

## Rendibilitat de l'Agricultura de Precisió

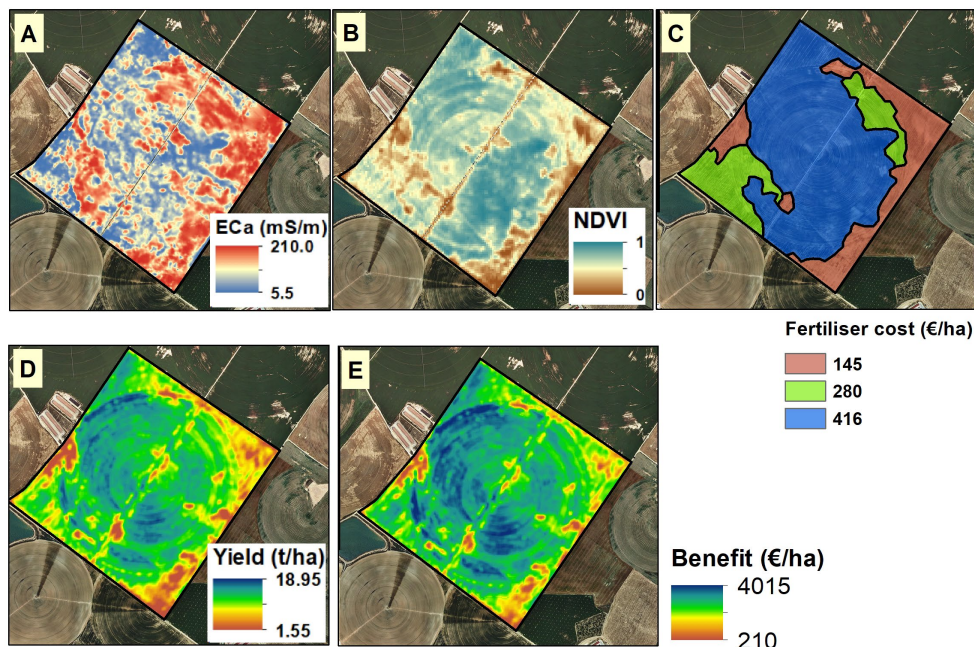
En agricultura convencional, les actuacions uniformes al camp i l'aplicació de recursos amb dosis úniques comporten costos uniformes per unitat de superfície tant de la maquinària com dels productes emprats. Des del moment en que el coneixement i la tecnologia permeten actuacions variables en Agricultura de Precisió, els costos derivats per hectàrea també esdevindran variables. No és el mateix aplicar 50 kg/ha de fertilitzant que 150 kg/ha. No és el mateix fer servir 250 L/ha de volum d'aplicació unitari en la distribució d'un producte fitosanitari que aplicar 500 L/ha. No és el mateix sembrar 85.000 llavors de panís per hectàrea que 100.000. A més, el fet de distribuir quantitats diferents de recursos per hectàrea també modifica les capacitats de treball dels equips i els seus rendiments i eficiències.

També cal tenir en compte que en Agricultura de Precisió també és possible obtenir mesures per a generar mapes del rendiment del cultiu o de collita, de manera que es pot conèixer la productivitat de cada zona del camp. En agricultura convencional, la producció d'un camp s'obté dividint la producció total per la superfície del camp, és a dir, que el que s'obté és una productivitat mitjana. Amb aquesta productivitat es poden estimar quins seran els ingressos per cada camp. En agricultura convencional es tindran el ingressos mitjans de tot el camp i, igual que en el cas dels costos, aquests ingressos seran constants per unitat de superfície. Tanmateix, en AP, els ingressos dins d'un mateix camp seran variables donat que es disposa de tecnologia suficient per a augmentar la resolució de les mesures de productivitat i passar d'un valor mitjà per a tot el camp en agricultura convencional a centenars o milers de valors cadascun amb les seves coordenades en AP.

El fet de disposar de mapes de productivitat permet generar mapes d'ingressos, a partir de les previsions dels preus de collita. I donat que, tal com s'ha dit abans, també es pot disposar de mapes de costos variables, amb algunes senzilles operacions de sumes i restes píxel a píxel en un **Sistema d'Informació Geogràfic** es pot obtenir un mapa de benefici d'un camp. Tal és el cas de la Figura 1. En aquesta figura s'observa un mapa de la conductivitat elèctrica aparent del sòl (**Figura 1A**) i un mapa de l'índex NDVI del cultiu (**Figura 1B**) d'una parcel·la. A partir d'aquests dos mapes es va generar una zonificació i una prescripció de fertilització variable amb un cost associat a cada zona, segons la dosi de fertilitzant a aplicar (**Figura 1C**). A la **Figura 1D** es pot observar un mapa de la productivitat del camp fet amb una recol·lectora equipada amb



un monitor de collita. Aquest mapa es pot convertir en un mapa d'ingressos amb el preu que es pugui aconseguir per quilogram o per tona de cultiu. Finalment, a aquest mapa d'ingressos variables se li pot restar el mapa de costos variables i s'obté el mapa de benefici per a aquell camp (Figura 1E).



**Figura 1.** Mapes de conductivitat elèctrica aparent (A), de l'índex NDVI (B), de costos de fertilització per zones (C), de productivitat o collita (D) i de benefici (E) d'un parcel·la sembrada amb ordi.

En un mapa de benefici variable es poden observar zones més rendibles i zones menys rendibles. Fins i tot, es podria donar el cas que hi hagués zones en les que no sortiria a compte realitzar-hi cap actuació perquè la producció aconseguida les faria deficitàries. Aquesta informació tan valuosa per a una explotació serà el punt de partida de les actuacions a realitzar la següent temporada que, a més dels aspectes purament agronòmics, també caldrà que consideri els econòmics. En cultius extensius és relativament senzill aconseguir mapes de productivitat o collita. Tanmateix, en cultius llenyosos actualment és possible obtenir-los en vinya i en ametllers i olivers superintensiu, ja que és relativament senzill instal·lar monitors de collita en els equips de recol·lecció. En la resta de cultius, aconseguir un mapa de collita més o menys automàtic és encara lluny. Confiam en que la recol·lecció robotitzada ens faciliti la feina.

Però quant costa fer Agricultura de Precisió? La resposta no és fàcil. Com a primera idea, el cost podria variar entre 3 €/ha i 15 €/ha per a solucions d'AP



molt senzilles i arribar als 40 €/ha per a solucions més avançades. Aquestes dades s'han extret d'exemples australians i s'han de revisar per a cada cas particular. Actualment, no hi ha massa casos d'estudi a Catalunya i seria convenient disposar de tota una col·lecció per a poder valorar millor la conveniència d'adoptar estratègies d'AP. La qüestió clau és analitzar si val la pena adoptar l'AP tenint en compte la visió més àmplia d'economia de l'explotació sencera. Per a abordar aquest problema, començar per un equilibri econòmic entre costos i beneficis és una manera senzilla d'obtenir informació i donar suport a la presa de decisions. Tanmateix, a banda de consideracions estrictament financeres, hi ha altres aspectes que, sent més difícils de valorar a llarg termini, també són molt importants per a la sostenibilitat de les explotacions. Ens referim als impactes positius de l'AP en el medi ambient, en la logística operativa de l'explotació i, fins i tot, en posar en valor social el treball dels agricultors. Per tant, a més dels beneficis econòmics en el compte del balanç, s'han de tenir en compte altres qüestions rellevants abans de decidir si s'ha de fer AP o no. Tanmateix, una anàlisi tan completa és difícil de realitzar perquè no és tan fàcil assignar un valor econòmic als avantatges i impactes esmentats anteriorment. Per posar un exemple, com s'han de quantificar les reduccions de la contaminació per fitosanitaris mitjançant la utilització de polvoritzadors de precisió? O quin valor econòmic s'hauria d'assignar al guiatge automàtic i a la seva influència en la reducció de la fatiga del conductor i la reducció de zones no tractes o sobredosificades per tal d'aconseguir operacions de camp de més qualitat?

En AP hi ha diferents nivells de tecnologia i diferents estratègies i els agricultors han d'optar per aquelles tecnologies que millor s'adaptin a les seves explotacions. Les aplicacions d'AP que poden funcionar en una explotació específica poden no ser les més adequades per a una altra. Tampoc és convenient adquirir el paquet sencer de solucions d'AP sense tenir experiència prèvia. Cal definir quins són els **itineraris d'adopció** més adients a cada sistema agrícola, tenint en compte els cultius, les dimensions de les explotacions, l'actitud de l'agricultor, etc. Sortir de dubtes començant amb una anàlisi econòmica és el primer que vol l'agricultor i, per aquest motiu, avaluar els resultats de la inversió en AP mitjançant un balanç financer sovint és una bona opció per començar.

Quan es planteja l'oportunitat d'adoptar l'AP, l'anàlisi econòmica s'ha de centrar primer en les possibles reduccions dels recursos a distribuir (adobs, productes fitosanitaris, llavors, reg) derivades de l'ús de tecnologies d'AP. És a dir, els costos d'inversió addicionals en AP s'han de compensar amb majors beneficis derivats de la reducció dels recursos necessaris i els seus costos d'aplicació. Quan no és possible una reducció d'aquests recursos a causa de la redistribució al camp, cal esperar un augment de la producció i/o de la seva qualitat. Per tenir en compte tot això en termes econòmics, un enfocament



de balanç proporciona un mètode fiable per avaluar els resultats de la inversió en AP. De fet, els agricultors només necessiten estimar de manera fiable quins són els costos i els beneficis. Tot i que hi ha moltes operacions d'AP que poden comportar beneficis econòmics, dues àrees estan cridant més l'atenció dels agricultors. En primer lloc, molts agricultors estan adoptant amb èxit ajudes per a la navegació de vehicles (direcció automàtica i guia) basades en sistemes globals de navegació per satèl·lit (GNSS), conscients que la reducció d'inputs requereix fer aplicacions de camp (fins i tot taxes de dosi uniformes per a tota la parcel·la) de la manera més eficient possible. El tràfic de vehicles és tan precís mitjançant l'ús d'aquests sistemes de navegació que permeten obtenir estalvis d'inputs reduint zones superposades o doblement tractades. Així mateix, s'eviten les zones no tractades (contribuint a millorar el rendiment i reduir el consum de combustible per tractaments addicionals), i també es registra i georeferencia la traçabilitat per a posteriors decisions de gestió. En segon lloc, els agricultors haurien de valorar invertir en aquests sistemes d'orientació i altres tecnologies d'aplicació de taxa variable (VRT) per gestionar la variabilitat dels cultius a les seves parcel·les o finques. En aquest cas, el maneig específic localitzat de cultius (en anglès, **Site-Specific Crop Management** o **SSCM**) és la forma més eficaç d'optimitzar els inputs i augmentar els ingressos de producció.

Per ajudar en la presa de decisions, en un cas o en un altre, un simple full de càlcul hauria de permetre obtenir el balanç, considerant costos i beneficis per hectàrea. Aleshores, què dificulta l'anàlisi econòmica? Bé, molt senzill. La dificultat rau en quantificar els costos i beneficis que en última instància depenen de la gestió de la variabilitat per a cada explotació concreta. Per tenir una idea econòmica de la seva magnitud, la **Taula 1** ofereix els costos estimats dels components i la informació necessària per a les tecnologies d'AP (preus de 2018). Els preus són variables segons l'equip i el tipus de servei, per la qual cosa els agricultors haurien de contactar amb els seus proveïdors de serveis per conèixer preus més ajustats als seus sistemes de producció. Pel que fa als contractes, els preus solen variar segons la superfície (hectàrees) de la finca. A més, els costos d'imatges remotes de drons o avionetes depenen no només de les hectàrees a mesurar sinó també de vegades també del nombre de vols contractats. Segons el tipus de cultiu, la cartografia i la interpretació d'imatges remotes pot suposar un cost addicional de 5 a 10 €/ha en fructicultura en comparació amb els cultius extensius.





**Taula 1.** Costos estimats per a l'adquisició de tecnologies i serveis d'Agricultura de Precisió (estudi realitzat l'any 2018).

Tecnologia o servei	Cost	Vida útil (anys)
<b>Ajudes al guiatge d'equips</b>		
Assistència al guiatge	5.750 a 8.250 €	7
Guiatge automatitzat	9.050 a 15.000 €	7
<b>Detecció propra</b>		
Monitor de collita (cereals)	12.200 €	7
Productivitat (cereal): servei de recol·lecció + mapat de productivitat	70 a 80 + 5 €/ha	1
Sensors propers de cultiu o males herbes (una unitat)	4.050 €	7
Mostreig conductivitat elèctrica aparent del sòl (servei)	12,1 a 14,5 €/ha	3
Mostreig i anàlisi de mostres de sòl convencionals	52 €/mostra	3
<b>Teledetecció</b>		
Imatgeria satel·litària (resolució 3 m/píxel)	2,4 a 6 €/ha/any*	1
Imatgeria des d'avioneta tripulada	5 a 10 €/ha/vol	1
Imatgeria des de dron o UAV	20 €/ha/vol	1
<b>Tecnologies d'aplicació variable (VRT)</b>		
Sembra: servei de sembra variable	45 + 10 €/ha	1
Sembra directa: servei de sembra variable	55 + 10 €/ha	
Fertilització: servei fertilització variable	10 a 13 €/ha**	1
Aplicació variable de fitosanitaris	10 a 13 €/ha**	1
<b>Consultoria AP</b>		
Servei de consultoria per a tota la temporada	10 a 35 €/ha	1

\* 2,4 €/ha/any per a agricultors amb més de 5000 ha.

\*\* No inclou el cost del servei de consultoria per a preparar el mapa de prescripció.



En resum, són possibles diversos enfocaments per començar a implementar l'AP a nivell comercial d'una manera rendible. Tots ells requereixen una important inversió inicial ja sigui en equipament, serveis de consultoria, formació o temps. Un agricultor pot optar per una AP dura (*Hard PA*) o una AP suau (*Soft AP*) o pot optar per desenvolupar les seves pròpies solucions adaptades o utilitzar els equips convencionals disponibles. Una altra cosa a considerar és si s'utilitza l'AP basada en mapes o bé l'AP en temps real.

Com en qualsevol altre cas, les decisions s'han de prendre després d'entendre què hi ha darrere de cadascuna de les possibles alternatives. D'una banda, l'AP dura juntament amb l'adopció de solucions en temps real basades en sensors sol requerir menys formació per part dels agricultors però un major capital inicial. També és important comprovar que les decisions que s'adoptaran de forma automàtica i sense validació siguin les adequades per a aquell cas concret. D'altra banda, l'AP suau basada en mapes requerirà més coneixement i formació i/o més assessorament per a adaptar les solucions a l'explotació. Igualment, no podem descartar l'adopció de l'AP en explotacions petites sense haver analitzat la seva possible rendibilitat. Tampoc podem assegurar que l'AP sigui rendible en explotacions grans. Tot dependrà de la seva variabilitat i de tots els aspectes econòmics esmentats anteriorment.

Tanmateix, siguin quines siguin les solucions adoptades, és crucial assegurar-se que siguin factibles, fiables i rendibles. Una bona manera d'avaluar-ho és utilitzant tècniques d'**experimentació a l'explotació** (en anglès, ***On-Farm Experimentation***). Quines són les dosis de fertilitzant més adequades a cadascuna de les zones de gestió delimitades? Quina és la densitat de llavor òptima? Quina és la millor dosi de producte fitosanitari o herbicida? Quan i quant cal regar? Són preguntes per respondre que afecten en gran mesura els resultats de la temporada. Les tècniques d'**experimentació a l'explotació**, juntament amb les solucions de monitoratge de l'AP poden ajudar els agricultors i tècnics a prendre decisions més ben fonamentades. L'objectiu és augmentar la productivitat dels cultius i/o la qualitat del producte obtingut mitjançant un ús més eficient dels recursos per garantir la sostenibilitat de l'explotació alhora que es minimitzen els riscos mediambientals. Així és l'Agricultura de Precisió.

L'autoria d'aquest document és del **Grup de Recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió** i ha estat elaborat per Àlex Escolà amb el suport de Carla Román.



Aquesta obra està sota una llicència de Creative Commons Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Activitat finançada a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2014-2022

