encara no s'ha desenvolupat i en el que pretenem avançar durant els pròxims mesos.
Web	http://www.pagfruit.udl.cat/en http://www.grap.udl.cat/

Cas il·lustratiu	ACCWA i ALTOS
BREU DESCRIPCIÓ EU	Classificació de sistemes de reg mitjançant series temporals d'estimacions d'evapotranspiració i humitat superficial del sòl mitjançant imatges de satèl·lits com a inputs d'Intel·ligència Artificial
REPTE	Obtenir mapes capaços de diferenciar i quantificar la superfície regada a la zona de Lleida i diversitat de sistemes de reg (aspersió, localitzat i inundació)
SOLUCIÓ	S'han avaluat diferents tècniques d'intel·ligència artificial per avaluar diferents patrons anuals de la humitat del sòl i evapotranspiració dels cultius, ambdós estimats amb models utilitzant imatges de satèl·lits.
PERFIL TECNOLÒGIC	Us d'intel·ligència artificial a les imatges de satèl·lits per obtenir patrons d'humitat del sòl i evapotranspiració dels cultius.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IRTA (Institut de Recerca i Tecnologies Agroalimentàries) i ISARDSAT
BENEFICIS DERIVATS	Administració, comunitats de regants, agricultors. Aquests mapes permeten tenir un inventari de la superfície regada de Lleida (més endavant es vol aplicar a tot Catalunya), avaluar any rere any el grau de tecnificació dels sistemes de reg i també pot utilitzar-se per avaluar l'eficiència en l'ús de l'aigua i fins i tot és necessari per calcular les necessitats hídriques brutes de reg.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment s'està a punt de publicar un article científic on s'ha demostrat la viabilitat d'aquesta tecnologia a la zona de Lleida. En els propers anys s'espera aplicar-ho a la resta del territori català. En la mesura que surti algun contracte/proyecto, es podria escalar a d'altres zones d'Espanya o altres països.
Web	www.irta.cat

Cas il·lustratiu	SISTEMIO: Prova pilot de sistema de teledetecció i gestió de tractaments fitosanitaris a la vinya
BREU DESCRIPCIÓ EU	L'objectiu específic del projecte ha estat la validació del sistema de gestió de tractaments fitosanitaris a la vinya que es basa en la recollida de dades agroambientals a nivell de parcel·la i la seva posterior anàlisi a través de models epidemiològics mecanístics basats en la intel·ligència Artificial. La utilització d'aquesta eina ha permès al viticultor conèixer en tot moment l'estat epidemiològic de la parcel·la i decidir el moment precís en el que realitzar els tractaments preventius per tal de maximitzar l'efectivitat i reduir la quantitat de productes fitosanitaris emprats al llarg de la temporada.
REPTE	El projecte respon a la creixent necessitat i voluntat del sector per limitar al mínim possible l'ús de fitosanitaris i anar cada vegada més cap a una agricultura ecològica i mediambientalment sostenible.
SOLUCIÓ	La solució consisteix en l'estudi de les condicions meteorològiques i com aquestes afecten al desenvolupament de malalties fúngiques. Mitjançant aquest algoritme es pot predir quan es el moment idoni per a fer tractament i evitar una sobredosificació preventiva com s'estava fent fins ara.
PERFIL TECNOLÒGIC	El sistema per fer el seguiment del desenvolupament de malalties fúngiques de la vinya utilitza les dades meteorològiques registrades a l'observatori, i a més fa una previsió del risc d'infecció a partir de les previsions meteorològiques que facilita el propi sistema, i de la fenologia de la planta. A partir d'aquí genera en els gràfics previsions d'infecció que posteriorment, en cas de no succeir, poden desaparèixer del gràfic. En base a aquestes prediccions fa recomanacions de tractaments que l'algoritme té en compte per a calcular les properes infeccions. Com a informació més bàsica, el sistema genera en un mapa d'indicadors del risc que es presenta a cada observatori. Es modifica diàriament i es presenta amb un sistema de colors: - Verd: La protecció és suficient i es mantindrà així en els propers dies. - Groc: La protecció no és suficient (o disminuirà els propers dies), però no es preveuen infeccions - Carabassa: La protecció residual garantirà només una cobertura parcial per les infeccions previstes en els propers dies - Vermell: La protecció no és suficient per les infeccions previstes en els propers dies
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	INNOVI. Clúster vitivinícola català. Associació de Defensa Vegetal Sant Llorenç, Associació de Defensa Vegetal Sant Martí, Codorniu i Gramona
BENEFICIS DERIVATS	Hi ha variabilitat respecte a la previsió de diferents fongs i, per tant es considera important tenir un algoritme per a cada malaltia i no un per tractaments genèric. La valoració del sistema en el control d'oïdi és més complex, ja que la presència d'aquest fong és pràcticament permanent en les nostres condicions (tal com posa de manifest el propi sistema). En aquest entorn l'estratègia de tractaments segons estadi fenològic esdevé menys intensiva que la que dona el sistema, tot i això es fan unes previsions de intensitat en la pressió de la malaltia, segons condicions meteorològiques, que s'han mostrat de molt interès en la gestió global de la sanitat de la vinya. Les estacions meteorològiques instal·lades suposen un molt bon suport per als viticultors ja que generen una gran quantitat de dades que estan directament relacionades amb el cultiu. Poder reduir el nombre de tractaments fitosanitaris realitzats en base a dades suposa un salt qualitatiu que suposarà menys tractaments i molt més localitzats.

LÍNIES DE FUTUR	Actualment ja hi ha diverses xarxes tant públiques com privades que treballen la gestió dels fitosanitaris. El creixement es farà en 2 àmbits. D'una banda s'ha incorporat ja la gestió hídrica a aquest sistema per a saber també l'estrès que té la planta i en les zones que està habilitat dosificar el reg. per altra banda des d'INNOVI juntament amb VITEC s'està impulsant la creació d'una macroxarxa catalana d'estacions meteorològiques públiques i privades que permeti millorar les prediccions i donar servei a viticultors que no disposen actualment de hardware instal·lat a les seves vinyes.
Web	www.innovi.cat

Cas il·lustratiu	VitiGEOSS
BREU DESCRIPCIÓ EU	El projecte VitiGEOSS tracta de desenvolupar un Sistema de Suport a la Decisió basat en cinc Serveis Intel·ligents (SI) de gran interès per als viticultors: (i) un servei de predicció climàtica que ofereix informació a curt-mitjà termini; (ii) una eina de monitoratge i predicció de la fenologia del cultiu; (iii) un mecanisme de monitoratge de la fisiologia i de l'estimació de producció vegetal; (iv) un sistema d'anticipació i alerta de malalties i (v) un gestor de maneig de les finques.
REPTE	Durant els últims anys la Unió Europea ve promovent una transició del sector primari cap a la digitalització amb el objectiu de millorar la sostenibilitat i l'aprofitament de recursos. El projecte VitiGEOSS tracta precisament de donar resposta a aquesta problemàtica mitjançant una perspectiva holística del camp, des de la predicció de fenòmens meteorològics, passant per la fenologia, fisiologia i producció del cultiu, fins a l'anticipació de malalties i l'optimització dels recursos de maneig de les finques. D'aquesta manera, el viticultor pot decidir, amb tota la informació a la seva mà, quan procedir a la collita de la vinya, quan fumigar els cultius o quan planificar el desplegament de la mà d'obra i la maquinària.
SOLUCIÓ	Per a donar solució a aquesta problemàtica, els diferents socis científic-tecnològics han co-dissenyat una aplicació web juntament amb diferents empreses viticultores localitzades a Espanya, Portugal i Itàlia per a donar un suport integral a la presa de decisions. La constant presa de dades a través de remote sensing i dispositius in-situ permeten millorar la precisió dels models d'Intel·ligència Artificial segons van passant les campanyes de recol·lecció, col·laborant en l'impuls a la transició digital del camp, que al seu torn es tradueix en una optimització del maneig dels negocis i un adreçament cap a la sostenibilitat del sector primari.
PERFIL TECNOLÒGIC	Els cinc SI que componen la plataforma VitiGEOSS es fonamenten en l'obtenció de dades a través de serveis de tele-detecció (Copernicus Sentinel, Landsat, GEOS-5, EUMETSAT), dispositius en el terreny (estacions meteorològiques, drons i cambres) i registres històrics, que posteriorment són introduïts en complexos sistemes de predicció, com per exemple Algorismes Metaheurístics, Machine i Deep Learning, MONARCH, ETLook, NCEP-CFSv2 o ECMWF-SEAS5. Tot aquest sistema de SI es recolza en diferents APIs intercomunicades entre si a través d'una API Service Store que al seu torn facilita les dades a una aplicació web per a mostrar els resultats d'una manera senzilla als usuaris.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Eurecat / Convocatòria: H2020-SC5-2019-2, Número de projecte: 869565
BENEFICIS DERIVATS	La digitalització del sector primari està essent promoguda activament per la Unió Europea, per la qual cosa VitiGEOSS col·labora a promoure les accions definides en els seus diferents fulls de ruta i a augmentar l'atractiu d'aquest sector per a les noves generacions i per als petits i mitjans agricultors, contribuint així al compliment de les SDGs plantejades per les Nacions Unides.
LÍNIES DE FUTUR	Paral·lelament a aquest procés, s'està duent a terme el desenvolupament d'una aplicació per a telèfons intel·ligents que comptarà amb les funcionalitats principals de l'aplicació web per a facilitar el seu ús in situ en el camp. A més, es procura mantenir la interoperabilitat del sistema per a facilitar la incorporació de nous SI una vegada que la plataforma surti a mercat.
Web	https://vitigeoss.eu/

Cas il·lustratiu	Estimació de la qualitat i del volum de la collita de raïm en vinyes
BREU DESCRIPCIÓ EU	Els agricultors han de planificar abans de la collita els recursos necessaris per a la recol·lecció. A més, durant l'etapa de creixement és molt útil tenir indicadors de la qualitat dels raïms que permetin optimitzar la presa de decisions. Això permet reduir costos i minimitzar l'impacte ambiental en utilitzar només els recursos estrictament necessaris.
REPTE	Hi ha molts factors que influeixen en la qualitat i quantitat d'una collita de raïm, com per exemple, la meteorologia, el grau d'humitat del sòl, el seu pH, etc. Això resulta en una gran complexitat a l'hora d'avaluar i predir qualitats i quantitats de les collites. Per aquest motiu, es fa necessari desenvolupar tècniques automatitzades que permetin fer aquest tipus de prediccions, integrant tots els indicadors i les dades capturades durant la producció.
SOLUCIÓ	La Visió per Computador permet fer estimacions del volum de la collita dies o setmanes abans de la mateixa, a partir d'imatges capturades sobre el terreny i mitjançant drons. Combinant amb l'ús d'IA i repositoris de dades espaciotemporals, es poden dissenyar models predictius que ajuden els agricultors a obtenir indicadors de qualitat fiables i a fer prediccions raonades.

PERFIL TECNOLÒGIC	Un model d'aprenentatge profund permet fer un recompte del nombre de raïms i de la seva mida a partir d'imatges geolocalitzades capturades amb un telèfon mòbil. Aquesta informació permet a un segon model fer una estimació del volum de la collita. Altres models basats en l'aprenentatge agreguen aquesta i altres fonts d'informació (imatges multispectrals, dades d'humitat i pH del sòl, etc.) i proporcionen indicadors de la qualitat dels raïms.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El Grup de Processament d'Imatge (GPI) a IDEAI-UPC. El Centre de Recerca Intelligent Data Science and Artificial Intelligence (IDEAI) inclou uns 70 investigadors permanents amb una llarga trajectòria de més de 30 anys de recerca en IA, actualment sent un dels centres de recerca en IA més gran d'Espanya.
BENEFICIS DERIVATS	Els indicadors de qualitat permeten optimitzar el consum d'aigua, abonament i productes fitosanitaris, ja que amb aquests indicadors l'agricultor pot mesurar les quantitats mínimes suficients per a assolir una collita de qualitat. Això permet evitar el malbaratament de productes, reduint costos, incrementant la sostenibilitat dels processos agrícoles i minimitzant l'impacte ambiental.
LÍNIES DE FUTUR	Avui en dia, aquests mètodes tenen un bon rendiment si s'han optimitzat per una varietat de cultiu determinada, però els costa generalitzar a altres tipus de varietats o cultius sense una adaptació 'ad-hoc' que requereix coneixement i recursos. La creació de bases de dades més extenses ha de permetre crear models que siguin molt més robustos i generals, de forma que la seva implementació en explotacions serà més assequible a un nombre elevat d'agricultors.
Web	https://agrotech.upc.edu/ca/draft/grups-de-recerca/ideai-contingut/ideai-projectes/ai4agriculture

Cas il·lustratiu	VIDVOLT4.0: Implementació de la Intel·ligència artificial en parcel·les vitícoles agrovoltaiques
BREU DESCRIPCIÓ EU	El projecte té com a objectiu desenvolupar un marc computacional Digital Twin per rastrejar, prescriure i optimitzar el flux d'energia solar de sistemes fotovoltaics instal·lats a sobre de cultius vitícoles en explotació a la vegada que s'optimitza la irradiació dels cultius. Aquesta optimització es farà amb una anàlisi sensorial complex i multipropòsit, denominat sistema agro-fotovoltaic (APV). Als sistemes APV com hem dit cohabituen simbiòticament les instal·lacions de generació d'energia i els sistemes de producció agrícola. Mitjançant la intel·ligència artificial es regularà l'angle de les plaques solars per a que en tot moment el cultiu rebi la irradiació necessària però poder convertir l'excedent en energia renovable. D'aquesta manera es poden pal·liar els efectes del canvi climàtic en la viticultura i incentivar la deslocalització de la producció energètica.
REPTE	La instal·lació de plaques fotovoltaïques vol optimitzar la quantitat d'irradiació que rep la planta per a reduir els efectes del canvi climàtic maximitzant la producció d'energia renovable en futures instal·lacions fotovoltaïques vitícoles.
SOLUCIÓ	La solució es basa en la generació de models basats en el Machine Learning que incorporin el coneixement experta actual sobre necessitats del cultiu per a reduir els efectes del canvi climàtic (cops de calor, cremades...) a la vinya a la vegada que es genera energia renovable de forma descentralitzada.
PERFIL TECNOLÒGIC	El sistema de Digital Twin permet provar una instal·lació solar des de múltiples enfocis en diferents escenaris virtuals governats per un algoritme d'aprenentatge automàtic (ML) basat en algorismes per a optimitzar el sistema. Això és especialment útil per a la planificació de sistemes complexos de sistemes combinats de grans superfícies de generació solar i activitat agrícola. A més, permet la introducció al sistema de nova tecnologia de panells solars, que, per exemple, pot permetre testejar i decidir si incorporar panells bifacials (de doble cara) que són capaços de capturar la reflexió del sòl. S'està dissenyant en paral·lel un sistema d'intel·ligència artificial alimentat amb tot tipus de sensors que permetin decidir segons diferents paràmetres (irradiació, pluviometria, estat fenològic de la planta...) si s'han de moure o no les plaques solars. Aquests algorismes s'està treballant conjuntament entre diferents experts de l'Institut Català de la Vinya i el Vi i el clúster vitivinícola INNOVI.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	INNOVI. Clúster vitivinícola català. Clúster de l'Energia Eficient de Catalunya, Ibermática, TAMIC, Km0 Energy i INCAVI
BENEFICIS DERIVATS	Els principals beneficis de l'aplicació d'aquesta tecnologia es l'increment de rendiment en l'aplicació d'instal·lacions agrofotovoltaïques. A més es podrà adaptar el disseny d'aquestes instal·lacions a cadascuna de les particularitats de cada finca. Poder assegurar la viabilitat econòmica de l'Agrovoltisme suposa desencallar el seu ús i poder pal·liar els efectes del canvi climàtic a la vegada que es millora el rendiment econòmic de les instal·lacions i es genera energia verda. Aquest cas d'ús demostra que a escala pilot es rentable el poder fer aquestes instal·lacions però encara s'ha de validar en una vinya real.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment encara estem en la fase pre-pilot. La següent fase serà un pilotatge en una vinya real on es testejaran tant els sensors com l'algoritme i a partir d'aquí ja es podrà implementar aquesta solució a totes les finques que ho desitgin. La participació d'un instal·lador de plaques com Km0 assegura la viabilitat del projecte. A les properes fases a més es comparà l'eficiència de l'algoritme comparant-lo amb instal·lacions de plaques fixes. D'aquesta manera podrem veure l'efecte real de l'algoritme sobre la regulació de la planta i de la generació energètica.
Web	www.innovi.cat

A I.2. Sector Primari: Pesca

Cas il·lustratiu	Seafoodtomorrow
BREU DESCRIPCIÓ EU	Millores en la seguretat alimentària dels productes del mar
REPTE	Predicció de proliferacions de fitoplàncton tòxic i nociu
SOLUCIÓ	Aplicació de models de xarxes neuronals per predir la presència i abundància de diferents espècies de fitoplàncton a les aigües d'una zona
PERFIL TECNOLÒGIC	S'utilitzen sèries temporals d'observacions de qualitat de l'aigua i paràmetres ambientals, les prediccions es fan amb dues setmanes d'antelació.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IRTA (Institut de Recerca i Tecnologies Agroalimentàries) i 35 partners, però en altres temàtiques, https://seafoodtomorrow.eu/about/consortium/
BENEFICIS DERIVATS	Millora de la seguretat alimentària i estalvi econòmic evitat fer la collita en moments de risc
LÍNIES DE FUTUR	Les primeres aplicacions s'han fet per l'aqüicultura, també es poden aplicar a altres indústries com per exemple les plantes de tractament d'aigua, dessaladores i turisme.
Web	www.irta.cat

A I.3. Sector Primari: Ramaderia

Cas il·lustratiu	BrunApp
BREU DESCRIPCIÓ EU	Geolocalització i control del bestiar que pastura
REPTE	Geolocalització i monitoratge del bestiar que pastura lliurement. Cobertura de comunicacions i autonomia de la bateria del dispositiu.
SOLUCIÓ	Dispositiu IoT portàtil amb geolocalització que s'integra al collar de l'animal + App de monitoratge des del mòbil
PERFIL TECNOLÒGIC	Solució portàtil (App) + geolocalització en temps real + control remot de l'estat de càrrega de la bateria dels dispositiu + control de sortida de límits territorials + mapes de calor per monitorar patrons de pastura
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Atlantis IT
BENEFICIS DERIVATS	Detectar patrons de pastura. Detectar que un animal no està bé de salut. Podríem creuar les dades de geolocalització del bestiar amb dades climatològiques per a millorar les pastures i la conservació del medi rural.
LÍNIES DE FUTUR	TRL7. Potencial de mercat: tot el bestiar que pastura lliurement (boví+cabrú+oví+equí). Propers passos: tancar/paquetitzar la solució i aconseguir ajuts per a poder implantar de forma massiva i assumible per al propietari. Línies de futur: aplicar IA, comunicació satèl·lit, altres sistemes de comunicació que en millorin la cobertura de comunicacions, etc.
Web	www.atlantisioe.com

Cas il·lustratiu	Ús de tècniques de visió artificial en el context d'esquemes de selecció per eficiència alimentària en porcs i conills
BREU DESCRIPCIÓ	Els projectes GENE F són una sèrie de projectes del pla nacional de recerca (GENEF1: RTA2014-00015-C02-00, GENE F2: RTI2018-097610-R-I00, GENE F3: PID2021-128173OR-C21), liderats des del programa de genètica i millora animal de l'IRTA, que tenen per objectiu l'estudi genètic de l'eficiència alimentària a porcs i conills, i proposar nous mètodes de selecció genètica per fer els animals més eficients. En aquest context es proposa el desenvolupament de noves característiques que es puguin recollir de forma automàtica als nuclis de selecció porcina i de conills, perquè informin, de manera complementària el creixement i els registres de consum, sobre l'eficiència amb què cada animal, de manera individual, fa ús del pinso que se li ofereix. Una d'aquestes noves característiques és l'activitat física que cada individu desenvolupa durant els períodes de control de consum. Per a la seva mesura s'estan emprant tècniques de visió artificial, en què el primer element a desenvolupar és la identificació individual de cadascun dels animals que formen el grup i el seguiment posterior. En aquesta línia de projectes un dels nous objectius que s'ha plantejat és l'extensió d'aquesta identificació i seguiment individual, a la identificació de conductes rutinàries en els animals i també la identificació d'accions agonistes que puguin comprometre el benestar dels animals, com és el cas de les baralles. Disposar d'una eina de visió artificial capaç de permetre la identificació d'aquestes accions agonístiques pot utilitzar-se per proposar tècniques de maneig que ajudin a augmentar el benestar dels animals que es crien per al consum.

REpte	L'activitat física dels animals és un dels elements bioenergètics principals en la determinació de l'eficiència amb què els animals utilitzen l'aliment que consumeixen. D'altra banda, hi ha tota una sèrie de mesures de comportament que es poden fer sobre els animals que es puguin fer servir com a indicadors del seu benestar i grau d'adaptació a les condicions de cria. El repte en relació amb la determinació d'ambdós grups de mesures: activitat física i comportament, rau en el fet que ambdós tipus suposen un esforç massiu de treball, relacionat amb l'enregistrament de vídeos i el visualitzat posterior per part d'un tècnic especialitzat. Això implica que en els dissenys experimentals a desenvolupar aquests mesuraments sempre es limitin a un nombre molt reduït d'animals. Això condiciona de manera dramàtica les possibilitats d'ús d'aquest tipus d'informació en contextos on es requereix una quantitat elevada de registres fenotípics, com és el cas dels programes de millora genètica animal.
SOLUCIÓ	El sistema de visió artificial que s'està desenvolupant suposa la instal·lació a les granges de cambres d'alta definició als sostres de les sales i corralles on els animals es controlen durant la fase d'engreixament. Aquests equips són càmeres IP connectades a diferents tipus de servidors que poden processar a temps real el senyal que la càmera està captant. Els millors resultats pel que fa al temps de processament del senyal s'han obtingut utilitzant unitats de procés gràfic (GPUs). El processament del senyal a temps real és un element clau en el sistema ja que permet fer un seguiment dels animals sense necessitat d'haver de sotmetre'ls a cap manipulació o identificació addicional. El sistema permet la recollida a cada segon de la posició de cada animal dins del corral o la gàbia.
PERFIL TECNOLÒGIC	El sistema se sosté en dos elements algorítmics diferents, per una banda en una xarxa neuronal convolucional del tipus ResNet101 ¹ . Aquest element del sistema constitueix el múscul computacional del mateix i permet la identificació dels animals a cadascun dels fotogrames que constitueix el senyal de vídeo a processar a temps real. El seguiment dels mateixos al llarg dels fotogrames successius es duu a terme mitjançant un algorisme anomenat SORT ² que bàsicament estudia el grau de solapament entre les regions d'interès que defineixen cada individu i en funció d'aquest solapament, utilitzant un Kalman-Filter, s'aconsegueix mantenir la identitat individual de cada animal al llarg dels fotogrames. En aquests enllaços es poden veure vídeos de seguiment tant de porcs ³ com de conills ⁴ . Actualment s'està treballant per millorar la qualitat de la detecció i en la definició dels caràcters vinculats a l'activitat física dels animals que seran els elements que permetran abordar els aspectes biològics del problema que es pretén atacar. Per a l'entrenament de la xarxa neuronal que porta a terme la identificació dels individus s'ha creat una base de dades, que consisteix en una correspondència entre diferents imatges i les coordenades on es localitzen els animals a identificar, aquestes bases de dades en actualment estan formades per unes 800 imatges per al cas dels conills i unes 150 per al cas dels porcs. Amb la xarxa entrenada, la qualitat de la identificació dels individus en les dues espècies és relativament alta, aproximadament 0,9 per al cas dels conills i 0,8 per al cas dels porcs. Sembla clarament més senzilla la identificació i el seguiment dels porcs que el dels conills.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IRTA: L'IRTA és un institut d'investigació de la Generalitat de Catalunya, adscrit al Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, regulat per la Llei 04/2009 de 15 d'abril, del Parlament de Catalunya, que ajusta la seva activitat a l'ordenament jurídic privat. Forma part del sistema de centres CERCA de Catalunya. La finalitat de l'IRTA és contribuir a la modernització, a la millora i l'impuls de la competitivitat; al desenvolupament sostenible dels sectors agrari, alimentari, agroforestal, aquícola i pesquer, i també dels directament o indirectament relacionats amb el proveïment d'aliments sans i de qualitat als consumidors finals; a la seguretat alimentària i a la transformació dels aliments, i, en general, a la millora del benestar i la salut de la població.
BENEFICIS DERIVATS	El desenvolupament tecnològic en què estem treballant pot generar beneficis a diversos sectors vinculats amb la ramaderia. El primer és el sector de recerca en producció animal, disposar d'un sistema amb les capacitats descrites podrà permetre aprofundir en el coneixement en característiques i processos de rellevància als nostres projectes de recerca. El segon serà el propi sector ramader, la instal·lació d'equips i sistemes com el que es proposa a nuclis de selecció i granges comercials permetrà una optimització de certs maneigs que poden redundar en una major sostenibilitat i benestar dels animals de la granja. En aquest darrer sentit, un exemple podria ser la utilització d'aquest sistema per a la detecció de baralles i agressions entre els animals que comparteixen corral, si això s'aconsegueix fer a temps real, la detecció de la pela pot venir acompanyada de la provisió d'algun estímul que la interrompi, com ara l'emissió d'algun so a què els animals estiguin condicionats.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment el sistema de visió artificial es troba en fase d'entrenament, és a dir, es continuen recollint imatges i anotant-les per millorar la identificació dels animals en els grups. Aquest punt és clau per al seguiment correcte. De manera paral·lela, amb els seguiments que ja s'estan fent estem definint diferents mètriques de l'activitat dels animals, tant a nivell individual com a nivell de grup, quan aquestes mètriques vagin quedant definides es correlacionaran amb caràcters productius d'interès per a les espècies amb les que treballem. Com ja s'ha indicat, el desenvolupament següent que estem començant suposarà l'entrenament del sistema per a la detecció de comportaments habituals i agonístics, cosa que creiem pot tenir un important impacte general en la producció sobretot porcina.
Web	https://www.irta.cat/

1 https://github.com/matterport/Mask_RCNN

2 <https://github.com/abewley/sort>

3 <https://www.youtube.com/watch?v=H6xRh6vo09s>

4 https://www.youtube.com/watch?v=MfqlxFD_Rvw

Cas il·lustratiu	Analítica avançada en granges de porcs
BREU DESCRIPCIÓ EU	Sistema intel·ligent per optimitzar i donar suport a la decisió en el flux de substitució d'animals en les granges de producció de porcs.
REPTE	El cicle productiu en una granja de porcs orientada a la producció de garrins, està distribuït per lots d'animals, on en un mateix lot hi ha un grup d'animals que comparteixen etapes de procés (cobriment i munta, temps d'embaràs, part, lactància, ...). Donat que un animal pot arribar a realitzar aquest cicle iteratiu fins a unes 8/9 vegades, els animals que trobem en un mateix lot poden trobar-se en diferents cicles tot i estar compartint etapa de procés. El coneixement de domini en aquest àmbit i procés indica que els animals més productius es troben en els primers cicles (<5) i que al final d'un cicle complet (abans de començar el següent), un nombre N d'animals poden ser substituïts, en cada lot, per animals nous que entren a la granja a cicle 0. Amb l'objectiu de millorar el rendiment de la granja, maximitzant la producció i reduint costs, la correcta identificació d'aquest N animals a ser substituïts és clau.
SOLUCIÓ	El sistema intel·ligent que s'implementa es basa en algorismes d'Intel·ligència Artificial, de l'àmbit de l'Aprenentatge Automàtic, capaços de predir la productivitat d'un animal en el seu següent cicle del procés. D'aquesta manera és possible crear un rànquing d'animals, basat en aquesta predicció, per poder substituir els N últims en acabar cada cicle, mantenint a la granja els que ofereixen més producció i eliminant els que menys, i així aconseguir una optimització i millora de la producció global final.
PERFIL TECNOLÒGIC	Per calcular la producció d'un animal el sistema es basa en uns índexs definits pels experts de domini, i és el valor que l'algoritme d'IA predirà per cada animal al final de cada cicle. El model final és basa en l'algoritme Extreme Gradient Boosting, una implementació de la família d'algorismes Gradient Boosting. Per fer-ho, es tenen en compte dades dels animals, del seu consum i del mateix procés reproductiu.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	OPP-Eurecat
BENEFICIS DERIVATS	Mitjançant aquest tipus de recerca, es demostra que els processos del sector agroalimentari poden ser optimitzats mitjançant tècniques de processat de dades i Intel·ligència Artificial. En aquest cas, s'ha aconseguit millorar el rendiment d'una granja de porcs orientada a la producció de garrins gràcies a una selecció més precisa d'aquells animals que s'estimava amb un menor índex productiu.
LÍNIES DE FUTUR	La solució pot ser escalada a noves granges i casos on la infraestructura permeti la captura de dades e informació requerida. Amb l'objectiu de millorar les prediccions dels models, es planteja la incorporació de noves variables (e.g. malalties).
Web	https://eurecat.org/portfolio-items/analitica-avancada-en-granges-de-porcs/

Cas il·lustratiu	Smart Farming
BREU DESCRIPCIÓ EU	Com les tècniques d'Intel·ligència Artificial i de visió per computador poden ajudar en el control i millora en el creixement dels porcs.
REPTE	El control i seguiment pes dels porcs per adaptar una alimentació adient per aconseguir una major homogeneïtat en el pes dels d'un conjunt de garrins, un paràmetre de rellevància antes de ser sacrificats per la elaboració de embotits.
SOLUCIÓ	Monitoratge de forma contínua de l'increment de pes els porcs individualment i, per poder personalitzar la alimentació de cada porc per tal d'aconseguir la homogeneïtzació de pes d'un conjunt.
PERFIL TECNOLÒGIC	Substitució de la bàscula per un sistema de visió centrat en una càmera 3D, per poder estimar el volum del porcs i, per conseqüència, el pes. Desenvolupament d'un algorisme per deduir el volum d'un porc d'un núvol de punts, per després fer una regressió lineal per establir una relació entre el volum del porc i el seu pes. Aquest sistema aleshores permet estimar el pes del porc amb una sola foto.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Centre de visió per computador - Coordinador de la Tasca AI LABS de Cidai en el sector Agro., Catalana de pinsos, Mafica
BENEFICIS DERIVATS	Noves formulacions de pinso
LÍNIES DE FUTUR	Aplicació per benestar animal
Web	http://www.cvc.uab.es

A I.4. Indústria Transformadora

Cas il·lustratiu	Determinació del grau d'assecatge del pernil
BREU DESCRIPCIÓ EU	Un dels principals objectius de bonÀrea és el d'oferir producte d'una gran qualitat a un preu el més ajustat possible. Per poder aconseguir aquesta fita, és fonamental analitzar amb detall cada punt del procés productiu i buscar la màxima eficiència. És per això, que l'empresa considera de gran valor estratègic l'aplicació d'intel·ligència artificial per optimitzar cadascun dels seus processos.
REPTE	El repte solucionat es centra en determinar, a present i a futur, el grau d'assecatge de cada pernil que tenim en les nostres instal·lacions. Al tenir una gran quantitat de pernills, es fa difícil pels experts tenir identificats els graus d'assecatge de cadascun d'ells. Aquest fet afecta directament al producte, ja que un pernil massa tendre o massa sec no és atractiu pel consumidor i, a més, la falta d'homogeneïtat en el producte final causa desconfiança al client.
SOLUCIÓ	Tradicionalment el punt òptim d'assecatge dels pernills es determina mitjançant l'avaluació d'un conjunt d'experts. En aquest cas, la solució es basa en l'aplicació de tècniques basades en dades per estimar a present i a futur el nivell d'assecat. D'aquesta manera, gràcies a la gran quantitat de dades emmagatzemades durant els últims anys, els algorismes d'intel·ligència artificial poden trobar patrons que ajuden a estimar de manera més precisa que les persones el nivell d'assecat.
PERFIL TECNOLÒGIC	Inicialment, i tenint en compte que estem parlant de metodologies data-driven, el sistema es nodreix de les dades històriques relacionades amb l'assecatge dels pernills. Cal mencionar que es disposa d'aquestes dades gràcies a l'avançat nivell de digitalització de les instal·lacions. A més, les dades emprades en el projecte han estat seleccionades d'acord amb els consells dels experts.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Corporació Alimentària Guissona S.A.
BENEFICIS DERIVATS	A nivell quantitatiu s'estimen uns beneficis d'aproximadament: -- 80.000 Euros anuals en augment de vendes gràcies a la millor qualitat i homogeneïtat del producte. -- 90.000 Euros anuals estalviats gràcies a un augment de l'eficiència en el procés de selecció dels pernills. -- Més de 100.000 Euros anuals estalviats gràcies a evitar sobre-secats no desitjats. A nivell qualitatiu: -- Augment de la qualitat del treball dels experts i operaris a l'hora de seleccionar els pernills. -- Augment de la satisfacció del client. -- Millor supervisió i control dels processos d'assecatge. -- Estalvi energètic i de petjada de carboni. (Fins al moment no ha estat mesurat per la dificultat d'assignar una despesa energètica a cada procés individual) Implicacions pel sector: -- Aquesta aplicació suposa un pas endavant cap a la digitalització del sector agroalimentari i poder apreciar el potencial de la IA en aquest àmbit. -- Implica una reducció del malbaratament alimentari, fet transcendental en qualsevol societat. Aprenentatges del cas d'ús: -- El valor de les dades en qualsevol indústria. -- El valor de la traçabilitat en els processos. -- La capacitat de la IA en trobar patrons subjacents impossibles de trobar per a les persones.
LÍNIES DE FUTUR	Un projecte de ciència de dades pot ser desenvolupat "eternament" a l'hora de millorar els seus resultats, ara bé, el projecte esmentat està en fase de producció i s'està utilitzant diàriament amb uns errors de previsió d'assecatge menors al 5%.
Contacte	https://www.bonarea-agrupa.com/

Cas il·lustratiu	Automatització dels processos de classificació de safates de carn mitjançant aprenentatge profund
BREU DESCRIPCIÓ EU	Hem creat una màquina per automatitzar els processos de classificació de qualsevol tipus de talls de carn. El sistema utilitza una càmera de visió i il·luminació LED per a l'adquisició d'imatges i un sistema de processament de dades d'última generació per executar algorismes d'IA d'alta velocitat i eficiència per al reconeixement dels productes. És un sistema Plug & Play, i requereix de molt pocs canvis a la línia de producció. El model de Deep Learning necessita poques imatges per ajustar el sistema perquè s'ha entrenat prèviament amb una gran base de dades de productes càrnics.
REPTE	A la indústria alimentària els sistemes de visió artificial han tingut una introducció molt lenta si ho comparem amb altres indústries com la indústria de l'automòbil o la indústria farmacèutica. Això es degut a que les aplicacions són molt difícils per la variació del producte i la falta d'homogeneïtat a la imatge. Afortunadament, la indústria de la visió artificial ha canviat molt en els darrers anys gràcies a les millores en el camp de la intel·ligència artificial, més concretament pel que fa al Deep Learning. Si fa 10 anys haguéssiu preguntat a un enginyer de visió per computador si era possible crear un algorisme per classificar imatges de gats i gossos amb un 90% de precisió, per exemple, probablement la resposta hauria estat que era molt difícil o simplement impossible. Amb el nostre sistema busquem el poder automatitzar processos manuals a la indústria alimentària aconseguint la major eficiència y fiabilitat possible.
SOLUCIÓ	El sistema pot classificar tipus de carn, per exemple porc, pollastre o vedella i diferencia tipus i talls com costella, llom o filet prim o gruixut, etc. A més, es pot entrenar pel grau de qualitat dels productes en funció de criteris superficials. Això permet automatitzar línies de preparació de comandes o de inspecció visual.
PERFIL TECNOLÒGIC	El nostre sistema pot identificar els productes extraient característiques i tolerant variacions gràcies a l'ús de xarxes neuronals convolucionals. Aquesta tecnologia combina la flexibilitat de la inspecció visual humana amb la velocitat i la robustesa d'un sistema de visió artificial.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Grupo bcvision
BENEFICIS DERIVATS	El sistema té molts avantatges per al client final perquè pot automatitzar un procés que actualment depèn del control humà, i pot aprendre qualsevol tipus de producte i classificar-lo. És molt fàcil entrenar nous productes o afegir variants als models gràcies a una interfície d'usuari molt amigable. Durant la producció, el sistema emmagatzema imatges i resultats per a un posterior reciclatge, anàlisi o post processament. Hi ha diferents versions de la màquina per adaptar-se a totes les necessitats del client i està preparada per treballar en ambients alimentaris i zones on es netegi amb aigua a pressió perquè compta amb la certificació IP69K. Hi ha dues versions de la màquina, una per a safates i una altra per a gavetes i pot incloure el transportador o instal·lar-se a la del client.
LÍNIES DE FUTUR	Esperem poder utilitzar aquest projecte per automatitzar processos manuals i visuals per expedició d'ordres, control de qualitat, classificació automàtica, entre d'altres. A més el primer target són les càrniques, però el producte pot fer-se servir en altres empreses del sector com les d'hortalisses, fruita, peix, etc...
Web	https://nevitecvision.com/

Cas il·lustratiu	SmartMeatSystems
BREU DESCRIPCIÓ EU	El desenvolupament d'un sistema intel·ligent que integri tota la informació dels processos per al seu monitoratge i la seva optimització.
REPTE	Digitalització de la indústria d'elaborats carnis.
SOLUCIÓ	Aplicació de la intel·ligència artificial a l'optimització dels processos d'elaboració de pernills.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'ha aplicat la intel·ligència artificial a les dades recollides durant el procés per tal de poder preveure l'evolució de la qualitat dels pernills en el temps, de forma que es poden prendre decisions durant l'elaboració per tal d'optimitzar el procés.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IRTA (Institut de Recerca i Tecnologies Agroalimentàries) i Secaderos de Almaguer, Monte Nevado, Cecinas Pablo. En aquest treball solament han participat les dues primeres empreses
BENEFICIS DERIVATS	Obtenció de productes de qualitat homogènia, optimització de la producció al poder agrupar els pernills per lots homogenis i per tant minimitzar les manipulacions de producte durant el procés d'elaboració. Aquestes millores representen una millora de la qualitat i una reducció de costos. Un dels problemes detectats es que les fonts de dades del procés no es troben integrades.
LÍNIES DE FUTUR	Aquest projecte s'ha portat a terme a una escala semi-industrial. El següent pas consisteix en implementar aquests algorismes en els sistemes de producció de les empreses. A més a més, s'ha detectat la possibilitat d'aplicar altres algorismes aprofitar millor les dades. S'està plantejant un nou projecte amb les empreses que han participat en aquesta activitat
Web	www.irta.cat

Cas il·lustratiu	Intel·ligència artificial aplicada a la valoració objectiva de la qualitat dels cereals
BREU DESCRIPCIÓ EU	El mercat de cereals a escala internacional depèn de la valoració objectiva de la qualitat dels grans. Avui dia aquesta valoració la fan analistes humans en laboratoris acreditats. Un cop quantificada l'abundància (percentatge en pes) de grans defectuosos, s'assigna una categoria a aquest material i aquesta categoria condiciona el preu a les negociacions. La solució desenvolupada consisteix a reemplaçar el criteri humà per un bessó digital que, sobre la base d'imatges i algorismes d'IA, valora objectivament la proporció de defectes.
REPTE	Subministrar una solució "clau-en-mà", utilitzable per operaris no experts, capaç d'operar 24/7 amb un manteniment mínim i disponible a un preu competitiu. El temps d'anàlisi d'una mostra és igual o inferior al que sol invertir un humà expert.
SOLUCIÓ	La solució comprèn un mòdul de dosificació de la mostra, un de visió artificial multiespectral i un altre de computació sobre la base de models de deep learning per a la classificació de les imatges dels grans de la mostra.
PERFIL TECNOLÒGIC	Ús de xarxes neuronals convolucionals amb arquitectures preexistents compatibles amb la naturalesa del problema i posades a punt mitjançant transfer learning mitjançant un procés d'entrenament acurat
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IRIS Technology Solutions S.L. és una enginyeria especialitzada en subministrar solucions per a la indústria manufacturera basades en tecnologies facilitadores (fotònica i intel·ligència artificial), entre d'altres. IRIS fabrica i instal·la la pròpia línia d'analitzadors en línia basats en l'espectroscopia.
BENEFICIS DERIVATS	Els usuaris es beneficien de poder dedicar el seu personal especialitzat a altres tasques analítiques de més valor afegit, augmentar el nombre d'anàlisis per unitat de temps així com millorar i estandaritzar la qualitat dels seus serveis. Per a l'empresa desenvolupadora, el benefici consisteix a ampliar la seva línia de productes i serveis en base a solucions deep tech.
LÍNIES DE FUTUR	Es preveu desenvolupar un sistema substancialment millorat quant a dimensions, preu i exactitud. El coneixement (know-how) aconseguit en el desenvolupament d'aquest sistema es farà servir per abordar aplicacions homòlogues per estendre l'aplicabilitat del concepte.
Web	https://www.iris-eng.com/

Cas il·lustratiu	Intel·ligència artificial aplicada a la classificació de productes d'acord amb la seva qualitat morfològica
BREU DESCRIPCIÓ EU	Els consumidors accepten o descarten certs productes -com és el cas dels filets de peix congelats- al lineal del supermercat basant-se en l'aparença visual del producte, especialment en aspectes morfològics. Això fa convenient separar el producte en almenys dues categories, una estàndard -destinada a un mercat menys exigent- i una altra de premium, destinada a consumidors disposats a pagar a canvi d'excel·lència. La solució descrita fa possible automatitzar aquesta classificació.
REPTE	Subministrar una solució clau-en-mà, utilitzable per operaris de baixa qualificació, capaç d'operar 24/7 en ambients humits i freds, amb un mínim manteniment i accessible a un preu competitiu. La solució ha de funcionar a les velocitats habituals a les línies d'envasament.
SOLUCIÓ	La solució comprèn la combinació d'un mòdul d'imatge -que consta d'una càmera que opera al VIS i d'un sistema d'il·luminació dissenyat especialment per aconseguir el màxim contrast amb mitjans de còmput que gestionen, d'una banda, un classificador basat en algorismes de deep learning i, de l'altra, el sistema electromecànic de separació (sorting). El treball d'integració en la línia de producció està inclòs en el subministrament.
PERFIL TECNOLÒGIC	Ús de xarxes neuronals convolucionals amb arquitectures preexistents compatibles amb la naturalesa del problema i posades a punt mitjançant transfer learning mitjançant un procés d'entrenament acurat.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	IRIS Technology Solutions S.L. és una enginyeria especialitzada en subministrar solucions per a la indústria manufacturera basades en tecnologies facilitadores (fotònica i intel·ligència artificial), entre d'altres. IRIS fabrica i instal·la la pròpia línia d'analitzadors en línia basats en l'espectroscopia.
BENEFICIS DERIVATS	Els usuaris (empreses de manipulació i envasament) es beneficien de reduir les reclamacions per qualitat percebuda i d'afegir valor gràcies a la classificació en diverses categories. Per a l'empresa desenvolupadora, el benefici consisteix a ampliar la seva línia de productes i serveis en base a solucions deep tech.
LÍNIES DE FUTUR	El coneixement (know-how) aconseguit en el desenvolupament d'aquest sistema es farà servir per abordar aplicacions homòlogues per estendre l'aplicabilitat del concepte.
Web	https://www.iris-eng.com/

Cas il·lustratiu	Automatització encaixat
BREU DESCRIPCIÓ EU	S'han implementat una sèrie de maquinària: formadora de caixes, robots encaixadors pick and place i tancadores de caixes, per tal de substituir tot el treball manual d'encaixat dels paquets produïts a 3 línies de producció. Bàsicament, tot el treball era manual sense cap mena de benefici afegit a la tasca.
REPTE	Prèviament s'havien de muntar les caixes i introduir els paquets de manera manual, a més de programar les impressores o etiquetadores manualment també. Aquí podíem tenir el risc d'equivocar-nos en el nombre de paquets per caixa, d'impressió o etiquetat. Amb el nou layout evitem aquestes possibles desviacions i a més es poden destriar aquells paquets defectuosos que no portin per exemple la traçabilitat (lot i data de caducitat). D'altra banda s'ha aconseguit reduir el treball manual.
SOLUCIÓ	Bàsicament s'ha implementat un layout complet de final de línia de producció. Tenim una formadora de caixes que forma caixes tipus packmaster. A partir d'aquí es configura tota la línia per tal que les diferents seccions i cintes de transport s'adaptin a les mides de la caixa. El següent pas són els robots de pick and place que omplen les caixes amb la disposició i número de paquets que comporta el format. Finalment van a parar a una tancadora de caixes on tenim una comprovació de pes per a la caixa resultant. En cas que hi falti algun paquet o en sobri, la caixa serà rebutjada.
PERFIL TECNOLÒGIC	La IA s'aplica a través de la programació dels robots. Com són dos robots combinats, estan en contacte entre ells per tal d'omplir al mateix temps una sèrie de 3 o 4 caixes al mateix temps. A través d'una matriu de posició els robots reconeixen els paquets del format que estem produïnt en aquell moment i els van col·locant a les caixes segons la disposició convinguda.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Hochland Española SA
BENEFICIS DERIVATS	Els beneficis directes del projecte són l'abaratiment del cost del producte ja que s'estan eliminant tasques manuals que no implicaven cap benefici afegit. A més a més, assegurem la qualitat del producte acabat tenint en compte el número de paquets i les impressions i/o etiquetatges correctes.
LÍNIES DE FUTUR	El projecte en sí mateix està acabat. Els propers passos seran la paletització de les caixes. Ja estem mirant diferents solucions relacionades amb robots col·laboratius per tal de poder millorar aquest aspecte de les línies.
Web	https://www.hochland.es/

Cas il·lustratiu	IA, Visió per Computador i Edge Computing per una producció segura i de qualitat
BREU DESCRIPCIÓ EU	La qualitat del producte final és un element clau que repercuteix directament en el nom d'una marca i, per tant, en les seves vendes i negoci. Addicionalment, en el sector agroalimentari, aquest efecte s'incrementa encara més ja que la seguretat i salut del consumidor final es troba lligada aquest factor. Així, el control de la qualitat i seguretat del producte final és un element crític que les empreses han de considerar.
REPTE	L'aparició de cossos estranys dins d'una ampolla de vi o la no homogeneïtat del propi vi implica un problema de qualitat del procés i un risc per al consumidor. La inspecció dels lots mitjançant tècniques automàtiques és complexa a causa de tipologia de problemes a detectar. Per exemple, el procés de degollament per a l'extracció de les lles de segona fermentació pot implicar el descantellat de la botella amb la consegüent aparició de petits vidres en el producte final.
SOLUCIÓ	Inspeccionar en temps real la totalitat de les ampolles de vi elaborades en una línia de producció, descartant la presència de cossos estranys i assegurant-ne la qualitat.
PERFIL TECNOLÒGIC	Sistemes de visió per computador, suportats per algorismes basats en aprenentatge profund, amb l'objectiu de processar de forma immediata i en temps real imatges de les botelles. Aquests models estan desplegados en la mateixa maquinària (Edge Computing) amb l'objectiu d'identificar, el més aviat possible, qualsevol cos estrany o problema en el producte i així descartar-lo.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Raventós Codorniu – projecte MISIONES CDTI Alimento21
BENEFICIS DERIVATS	Les noves tecnologies digitals poden ajudar a les empreses aconseguir el paradigma Zero Defect per una producció segura i sense defectes, assegurant així la qualitat del producte, la seguretat del consumidor, el nom de la marca i el negoci final.
LÍNIES DE FUTUR	L'aplicació d'aquest tipus de mecanismes es pot estendre per tota la cadena productiva agroalimentària, habilitant un sistema robust que assegura la qualitat final de qualsevol producte amb un dispositiu d'empaquetament.
Web	https://eurecat.org/es/portfolio-items/alimento21/

Cas il·lustratiu	Bessons Digitals i optimització de processos per la reducció dels consums energètic i hídric
BREU DESCRIPCIÓ EU	La indústria manufacturera en el sector agroalimentari es una gran consumidora de recursos, principalment d'energia i aigua, amb uns costos associats cada dia més elevats. L'ús adequat d'aquests recursos té un efecte directe en el rendiment de les empreses, la sostenibilitat, i l'impacte mediambiental, de manera que aquestes aposten, cada dia més, en noves tecnologies que les ajudin a controlar i optimitzar aquests consums.
REPTE	Els sistemes de fred industrial en una fàbrica de transformació i preparació de productes frescs i elaborats constitueixen un dels principals elements de consum energètic, donat que tota la infraestructura s'ha de trobar de forma constant a una temperatura controlada (per exemple magatzems nevera o congelador). Tanmateix, en el mateix context, l'aigua és un recurs que s'utilitza en la majoria dels processos en aquest tipus de fàbriques, ja sigui per l'ús directe com a ingredient principal del producte acabat, la neteja de la maquinaria o en altres serveis.
SOLUCIÓ	L'ús de noves tecnologies de l'àmbit de la IA i el processat de dades permet un ajust i parametrització dels processos específica a cada cas que es pot anar ajustant de forma dinàmica en funció de les necessitats. Addicionalment, també facilita la identificació de mal funcionaments dels sistemes que generin un ús elevat e innecessari dels recursos.
PERFIL TECNOLÒGIC	En un primer pas es desenvolupen bessons digitals dels sistemes sota estudi mitjançant models híbrids (aproximacions matemàtiques combinades amb algorismes basats en dades). A continuació s'utilitzen algorismes de l'àmbit de la optimització o l'aprenentatge per reforç per identificar els paràmetres de control més adequats que assegurin el correcte funcionament dels sistemes mentre es minimitza el seu consum.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Aldelis – projecte MISIONES CDTI Alimento21
BENEFICIS DERIVATS	Qualsevol reducció en els consums energètic o hídrics resulta en un elevat estalvi econòmic i una reducció de l'impacte mediambiental per part de les empreses manufactureres del sector agroalimentari. Així, mitjançant les noves tecnologies digitals, es possible establir un control més específic dels sistemes implicats amb l'objectiu de reduir aquests consums.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment, la recerca en l'àmbit industrial es centra en la creació de bessons digitals o models de simulació dels sistemes implicats, precisos i ràpids. Sobre aquesta base, s'intenta poder implementar sistemes de control avançat amb l'objectiu de maximitzar la producció i minimitzar els costos i l'impacte medi ambiental.
Web	https://www.aldelis.com/

Cas il·lustratiu	Seqüenciació òptima dels processos productius
BREU DESCRIPCIÓ EU	L'empresa manufacturera en l'àmbit agroalimentari es caracteritza per la complexitat en el procés de transformació de la matèria prima i creació del producte final. Aquesta complexitat inclou, també, aspectes de qualitat i seguretat alimentària que s'han de respectar i assegurar durant tota la cadena de processat. En conjunt, aquestes restriccions fan que els processos siguin costosos i que sigui necessària una planificació eficient de tot aquest cicle.
REPTE	Al llarg de la cadena de transformació de la matèria prima en producte final, sovint, s'utilitzen línies de producció amb maquinaria complexa que efectua varis processos en cadena (per exemple, mescla de productes, laminat, empaquetat, validació del producte, etc.). També, és habitual que una mateixa línia de producció sigui capaç de preparar diferents tipologies de producte final, simplement canviant la matèria prima d'entrada i les configuracions del sistema. D'aquesta manera, s'evita la necessitat de disposar d'una infraestructura específica per cada tipus de producte que, habitualment, estaria aturada. Tot i això, aquesta metodologia implica la necessitat de neteges (importants si es té en compte els al·lèrgens i altres restriccions) i reconfiguracions de maquinaria entre productes, fets que impacten directament al rendiment del sistema i als costos finals.
SOLUCIÓ	Es desenvolupa un servei de suport a la presa de decisions que permeti als operadors identificar quina és la seqüència òptima d'ordres de producció a realitzar que compleixi amb la demanda actual i minimitzi costos.
PERFIL TECNOLÒGIC	La solució modela el problema plantejat incloent les ordres de producció (tipus de producte, quantitat, temporalitat, etc.), necessitats de cada producte, restriccions per al·lèrgens, configuracions de maquinaria, etc., i utilitza algorismes d'IA del àmbit de la optimització per trobar la seqüència d'ordres de producció que compleix amb totes les restriccions i maximitzi/minimitzi certs indicadors (per exemple, el temps de producció)
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Prolongo – projecte MISIONES CDTI Alimento21
BENEFICIS DERIVATS	Una correcta planificació dels processos productius permet a les empreses maximitzar la cadena de producció, amb l'objectiu de complir amb la demanda dels consumidors mentre es minimitzen els costos associats. En aquest cas, de nou, la IA és un agent clau que permet enfocar i solucionar problemes d'alta complexitat en un espai de temps assumible.
LÍNIES DE FUTUR	Al problema plantejat se li poden afegir noves restriccions de manera que es tinguin en compte altres consideracions com, per exemple, costos energètics o prediccions de la demanda a llarg termini.
Web	https://eurecat.org/es/portfolio-items/alimento21/

A I.5. Cadena de valor

Cas il·lustratiu	AGRICOOOP BIGDATA: Processament intel·ligent de dades d'utilitat en els processos productius de les cooperatives
BREU DESCRIPCIÓ EU	Explotació de les fonts de dades fiables existents sobre les explotacions agropecuàries vinculades a cooperatives agràries per oferir informació d'utilitat en la presa de decisions dels òrgans de direcció de les cooperatives.
REPTE	Millorar les decisions estratègiques de les cooperatives agràries a partir de dades objectives i fiables de la seva base social.
SOLUCIÓ	Sistematitzar la generació d'informació d'interès estratègic a partir de dades fiables de les explotacions dels socis de les cooperatives agràries.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'empren eines de Machine learning i Knowledge discovery.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Federació de Cooperatives Agràries de Catalunya, Universitat de Lleida - Grup d'investigació Alb25@
BENEFICIS DERIVATS	Permet la generació d'informació de prospectiva a partir de dades històriques de més de 12.000 explotacions agropecuàries catalanes aportant el sector una informació sistematitzada que permet planificar amb major precisió les estratègies de futur sectorials i particulars per cada cooperativa agrària. El projecte aproxima la IA al sector i n'expandeix la seva aplicació i coneixement.
LÍNIES DE FUTUR	Creació d'una cooperativa de dades que aglutini dades captades pels diferents sensors existents en les explotacions agropecuàries i indústries alimentaris de les cooperatives agràries per a la seva acumulació sistematitzada i posterior explotació en règim cooperatiu.
Web	https://www.cooperativesagraries.cat/ca/projectes-assolits/l/10489-agricoop-bigdata.html

Cas il·lustratiu	VOTTUN Plataforma traçabilitat blockchain
BREU DESCRIPCIÓ EU	VOTTUN ha dissenyat una arquitectura que permet incorporar la tecnologia blockchain simplificant la complexitat requerida a l'hora d'interactuar amb una xarxa blockchain. La seva plataforma permet integrar-se amb els sistemes de cadena de subministrament (SCM) proporcionant control, transparència, seguretat i confiança.
REPTE	A través del seu protocol proporcionar transparència, seguretat i confiança en la implantació de sistemes de traçabilitat alimentària.
SOLUCIÓ	VOTTUN ha patentat la seva solució d'interoperabilitat que li permet enllaçar dades úniques entre diferents xarxes blockchain amb les respectives claus públiques i privades que permeten accedir a les dades existents a cadascuna de les respectives blockchain. Dins del sector alimentari són diverses les empreses que estan utilitzant la plataforma de VOTTUN per implementar un sistema de traçabilitat alimentària. El consorci de fruites i verdures EDENFRESH utilitza la plataforma per implementar un sistema de traçabilitat on registra les dades del producte des del seu origen fins al punt de venda final, i les posa a disposició del client. Montsoliu, productor gironí d'ous ecològics, utilitza la plataforma per a proporcionar transparència sobre l'origen i tractaments dels ous. Permet establir una relació de confiança amb el consumidor final al certificar la informació del seus productes. Caladero, subministrador de peix, utilitza la tecnologia blockchain per disposar d'un entorn distribuït i segur, que permet registrar de manera transparent l'evolució de la informació, els agents que participen, així com informació específica que permet diferenciar la qualitat i procedència del peix.... mitjançant aquest registre de dades generades es genera un historial que permet realitzar un seguiment del producte en tota la cadena de producció i subministrament. Calconut, empresa líder en el comerç internacional d'ametlles i fruits secs. Utilitza la tecnologia blockchain per lluitar contra el frau, fet que li permet certificar l'origen ecològic dels seus productes, a més d'una sèrie de dades referents a la traçabilitat durant tot el procés, aportant confiança i seguretat al consumidor.
PERFIL TECNOLÒGIC	La plataforma de VOTTUN permet certificar la qualitat i les seves identitats digitals (procedència, certificats, propietat, empremta co2, sembra, tractament, processament, entrega, etc.).
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	VOTTUN fundada el 2018 amb base a Catalunya i els EUA, és una plataforma que traça i certifica dades mitjançant la tecnologia blockchain. VOTTUN ajuda les empreses a millorar els seus processos amb la tecnologia, digitalitzant i millorant-ne els resultats. La nostra solució és escalable, fàcil d'adoptar, interoperable amb els seus sistemes i agnòstica en termes de blockchain. Vottun es nombrat per Gartner com a "retailers" a seguir, entre altres reconeixements nacionals i internacionals.
BENEFICIS DERIVATS	Els casos d'ús de VOTTUN van destinats a millorar la traçabilitat i control de proveïdors a nivell de màrqueting poder crear QR que mostrin al client final les bondats del producte amb total confiança, ja sigui l'origen de matèries primeres, bons mètodes de producció o pràctiques de sostenibilitat.
LÍNIES DE FUTUR	VOTTUN es líder amb traçabilitat amb tecnologia blockchain a Espanya, tenint una plataforma probada y amb producció de fa més de 4 anys.
Web	www.vottun.com

Cas il·lustratiu	AI labs- Biolab ponent
BREU DESCRIPCIÓ EU	Implementar un Pilot de desenvolupament d'AI LABS en el context Agro, lligat amb el PAI d'Agro de CIDAI
REPTE	Implementar un model de 4-helix, basat en reptes, per la injecció d'IA en el sector Agro.
SOLUCIÓ	Un programa AI LAB, que pugui ser escalat a altres contextos.
PERFIL TECNOLÒGIC	En diversos àmbits: Agricultura de precisió, comunitat, i altres.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Centre de Visió per Computador - Coordinador de la Tasca AI LABS de Cidai en el sector Agro.
BENEFICIS DERIVATS	Millora de la producció, optimització de processos.
LÍNIES DE FUTUR	AI LABS forma part de l'estratègia d'IA de la Generalitat de Catalunya. Durant Q2 2022 es farà el disseny del model. En Q3 2022 definirem la governança i primeres accions. Q1 2023 servirà per implementar el gruix del projecte, que es validarà en Q4 2023.
Web	www.cvc.uab.cat ; http://www.biolabponent.eu/

Cas il·lustratiu	LOGISITCS AI
BREU DESCRIPCIÓ EU	El sector agroalimentari s'ha d'aprofitar dels avenços que l'era de la digitalització està aportant per millorar la seva competitivitat i eficiència, per fer un millor ús dels recursos, i millorar el temps de resposta i adaptació davant esdeveniments imprevistos. Les diferents parts interessades en la cadena de subministrament d'aliments, i els productes en si, presenten condicions canviants que tenen un gran impacte en les etapes logístiques de la distribució del producte (per exemple retards en l'entrega, clients no presents, qualitat del producte no acceptable, etc.).
REPTE	Els problemes venen per diferents fonts. D'una banda, algunes vegades els productes no compleixen amb la qualitat o altres requisits d'entrega, cosa que genera devolucions i la pèrdua de confiança dels clients. D'altra banda, alguns clients tendeixen a tenir característiques diferents (requisits geogràfics, termini d'entrega de temps, exigències de qualitat, etc.), o fins i tot més incidències que d'altres (clients que no paguen, lliuraments no rendibles a causa d'algunes característiques, etc.). D'aquesta manera, hi ha una clara necessitat d'aplicar solucions avançades per ajudar a enfrontar aquestes situacions, minimitzar o eliminar els seus impactes, i fomentar avenços disruptius en el sector.
SOLUCIÓ	LOGISITCS AI presenta una solució innovadora basada en els àmbits de la ciència de dades, la intel·ligència artificial i el big data. Mitjançant aquests, s'han desenvolupat mecanismes intel·ligents per donar suport a la presa de decisions en aquest sector. Una de les principals problemàtiques de la gestió logística és el dimensionament adequat de les flotes de distribució. Les PIMES compten amb flotes de transport ajustades a les seves necessitats, però en molts casos incapaces d'assumir pics de demanda. Per això, mitjançant un sistema de predictiu, es pretén tenir una visió a curt i mitjà termini de la demanda, considerant paràmetres geoespacionals i temporals, per fer un millor ús de la flota pròpia i, en cas de ser necessari, tenir millors indicadors per subcontractar els recursos que manquen. En la mateixa línia, i amb l'objectiu d'identificar de forma ràpida possibles comandes conflictives (com productes peribles que cal mantenir-los en condicions estables i específiques), es desenvolupa un mòdul de seguiment de comandes. Aquest mecanisme permetrà als gestors de comandes identificar de forma instantània aquelles comandes problemàtiques, de manera que serà necessari dedicar-les un altre tipus de tracte més específic. Gràcies a aquesta identificació primerenca, els gestors podran adequar, sense costos inesperats, tota la programació de la logística de repartiment adaptant la distribució de tal manera que es compleixi amb els requisits de tots els encàrrecs. Finalment, aquest sistema es complementa amb un mòdul per al processament de dades en temps real enfocat a la detecció de possibles comandes entregades amb retràs o productes amb pèrdua de qualitat. Aquest component facilita als gestors i transportistes la capacitat de poder reaccionar a temps i realitzar les accions necessàries i adequades per prioritzar certs repartiments o reajustar les rutes de distribució assegurant així la correcta distribució de les comandes i productes. En conjunt, tots aquests serveis es suporten sobre una plataforma de dades amb capacitats per a processar grans volums de dades (big data) i escalar segons les necessitats i càrrega de treball.
PERFIL TECNOLÒGIC	El mòdul de predicció de la demanda planteja un problema regressiu que s'ha solucionat mitjançant algorismes de l'àmbit de l'aprenentatge profund (aprenentatge automàtic – aprenentatge supervisat). Aquí, s'han utilitzat arquitectures de xarxes neuronals tipus LSTM (Long Short Term Memory) que permeten treballar amb les components temporals de les dades. El mòdul d'identificació de comandes conflictives s'enfoca com un problema de classificació múltiple, on es busca categoritzar cada comanda en si és conflictiva o no i, en cas afirmatiu, quin és el motiu. Es soluciona mitjançant algorismes de la família Gradient Boosting (aprenentatge automàtic – aprenentatge supervisat). Finalment, el servei de processament de dades en temps real es basa en un sistema expert desplegat sobre una arquitectura big data basada en l'ecosistema Open Source Apache Hadoop. Aquest habilita la capacitat de processar grans volums de dades en temps real i escalar segons les necessitats.

PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Atlantis
BENEFICIS DERIVATS	Les solucions basades en dades presenten una eina clau en el sector agroalimentari ja que habiliten una presa de decisions avançada amb el que millorar la competitivitat i eficiència dels diferents agents implicats. Per això, es necessari partir de sistemes i entorns altament digitalitzats que permetin capturar, emmagatzemar i processar les dades de forma efectiva, sent aquest un primer pas necessari per la incorporació d'aquest tipus de tecnologia.
LÍNIES DE FUTUR	Gràcies a l'ús de tecnologia open source big data, la solució es pot desplegar tant en el cloud com en sistemes on premise i escalar sense limitacions en funció de les necessitats de còmput. Així, amb aquesta solució es presenta un sistema base, interoperable i complert en el que es poden anar incorporant nous mòduls intel·ligents per donar resposta a noves necessitats de forma simple i dinàmica.
Web	https://www.atlantisioe.com

