

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026



Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Dr. Jordi Llorens Calveras

Professor Lector Serra Hunter

Grup de recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió – GRAP
Universitat de Lleida / Agrotecnio-CERCA Center

PAgPROTECT (PID2021-1266480B-I00)



Universitat de Lleida
Grup de Recerca AgròTICa i Agricultura de Precisió (GRAP)



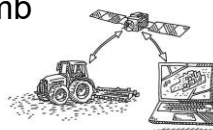
1

AP-Actuació

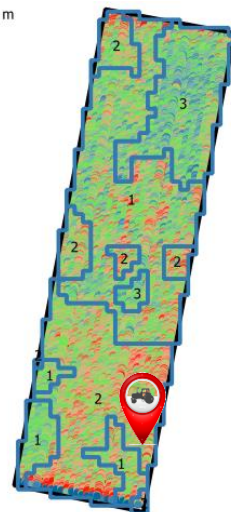
Tecnologies d'actuació variable (VRT)

B. Realitzar una dosificació diferenciada (Dosi variable)

- Basada en temps real i en sensors (sense SSNG)
- Basada en mapes de prescripció (amb SSNG)



0 30 m



Jornada PATT. Projecte PAgPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

3

3



Universitat de Lleida
Grup de Recerca AgròTICa i Agricultura de Precisió (GRAP)



1

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

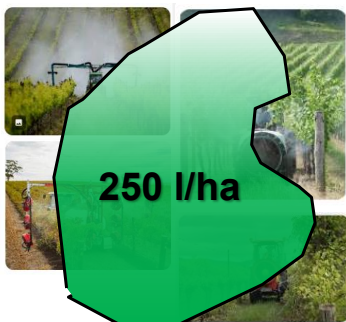
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

Introducció

Aplicació convencional Volum constant

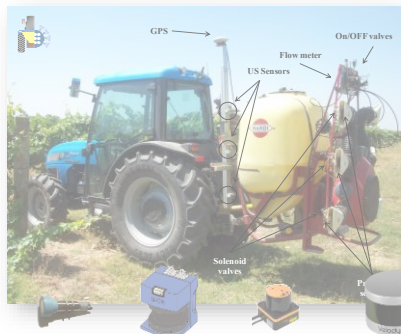


Aplicació variable (VRT):

Volum d'aplicació adaptat a les característiques de la vegetació

Basada en sensors i a temps real

Adaptar l'aplicació a les característiques de la vegetació mesurada in-situ



Basada en mapes

Ús de mapes creats prèviament per ajustar el volum d'aplicació

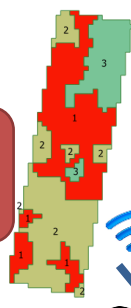


Jornada PATT. Projecte PaGPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Equipament

Mapes de prescripció

Arxius vectorials
ESRI Shapefile *.shp
GeoJSON *.geojson
Sistema de coordenades
EPSG: 4326 WGS 84



GNSS

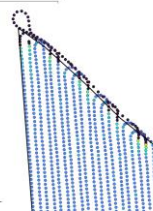


Control de Volum d'aplicació

Obertura sectors i control de la pressió



Mapa d'aplicació



Broquets ATR 80°



Jornada PATT. Projecte PaGPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

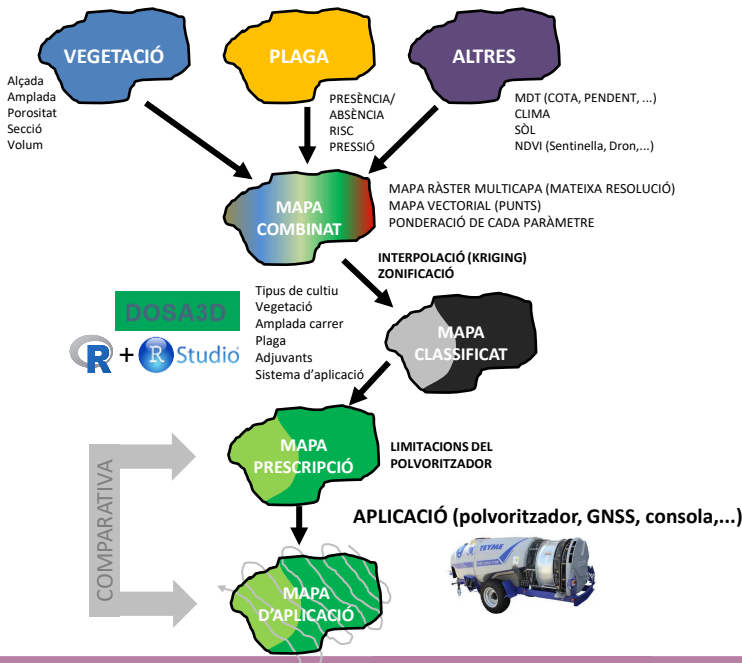
Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Jornada tècnica Lleida, dijous 28 maig de 2026

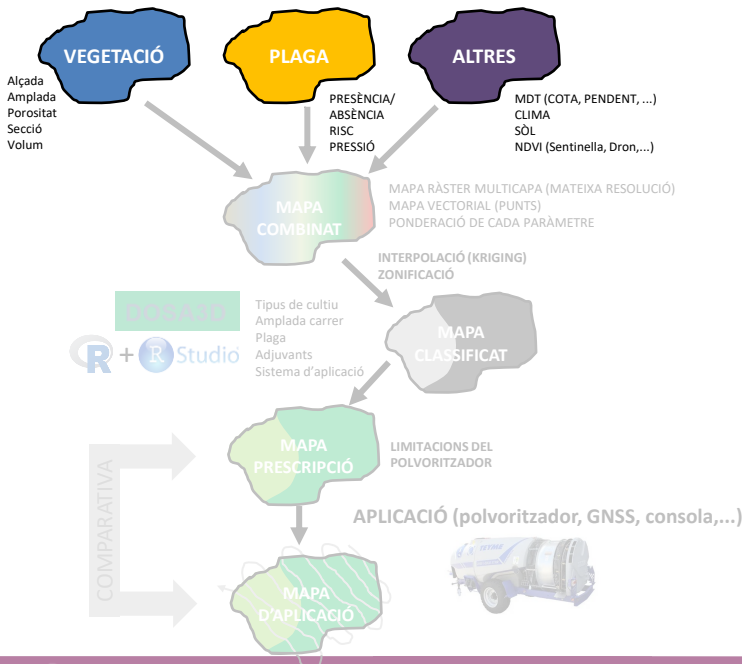
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Procediment per a l'obtenció de mapes de prescripció i mapes d'aplicació



Procediment per a l'obtenció de mapes de prescripció i mapes d'aplicació

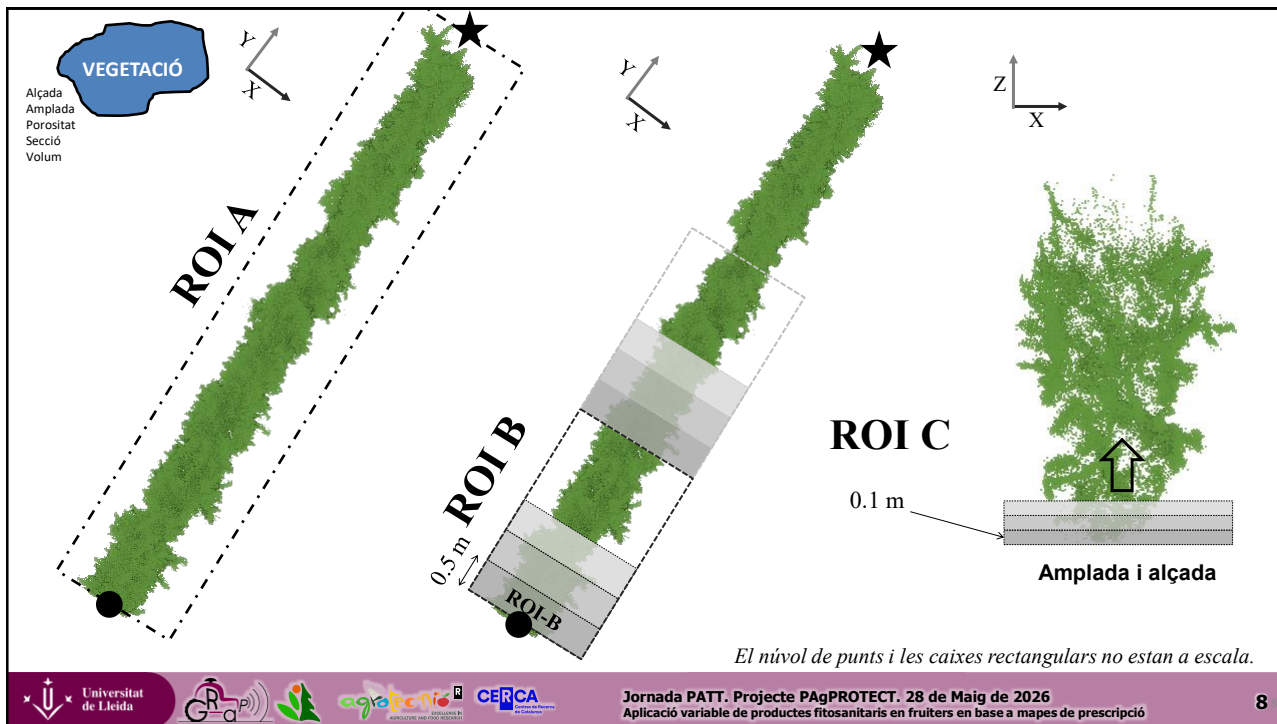


Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

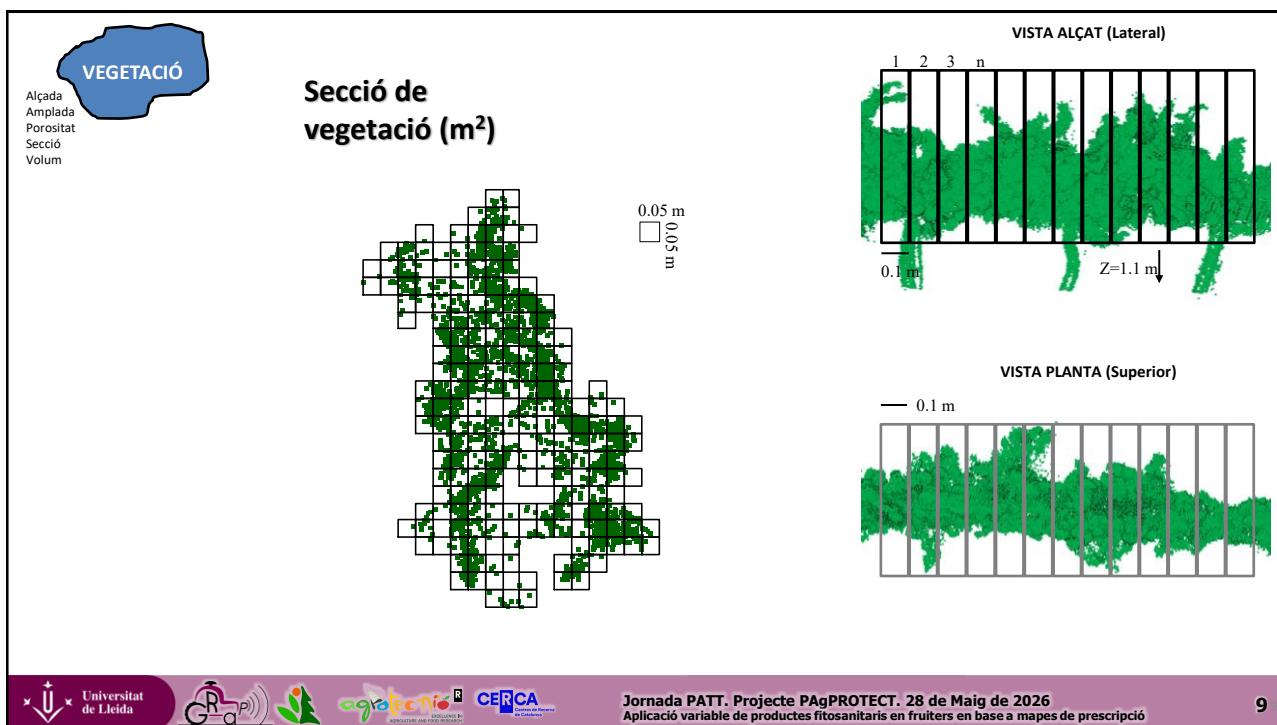
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026



8



9

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

VEGETACIÓ

Alçada
Amplada
Porositat
Volum (TRV)
Paret de vegetació (LWA)
LAI

Methodology for the assessment of leaf area in fruit tree orchards using a terrestrial LIDAR-based system
Lavaquió-Colell, B.; Llorens-Calveras, J.; Sanz, R.; et al. 2025. *Precision Agriculture* 26, 96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-025-10296-4>

Fig. 17 (part of) Scatter diagram and Pearson's lineal correlation between PTRS_n and LA when scanning the tree row with the LiDAR-based system only from one side including the former dataset. The analyzed tree row section is fixed at 1 m and the PTRS_n resolution is set at 0.5 m

Jornada PATT. Projecte PAgPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

10

10

PLAGA

PRESENCIA/
ABSÈNCIA
RISC
PRESSIÓ

Canopy map
Cross-sectional area (m²)
0.28, 1.71, 1.86, 1.97, 2.34

Pest map
Number of catches / trap
0, 1, 2, 3, ≥ 4

Classified map (2 classes)
Zones of vigor + pest
C1 (↓ vigor + ↑ pest)
C2 (↑ vigor + ↓ pest)

readjustment
DOSA3D

Prescription map
Volume application rates (l/ha)
V1, V2

Jornada PATT. Projecte PAgPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

11

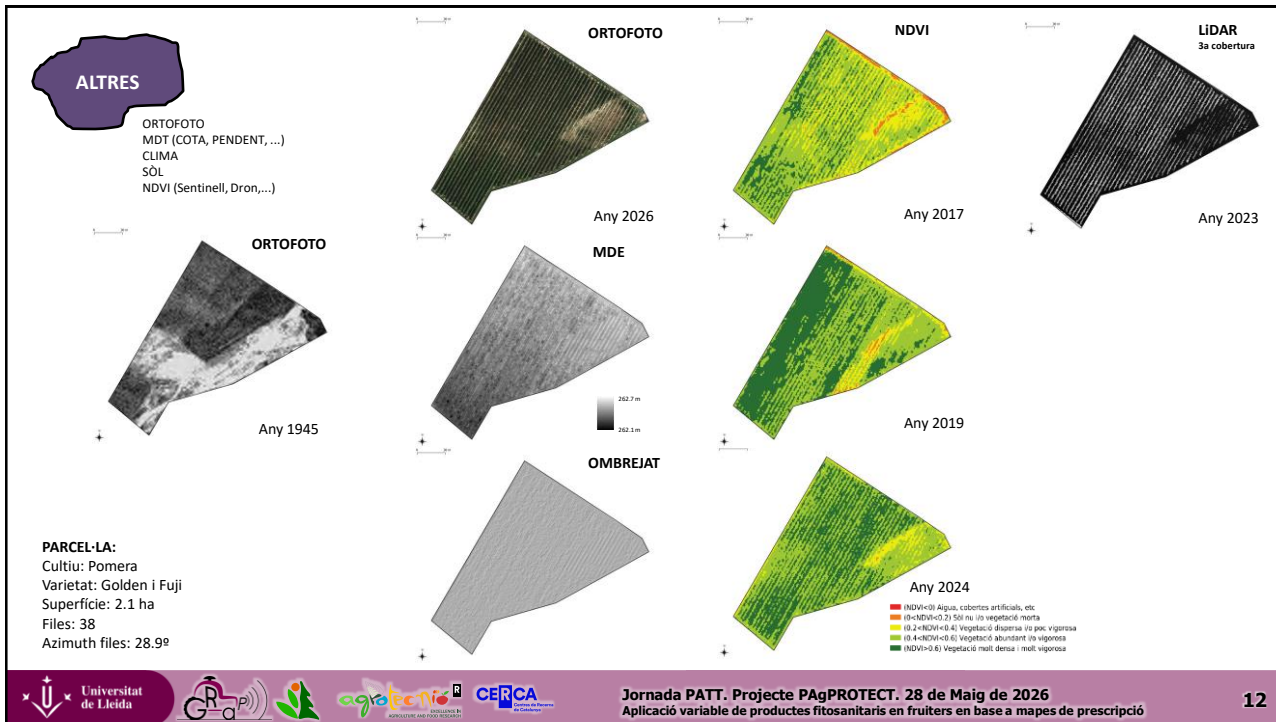
11

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

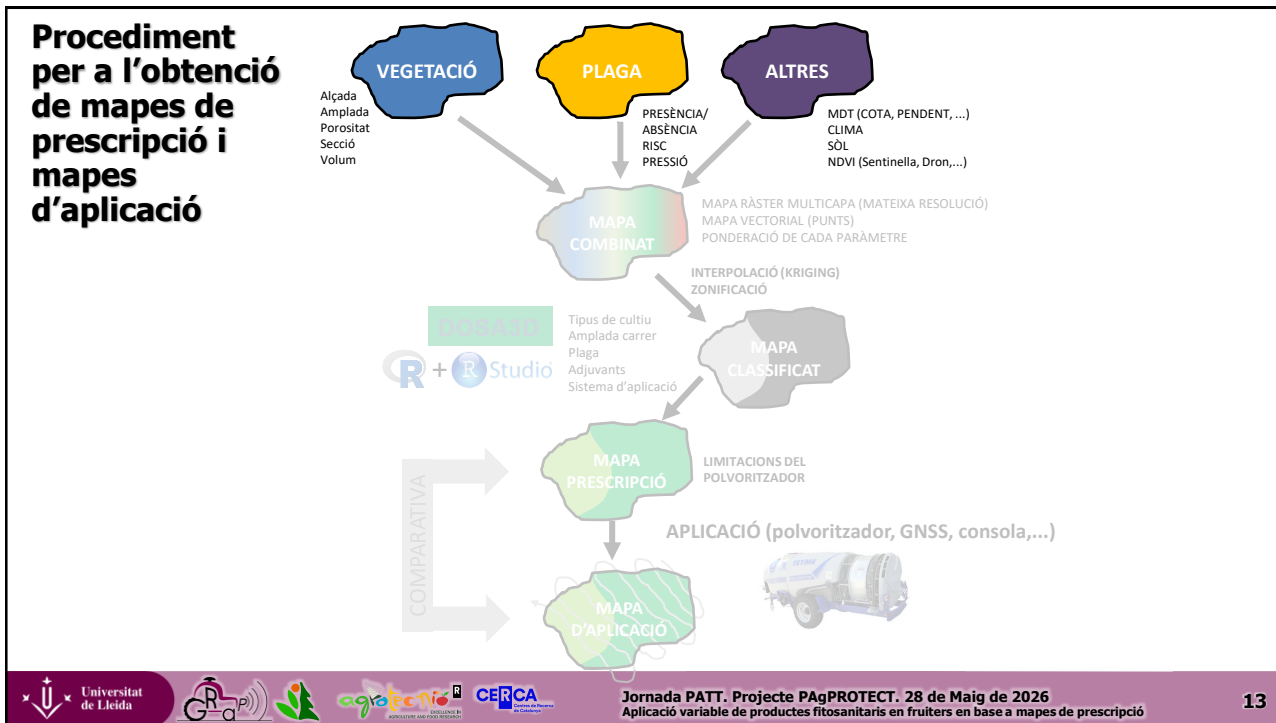
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026



12

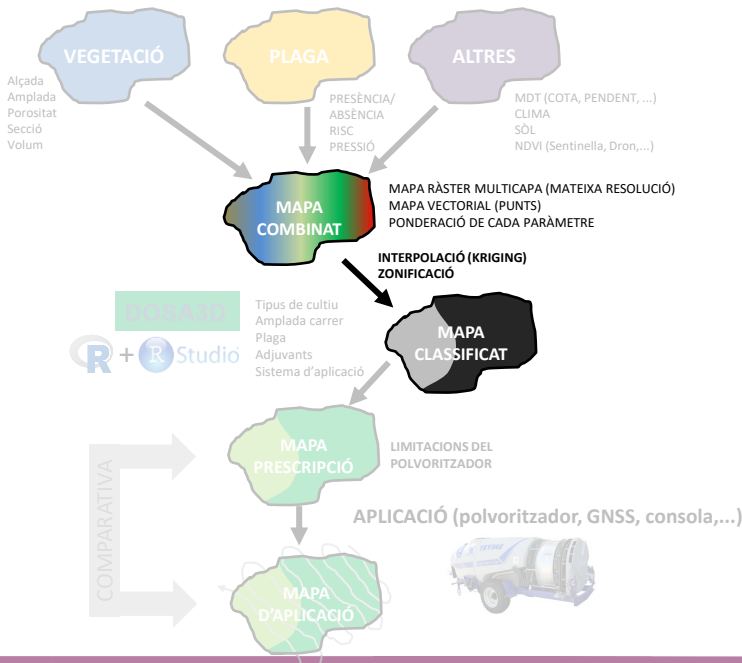


13

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

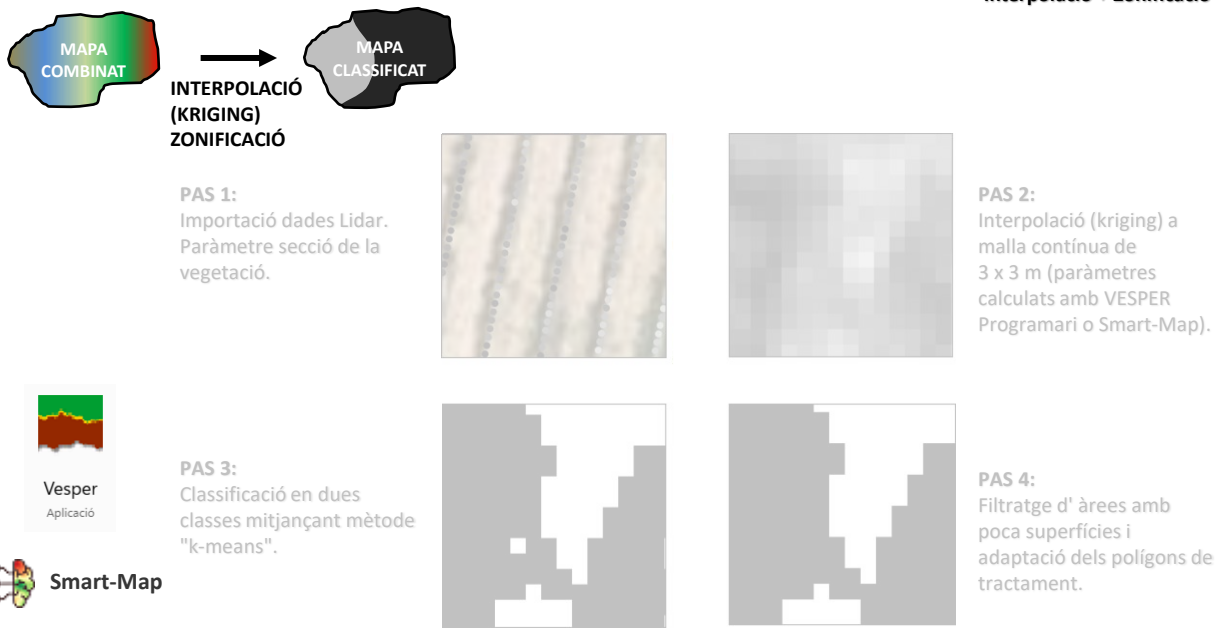
Jordi Llorens

Procediment per a l'obtenció de mapes de prescripció i mapes d'aplicació



14

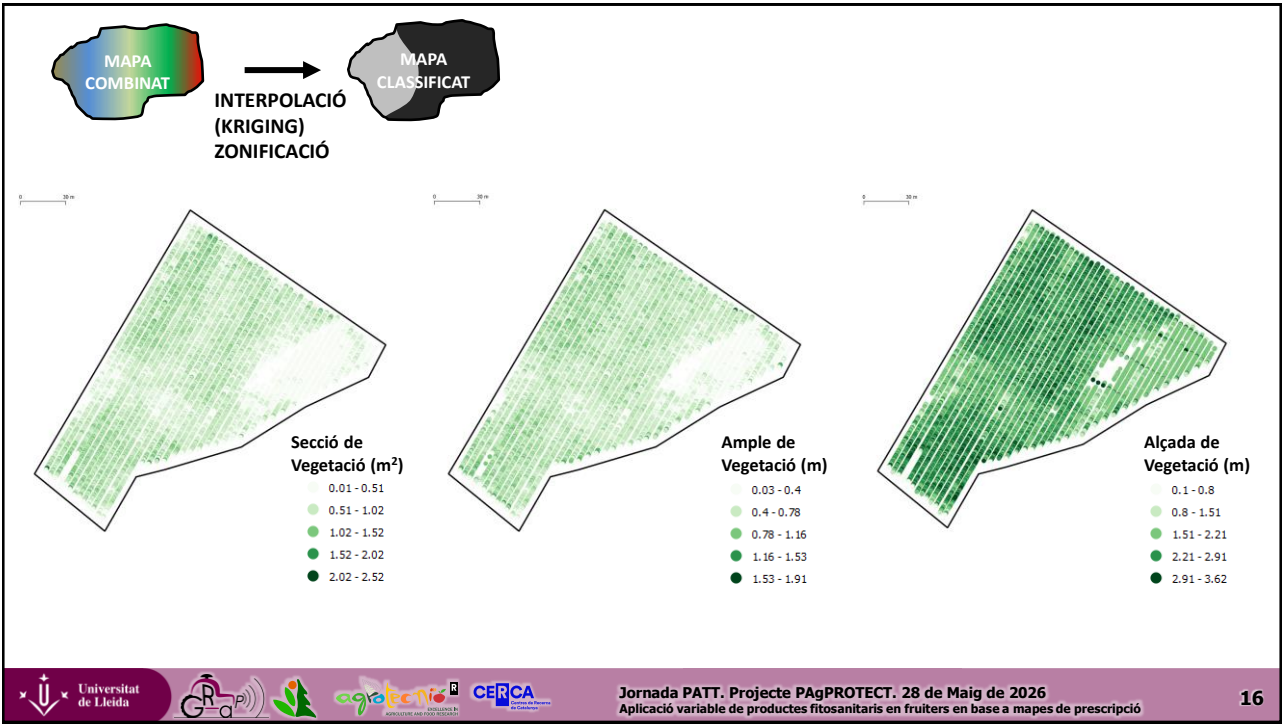
Interpolació + Zonificació



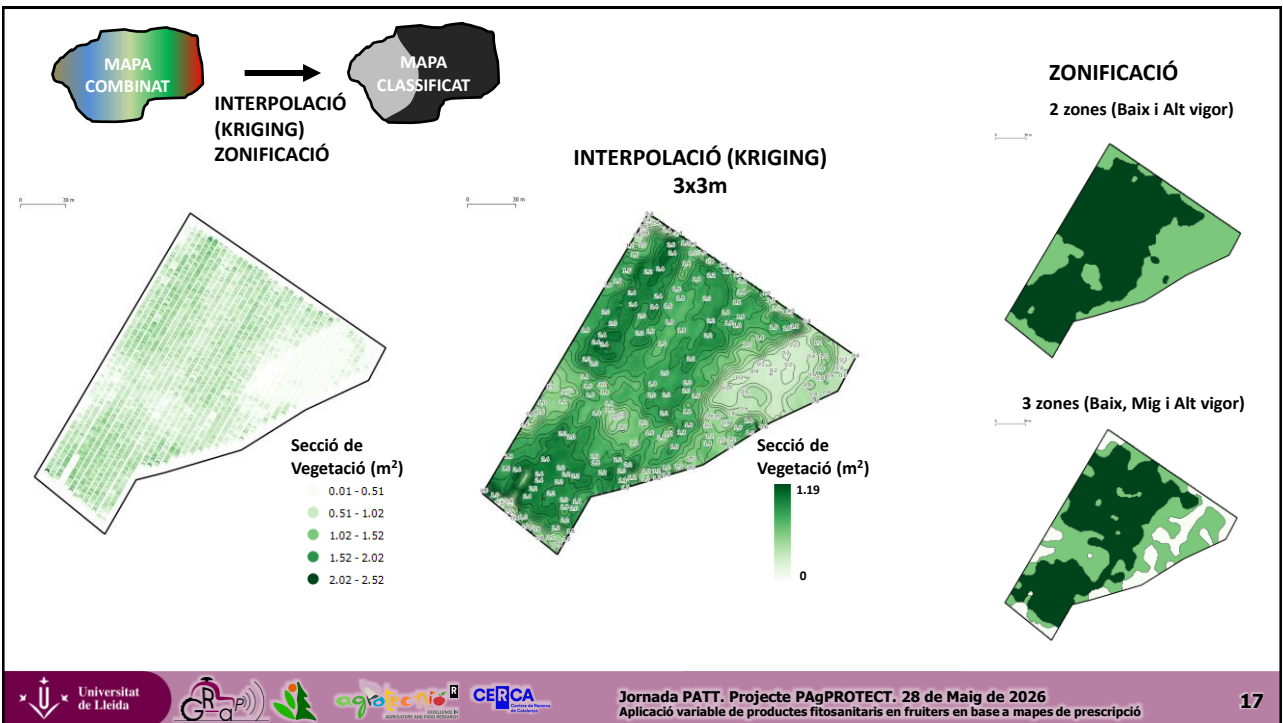
15

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens



16



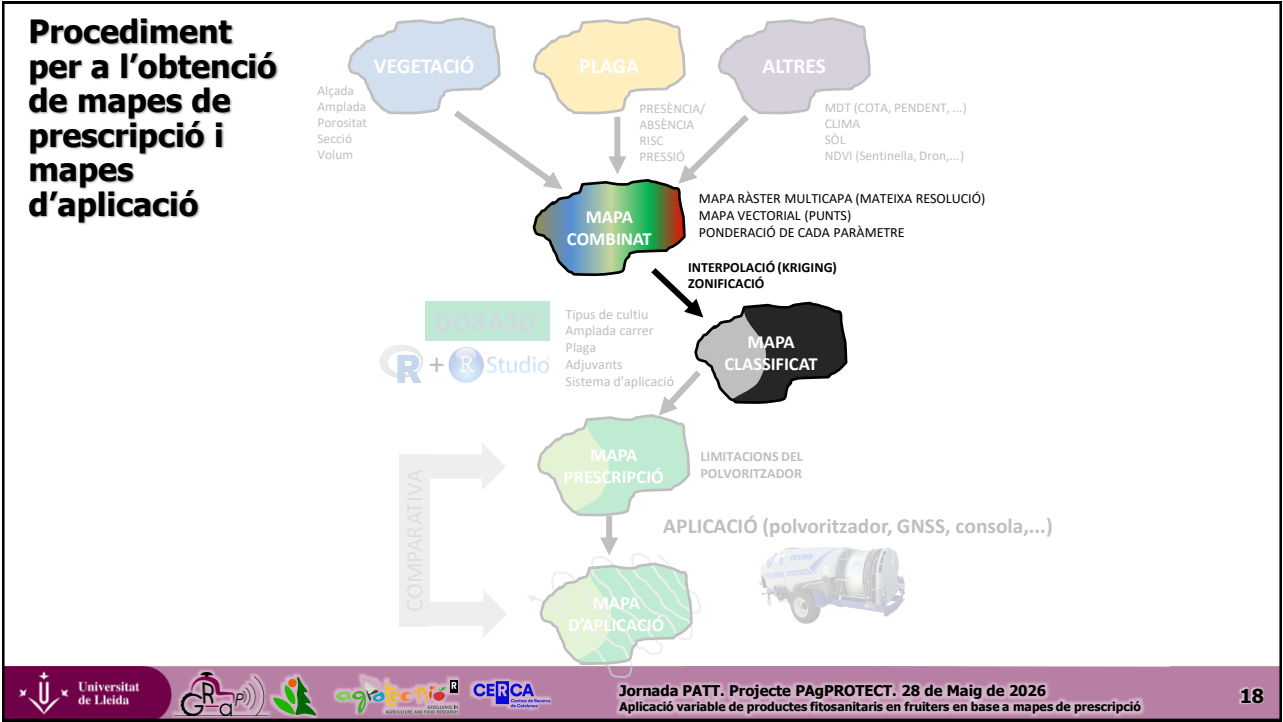
17

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

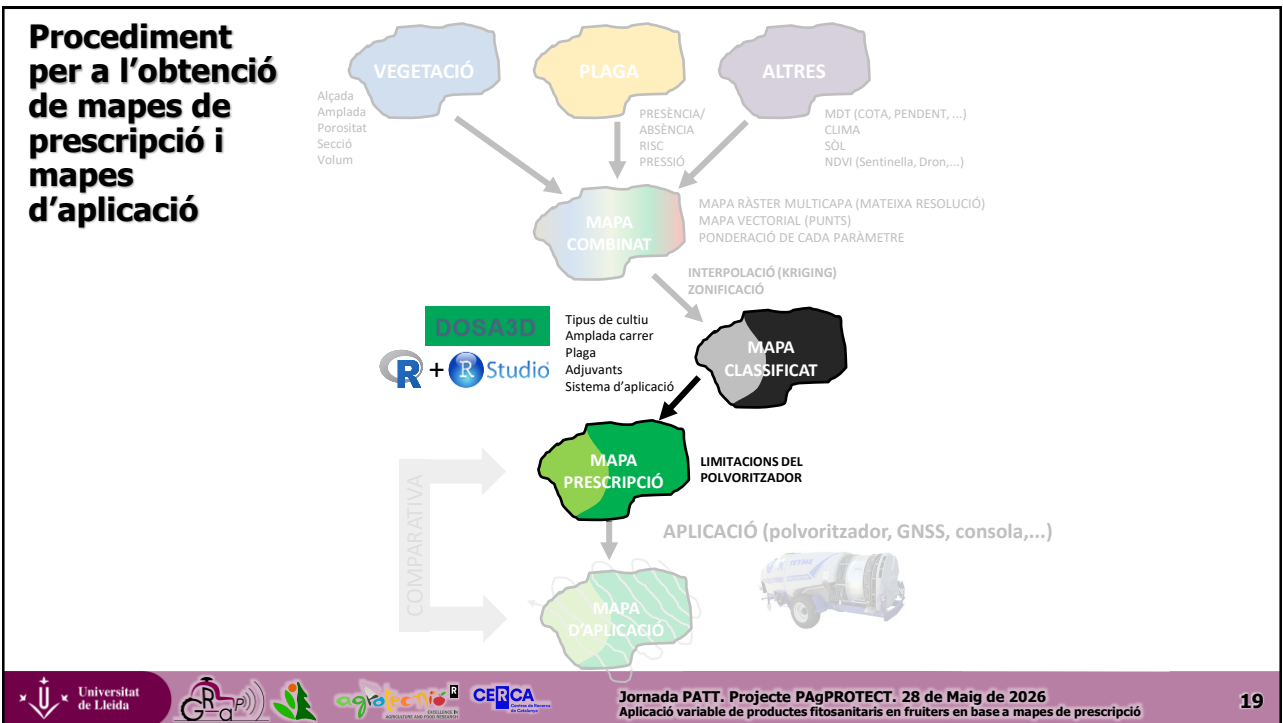
Jornada tècnica Lleida, dijous 28 maig de 2026

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens



18



19

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

MAPA CLASSIFICAT

→

MAPA PRESCRIPCIÓ

LIMITACIONS DEL POLVORITZADOR

DOBA3D

R + R Studio

Tipus de cultiu
Vegetació
Amplada carrer
Plaga
Adjuvants
Sistema d'aplicació

VIGOR BAIX

Punts LIDAR: 3720
Amplada Mitjana Màxima: 0.44 m
Alçada Màxima: 1.66 m
Secció: 0.38 m²

DOBA3D 324 l/ha

VIGOR MIG

Punts LIDAR: 13793
Amplada Mitjana Màxima: 0.52 m
Alçada Màxima: 2.05 m
Secció: 0.56 m²

DOBA3D 379 l/ha

VIGOR ALT

Punts LIDAR: 26912
Amplada Mitjana Màxima: 0.67 m
Alçada Màxima: 2.49 m
Secció: 0.83 m²

DOBA3D 453 l/ha

Jornada PATT. Projecte PAgPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

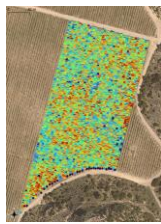
20

20

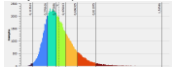
ALTERNATIVA PER LA RECOMANACIÓ DE VOLUM D'APLICACIÓ (Punt a punt)

DADES LIDAR_0.1X0.1

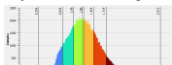
- Fields
- 1.2 X
- 1.2 Y
- 123 Arbre
- 1.2 Div1
- 1.2 Div2
- 123 TREAT1
- 123 TREAT2
- 123 Fila
- 123 Caixa
- 123 Punts
- 1.2 AmpleMax
- 1.2 Ample95
- 1.2 DIVAmpleMax
- 1.2 DIVAmple95
- 1.2 DIVATotal
- 1.2 AltMax
- 1.2 Alt95
- 1.2 S_CHULL
- 1.2 S_AmpleMax
- 1.2 S_Ample90
- 1.2 PorositatE
- 1.2 Porositat_1
- 123 ScansE
- 1.2 PorositatD
- 1.2 Porositat_2
- 123 ScansD
- 123 MinRaig
- 123 MaxRaig
- 1.2 AmpleMaxMa
- 1.2 AmpleMax_1
- 1.2 S_retcula



Mitjana amplada màxima de la vegetació (m)



Alçada màxima de la vegetació (m)



Porositat Dreta (%)



Porositat Esquerra (%)

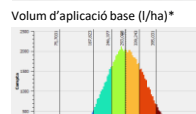
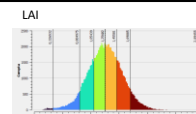


DOBA3D

R + R Studio

PARÀMETRES DE CÀLCUL:

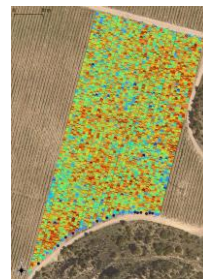
```
ROW_SPACING <- 4.5
CROP_TYPE <- 'FRUIT TREES'
STAGE <- 'BBCH 71-89'
PLAGUE <- 1 (Altres plagues i malalties)
ADJUVANTS <- 1 (Sense adjuvants)
SPRAYER <- 'STANDARD'
```



*Sense correccions d'arrodoniments

Mapa de prescripció (punt a punt):

- l/ha
- 32 - 75
- 76 - 188
- 189 - 246
- 247 - 293
- 294 - 339
- 340 - 395
- 396 - 668



21

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica Lleida, dijous 28 maig de 2026

MAPA CLASSIFICAT

→

MAPA PRESCRIPCIÓ

LIMITACIONS DEL POLVORITZADOR

ESQUEMA DE MONTAJE PARA MÁQUINA PARA TRATAMIENTO CON BARRAS CON BOMBA DE MEMBRANA EQUIPO CON VÁLVULA GENERAL

Fig.3

APLICACIONES PREVISTAS

Legenda:

- A** Monitor
- B** Batería
- C** Receptor GPS (opcional)
- D** Bomba de carga
- F** Medidor de caudal
- H** Mando general externo / sensor de velocidad externo
- X** Sensor de nivel
- M** Sensor de presión
- R** Marcador de espuma (solo tratamiento con barras)
- S** Sensor de velocidad
- P** Válvula de regulación
- G** Válvula general
- 1-5** Válvulas de sección
- E** Grupo hidráulico

Universitat de Lleida

agrotecnio

CERCA

Jornada PATT. Projecte PaGPROTECT. 28 de Maig de 2026

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

22

22

MAPA CLASSIFICAT

→

MAPA PRESCRIPCIÓ

LIMITACIONS DEL POLVORITZADOR

Limitacions:

- **Tipus de broquet:** Només portarà instal·lats uns broquets. Poden ser el mateix model o combinació de models, per tant aquests broquets seran els responsables de fer tota l'aplicació
- **Número de broquets:** Es mantindrà constant al llarg de tota l'aplicació.
- **Ample de treball:** Depèn del cultiu i de la màquina. Es mantindrà constant al llarg de tota l'aplicació. Pot canviar entre parcel·les.
- **Velocitat de treball:** Depèn de molts factors, tractor, màquina, terreny. Normalment s'intentarà mantenir constant per tal de no modificar el comportament de la màquina.
- **Rang de pressió de treball:** Seria ideal que es mantingués constant. Variacions de pressió de treball afecten directament a la mida de gota.

2 ZM (Baix i alt vigor)

3 ZM (Baix, Mig Alt vigor)

Working width (m)	2.0
Number of nozzles (m)	2
Nozzle size (µl)	0.44
Min pressure	3
Max pressure	15

U/min	Velocitat al Volum mínim i Pressió mínima		Compressió pressió										
	6.3 km/h	3 Bar	6.6 km/h	13 Bar									
13.6	84	940	705	564	470	403	353	313	282	256	235	217	201
13.2	84	908	681	545	454	389	341	303	272	248	227	210	195
12.7	83	875	656	525	438	375	328	292	263	239	219	202	188
12.3	83	841	631	505	420	360	315	280	252	229	210	194	180
11.7	81	805	604	482	403	345	302	268	242	219	201	186	172
11.1	80	768	576	461	384	329	288	256	230	209	192	177	165
10.6	78	728	546	437	364	312	273	243	218	199	182	168	156
10.0	76	687	515	412	343	294	257	229	206	187	172	158	147
9.3	74	642	482	385	321	275	241	214	193	175	161	148	138
8.6	74	595	446	357	297	255	223	196	178	162	149	137	127
7.9	74	543	409	326	272	233	204	180	163	148	136	125	116
7.0	74	486	364	292	243	208	184	162	146	132	121	112	104
6.1	73	420	315	252	210	180	158	140	126	115	105	97	90
5.0	73	343	257	206	172	147	129	114	103	94	86	79	74
3.5	73	243	191	146	121	104	91	81	73	66	61	56	52
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

		% DEVIATION												
		20 %												
VOLUME 1 EXACT PRESSURE	0.68	1.21	1.89	2.72	3.70	4.83	6.11	7.54	9.13	10.86	12.78	14.78		
VOLUME 2 EXACT PRESSURE	1.53	2.72	4.24	6.11	8.31	10.86	13.74	16.97	20.53	24.44	28.68	33.26		
VOLUME 2 EXACT PRESSURE	2.72	4.83	7.54	10.86	14.78	19.31	24.44	30.17	36.50	43.44	50.98	59.13		

Volum d'aplicació base (l/ha)*

23

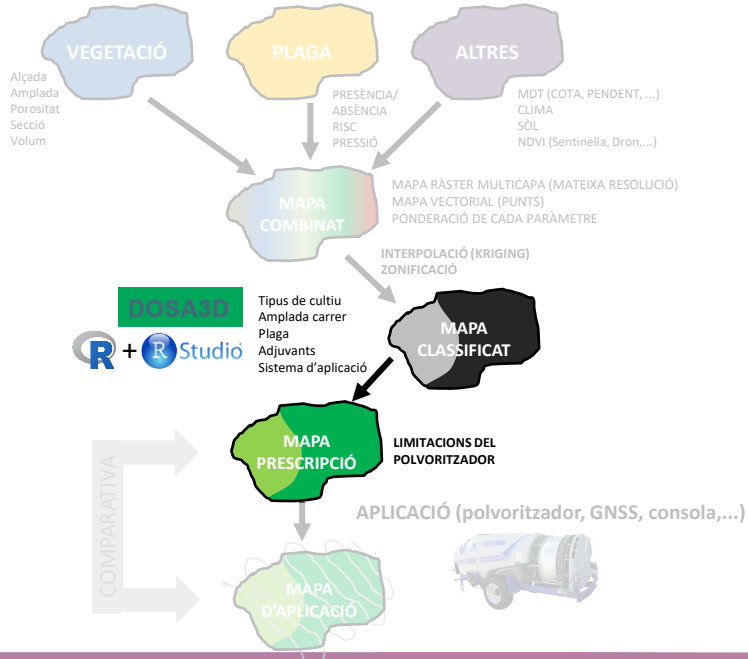
Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Jornada tècnica Lleida, dijous 28 maig de 2026

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

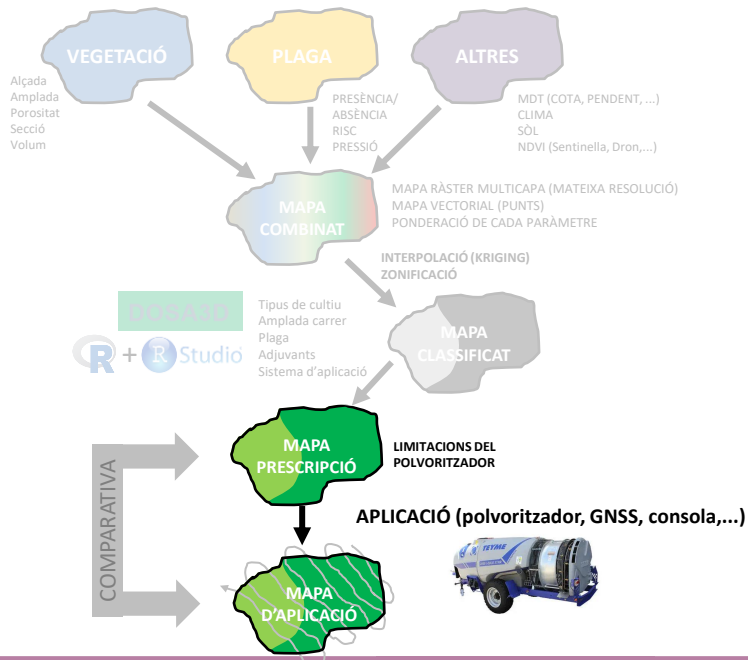
Jordi Llorens

Procediment per a l'obtenció de mapes de prescripció i mapes d'aplicació



24

Procediment per a l'obtenció de mapes de prescripció i mapes d'aplicació



25

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

MAPA PRESCRIPCIÓ

MAPA D'APLICACIÓ

MAPA PRESCRIPCIÓ

MAPA D'APLICACIÓ

GNSS

BRAVO 400STL

Shapefile WGS84, USB amb carpeta (Maps), Atribut (Rate)

Arxiu ASCII, Arxiu Shapefile, Arxiu KML.

A S
ARDUSIMPLE

WAATIC

Geojson WGS84, atribut(Rate) carregat via internet.

Arxiu resum (PDF). Arxiu de dades en brut.

ARAG
Atlas 100

VERSIÓ BAIX COST

BRAVO 180

BRAVO 180: Sense mapa sobre la consola, control amb ± 10 % Volum. Aplicació mòbil

APP Easy Maps (KUNH)

Registre en USB. Arxiu ASCII

ARAG
Atlas 100

Jornada PATT. Projecte PAgPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

26

26

Planificació assaig de camp:

ASSAIG	NOM	DESCRIPCIÓ	VOLUM (Volum Base)			Broquets a: 4 m v: 4.5 km/h	Estalvi Teòric
1	UNIFORME		BAIX ALT				
			BAIX MIG ALT				
2	VARIABLE 2ZM		BAIX ALT				
			BAIX MIG ALT				
3	VARIABLE 3ZM		BAIX ALT				
			BAIX MIG ALT				

Jornada PATT. Projecte PAgPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

27

27

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

APLICACIÓ (polvoritzador, GNSS, consola,...)

Jornada PATT. Projecte PaGPROTECT. 28 de Maig de 2026
Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

28

28

Resultats

Volum d'aplicació segons les dades del mapa d'aplicació



	Vigor baix		Vigor mig		Vigor alt		Error	Estalvi de volum (Teòric/Real)
	Mean (l/ha)	SD (l/ha)	Mean (l/ha)	SD (l/ha)	Mean (l/ha)	SD (l/ha)		
UNIFORME 700 l/ha	711	99	699	57	717	128	3.2 %	
VARIABLE 2ZM 351 l/ha i 444 l/ha	385	59	-	-	438	58	1.9 %	41.2 % / 40.1 %
VARIABLE 3ZM 324 l/ha, 379 l/ha i 453 l/ha	383	72	394	57	433	43	1.0 %	40.7 % / 40.1 %

SD: Desviació Estàndard

Error
↓
3.2 %

Estalvi de volum (Teòric/Real)
↓

1.9 %

41.2 % / 40.1 %

1.0 %

40.7 % / 40.1 %

29

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Resultats

Volum d'aplicació segons les dades del mapa d'aplicació



	Vigor baix		Vigor mig		Vigor alt	
	Mean (l/ha)	SD (l/ha)	Mean (l/ha)	SD (l/ha)	Mean (l/ha)	SD (l/ha)
UNIFORME 700 l/ha	719	179	700	35	712	66.7
VARIABLE 2ZM 351 l/ha i 444 l/ha	377	38			457	35
VARIABLE 3ZM 324 l/ha, 379 l/ha i 453 l/ha	355	67	394	69.9	445	29

Error

3.1 %

4.3 %

1.4 %

Estalvi de volum (Teòric/Real)

41.2 % / 38.7 %

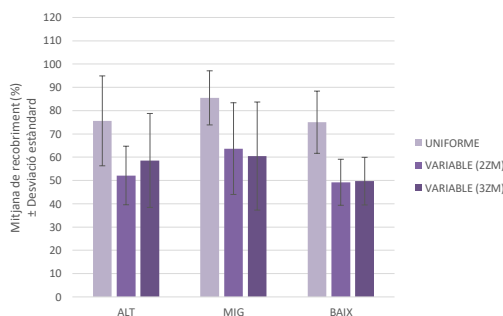
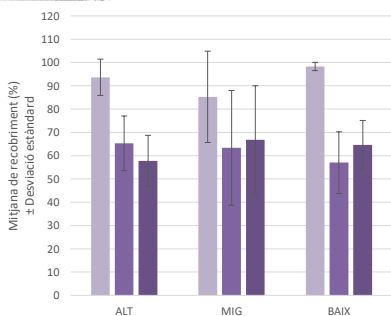
40.7 % / 39.8 %

SD: Desviació Estàndard

30

Resultats

Deposició en vegetació



31

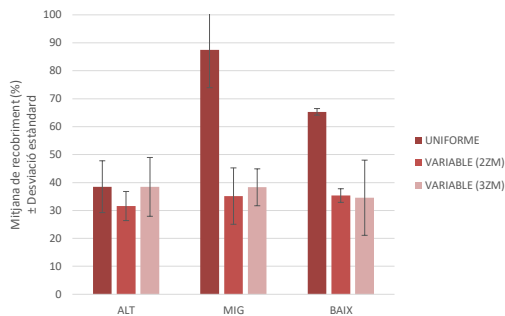
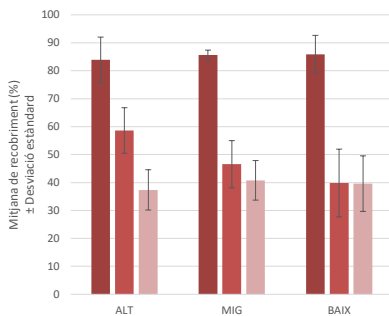
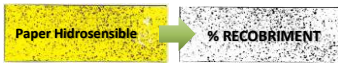
Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Resultats

Deposició en sòl



32

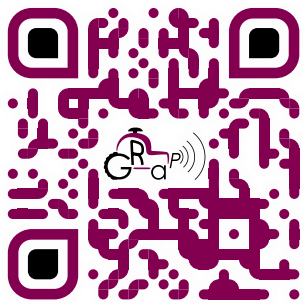
Agraïments

A l'Agència Estatal d'Investigació, al Ministeri de Ciència i Innovació, i als fons FEDER-UE per finançar els treballs exposats a través del projecte **PaGPROTECT (PID2021-126648OB-I00)**. Programa Jaume Serra Hünter promogut per Generalitat de Catalunya.



www.grap.udl.cat

www.linkedin.com/company/grap-udl-agrotecnio



33

Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Jordi Llorens

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026



Protecció de cultius llenyosos de precisió. La tecnologia al servei de l'eficiència i la sostenibilitat

Jornada tècnica
Lleida, dijous 28 maig de 2026

Aplicació variable de productes fitosanitaris en fruiters en base a mapes de prescripció

Dr. Jordi Llorens Calveras

Professor Lector Serra Hunter

Grup de recerca en AgròTICa i Agricultura de Precisió – GRAP
Universitat de Lleida / Agrotecnio-CERCA Center

PAgPROTECT
(PID2021-1266480B-I00)



Universitat de Lleida
Grup de Recerca
AgròTICa i Agricultura
de Precisió (GRAP)

