



Libro de resúmenes





Libro de Resúmenes del XX Congreso de la Sociedad Española de Malherbología

XX Congreso SEMh

Madrid, 2026

Editores científicos:

José Dorado, Ana I. de Castro, Agustín Garzón, José García-Guerra y José Manuel Peña

© 2026, de los textos: sus respectivos autores

© 2026, de la edición: los editores científicos

Depósito legal: M-25634-2026

Más que Protección

FMC | An Agricultural
Sciences Company

CUIDANDO DE TUS CULTIVOS A TRAVÉS DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA

ISOFLEX^{active}

BIOLOGICALS

by
FMC

Arc[®] farm
intelligence

huella
hídrica
FMC



Con el fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, antes de aplicar cualquier producto de FMC, lee atentamente la etiqueta y siga estrictamente las instrucciones de uso. Isoflex[®], Cyazypyr[®] y los productos marcados con * son marcas registradas de FMC Corporation y/o de sus empresas afiliadas.

Pº de la Castellana, 257 - 5º
28046 MADRID
+34-91 553 01 04

Los cereales crecen más fuertes

*con un control
experto de las
malas hierbas*

Mateno[®]
DUO

Con la experiencia de Bayer, **Mateno Duo Pack** te ofrece una ventana de aplicación flexible y un control eficaz de las malas hierbas que se mantiene durante la primavera.

Esta temporada, da a tus cereales el mejor comienzo posible.



amenos





¡Bienvenidos al XX Congreso de la SEMh!

Es para nosotros una enorme satisfacción daros la bienvenida al **XX Congreso de la Sociedad Española de Malherbología**, que celebramos en Madrid del 20 al 22 de octubre de 2026. Esta vigésima edición, bajo el lema “Ecosistemas en conexión: **Natural < Agrícola > Digital**”, es una magnífica ocasión para reencontrarnos, compartir conocimiento y afrontar los retos de la Malherbología.

A lo largo de estos días, investigadores, docentes, técnicos, profesionales del sector, empresas y estudiantes podremos presentar y debatir los avances de nuestra disciplina. La agricultura de precisión y la digitalización, el control químico y la resistencia a herbicidas, la gestión integrada, la agroecología y los servicios ecosistémicos, y el manejo de especies invasoras conforman un programa que refleja la diversidad de nuestra actividad y los avances de la agricultura. Las ponencias invitadas, las comunicaciones orales y los pósteres serán una oportunidad para intercambiar ideas, contrastar experiencias y plantear nuevas hipótesis.

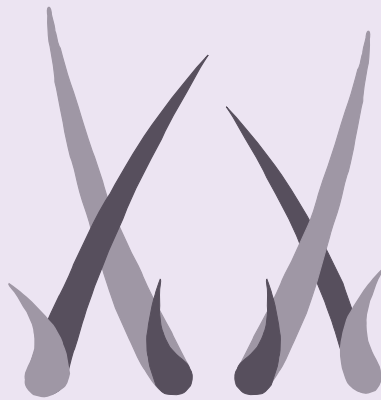
Pero un Congreso de la SEMh es mucho más que su programa científico. Queremos que Madrid 2026 sea también un lugar para fortalecer nuestra comunidad, incorporar a las nuevas generaciones y estrechar los vínculos entre quienes trabajamos en los distintos ámbitos de la malherbología. La Jornada Técnica en la Finca Experimental “La Poveda” nos permitirá conocer nuevas tecnologías para el manejo de las malas hierbas, reforzando la conexión entre investigación, innovación y aplicación práctica.

Y, naturalmente, queremos que disfrutéis de Madrid, una ciudad abierta y acogedora que invita a conversar y compartir más allá de las sesiones científicas. La visita al Museo Nacional de Ciencias Naturales y la Cena de Gala serán momentos para disfrutar entre compañeros y amigos y seguir construyendo una comunidad que lleva ya 37 años compartiendo una misma inquietud científica.

Desde el Comité Organizador hemos preparado este Congreso con ilusión para que la ciencia, el debate, la transferencia y la convivencia encuentren su espacio. Llegar hasta aquí es motivo de celebración: veinte congresos que hablan de una Sociedad que sigue aprendiendo y avanzando hacia el futuro. Porque **“las malas hierbas están más cerca de tu día a día de lo que crees”**, y comprenderlas y manejarlas requiere conocimiento, colaboración y nuevas ideas.

Gracias por vuestras contribuciones, por vuestra participación y, especialmente, por acompañarnos una vez más en el Congreso de la SEMh.

Ana, José, José Manuel y Agustín
Comité Organizador del XX Congreso SEMh - Madrid 2026



Welcome to the 20th SEMh Congress!

It is a great pleasure for us to welcome you to the **20th Congress of the Spanish Weed Science Society (SEMh)**, to be held in Madrid from 20 to 22 October 2026. This twentieth edition, under the theme “Ecosystems in Connection: **Natural <Agricultural> Digital**”, is a wonderful opportunity to meet again, share knowledge and address the challenges facing Weed Science.

Throughout the conference, researchers, lecturers, technicians, industry professionals, companies, and students will have the opportunity to present and discuss the latest advances in our field. Precision agriculture and digitalisation, chemical control and herbicide resistance, integrated weed management, agroecology and ecosystem services, and invasive species make up a programme that reflects the diversity of our field and the advances being made in agriculture. Invited lectures, oral presentations and posters will provide an opportunity to exchange ideas, share and compare experiences, and raise new hypotheses.

A SEMh Congress is much more than its scientific programme. We want Madrid 2026 to be a place to strengthen our community, welcome new generations and foster closer ties among those of us working across the different areas of weed science. The Technical Field Day at “La Poveda” Experimental Farm will give us the opportunity to explore new technologies for weed management, strengthening the connection between research, innovation and practical application.

And, of course, we hope you will enjoy Madrid, an open and welcoming city that invites us to talk and spend time together beyond the scientific sessions. The visit to the National Museum of Natural Sciences and the Gala Dinner will provide opportunities to enjoy the company of colleagues and friends and to continue building a community that has shared the same scientific passion for 37 years.

The Organising Committee has prepared this Congress with great enthusiasm, with the aim of creating a space for science, debate, knowledge transfer and fellowship. Reaching this milestone is a reason to celebrate: twenty congresses that reflect a Society that continues to learn and move forward. Because “**weeds are closer to your everyday life than you think**”, and understanding and managing them requires knowledge, collaboration and new ideas.

Thank you for your contributions, your participation and, especially, for joining us once again at the SEMh Congress.

Ana, José, José Manuel y Agustín

Organising Committee of the 20th SEMh Congress – Madrid 2026

Programa.....	18
Ponencias invitadas	21
Fundamentos ecológicos para la gestión de la vegetación arvense: una revisión histórica y conceptual	22
Sistemas expertos para la gestión inteligente de malas hierbas.....	25
Aplicaciones de la alelopatía en el control integrado de malas hierbas	28
Tres décadas frente a las malas hierbas: evolución del control químico y la resistencia a herbicidas	31
Visitantes indeseados: las plantas exóticas e invasoras.....	34
SESIÓN 1: Agroecología y servicios ecosistémicos	37
S1. O1. La especie de cubierta vegetal y su biomasa condicionan la eficacia del método de finalización para el control de malas hierbas estivales en viñedos mediterráneos.....	38
S1. O2. Estrategias de manejo de cubiertas vegetales para el control de malas hierbas en viñedo: composición y métodos de finalización	40
S1. O3. Influencia de diferentes estrategias de manejo de la flora arvense sobre la composición foliar de <i>Solanum lycopersicum</i> L., en el proyecto AGROSUS	42
S1. O4. Cobertura y riqueza de arvenses en cereal de invierno entre 2005 y 2025 en Aragón.....	44
S1. O5. Afinidad arvense y relevancia agronómica reflejan dimensiones funcionales distintas en la flora arvense ibérica.....	46
S1. P1. Los microorganismos del suelo modulan la competencia cultivo - mala hierba en sistemas ecológicos.....	48
S1. P2. Influencia de las cubiertas vegetales y el laboreo en el banco de semillas arvenses en agroecosistemas de secano.....	50
S1. P3. Control ecológico de malas hierbas en viñedos de secano: ¿Labores o cubiertas vegetales?.....	52
S1. P4. Variabilidad intraespecífica de rasgos funcionales en comunidades arvenses ibéricas: Resultados preliminares del grupo ECOHIERBA.....	54
S1. P5. Introducción al proyecto AGROSOIL: Agro-ecological soil optimization for integrated weed management	56
S1. P6. Competitividad de las malas hierbas con el cultivo en una rotación cereal-leguminosa bajo distintos sistemas de laboreo: un estudio de 32 años.....	58
S1. P7. Evaluación de estrategias agroecológicas para el manejo de flora espontánea en viñedo atlántico: resultados de un experimento a corto plazo	60
S1. P8. Efecto de la temperatura sobre la germinación de <i>Gypsophila vaccaria</i>	62

S1. P9. La maleza perenne <i>Lepidium draba</i> L.: competencia con el trigo sin efectos de legado en cultivos de secano	64
S1. P10. Estrategias agroecológicas para el control de malas hierbas en calabacín en el área biogeográfica mediterránea	66
S1. P11. arvenSYS: una infraestructura funcional y ecológica para el análisis de la flora arvense ibérica.....	68
SESIÓN 2: Agricultura de precisión y digitalización en malherbología	71
S2. O1. Manejo localizado de malas hierbas: ¿Cambio de paradigma agronómico u optimización tecnológica del modelo convencional?	72
S2. O2. Comparación de imágenes satelitales de muy alta resolución para discriminar rodales de <i>Sorghum halepense</i> en maíz.....	74
S2. O3. Detección de diversidad floral arvense mediante imágenes UAV e inteligencia artificial.....	76
S2. O4. Let's play MixWeeding: un videojuego de aperos inteligentes.....	78
S2. O5. Evaluación técnico-económica del manejo localizado de malas hierbas mediante la herramienta <i>Drone4Weeding</i>	80
S2. P1. <i>Barrel</i> : Visualización reproducible de análisis de ordenación en comunidades de malas hierbas	82
S2. P2. Evaluación de las infestaciones de <i>Bassia scoparia</i> en los secanos centrales de Lleida utilizando técnicas de teledetección.....	84
S2. P3. Detección de <i>Bracharia</i> en ecosistemas heterogéneos con OBIA y SVM a partir de parámetros espectrales, texturales y estructurales.....	86
S2. P4. Gemelo digital para control mecánico variable de malas hierbas	88
S2. P5. El cierre de la brecha digital en cultivos extensivos.....	90
SESIÓN 3: Gestión integrada	93
S3. O1. Bioherbicida a base de biomasa densificada de eucalipto. Ensayo de campo en entorno operativo	94
S3. O2. Estrategias sostenibles para mitigar la resistencia a herbicidas en sistemas de cultivo de trigo en no laboreo.....	96
S3. O3. Viabilidad económica de dos hidroacolchados biodegradables en <i>Lavandula x intermedia</i> y <i>Salvia rosmarinus</i>	98
S3. O4. Caracterización de la emergencia de especies estivales arvenses en huerta	100
S3. O5. La enseñanza de la malherbología en grados y masters universitarios en España. Vamos de mal en peor.....	102
S3. P1. Cuatro hidroacolchados controlan las plantas arvenses de forma satisfactoria en azafrán.....	104

S3. P2. Primer estudio de programas de gestión integrada de <i>Amaranthus palmeri</i> resistente a herbicidas en Europa.....	106
S3. P3. Uso de lana como acolchado para el control de flora arvense en cultivos leñosos	108
S3. P4. Caracterización de la flora arvense de un agroecosistema cerealista de secano con diferentes estrategias de diversificación y biofertilización.....	110
S3. P5. Temperatura base de poblaciones de <i>Echinochloa crus-galli</i> europeas y de Oriente Medio.....	112
S3. P6. Potencial fitotóxico de formulados de aceites esenciales y metabolitos secundarios de plantas sobre la germinación de <i>Lolium rigidum</i>	114
S3. P7. Identificación en Cataluña del ácaro eriófito <i>Aculus taihangensis</i> (Prostigmata), un potencial agente de control biológico del ailanto.....	116
S3. P8. Efecto de diferentes estrategias de riego en la abundancia de malas hierbas e impacto en el rendimiento del arroz.....	118
SESIÓN 4: Control químico y resistencia a herbicidas.....	121
S4. O1. <i>Amaranthus viridis</i> desafía al glifosato: primer caso documentado en Europa.....	122
S4. O2. Nuevos casos de <i>Bromus madritensis</i> resistente a glifosato en cultivos de cereal en España	124
S4. O3. Evolución temporal de resistencias tipo TSR en <i>Echinochloa</i> spp. en arroz en Extremadura (2019–2024).....	126
S4. O4. Separación de los cuatro estereoisómeros de profoxidim y evaluación de su actividad herbicida	128
S4. O5. La resistencia múltiple en una población de <i>Lolium rigidum</i> de Navarra está vinculada a diferentes enzimas P450.....	130
S4. P1. Caracterización de la sensibilidad a glifosato en poblaciones de <i>Eleusine indica</i> procedentes de viñedos en Cataluña, España	132
S4. P2. Evaluación de la respuesta a herbicidas en poblaciones de <i>Echinochloa crus-galli</i> procedentes de campos de maíz de Extremadura	134
S4. P3. Comparación de la aptitud biológica de un biotipo de <i>Digitaria sanguinalis</i> resistente a herbicidas inhibidores de la ALS y otro sensible	136
S4. P4. Resistencia cruzada por metabolismo a distintos herbicidas inhibidores de ALS en <i>Amaranthus palmeri</i> y papel de las enzimas P450 y GSTs.....	138
SESIÓN 5: Biología y manejo de especies invasoras.....	141
S5. O1. Evaluación de la eficacia sobre <i>Amaranthus palmeri</i> y la selectividad en maíz del herbicida Diflufenican y sus mezclas	142
S5. O2. La amenaza silenciosa avanza: perfil de resistencia del <i>Amaranthus palmeri</i> recién detectado en Navarra	144

S5. O3. Seguimiento y gestión de plantas invasoras en un olivar silvestre de alto valor en Lisboa (Portugal).....	146
S5. O4. Caracterización ambiental de la dinámica espacial y distribución de <i>Amaranthus palmeri</i> a escala nacional.....	148
S5. O5. Discriminación de <i>Amaranthus palmeri</i> , <i>A. hybridus</i> y <i>A. retroflexus</i> a lo largo de su ciclo fenológico mediante información espectral.....	150
S5. P1. Primeiros registos de <i>Amaranthus palmeri</i> S. Wats em campos de milho em Portugal	152
S5. P2. <i>Amaranthus tuberculatus</i> potencial ameaça de culturas regadas em Portugal	154
NOTAS	161



Libro de resúmenes



Comité Científico

M. Remedios Alarcón (**IMIDRA, Madrid**)
Bàrbara Baraibar (**Universitat de Lleida**)
Judit Barroso (**Oregon State University, EEUU**)
Isabel M. Calha (**INIAV-Portugal**)
Alicia Cirujeda (**CITA-Zaragoza**)
Ana I. de Castro (**INIA-CSIC-Madrid**)
José Dorado (**ICA-CSIC-Madrid**)
César Fernández-Quintanilla (**ICA-CSIC-Madrid**)
José García-Guerra (**ICA-CSIC-Madrid**)
Agustín Garzón (**ETSIAAB-UPM-Madrid**)
José Luis González-Andújar (**IAS-CSIC-Córdoba**)
Carolina González-Puig (**Universidade de Vigo**)
Eva Hernández-Plaza (**INIA-CSIC-Madrid**)
Donato Loddo (**CNR-Italia**)
Alfredo Manicardi (**Universitat de Lleida**)
Ana Isabel Marí (**CITA, Zaragoza**)
José María Montull (**Universitat de Lleida**)
Hugo Moreno (**CAR-CSIC-Madrid**)
M. Dolores Osuna (**CICYTEX-Badajoz**)
Gabriel Pardo (**CITA, Zaragoza**)
Nuria Pedrol (**Universidade de Vigo**)
José Manuel Peña (**ICA-CSIC-Madrid**)
João Portugal (**Universidade Politécnica de Beja, Portugal**)
Jordi Recasens (**Universitat de Lleida**)
Aritz Royo (**Universitat de Lleida**)
Mercedes Royuela (**Universidad Pública de Navarra, Pamplona**)
Joel Torra (**Universitat de Lleida**)
Mercedes Verdeguer (**Universitat Politècnica de València**)
Ana Zabalza (**Universidad Pública de Navarra, Pamplona**)

Comité Organizador

Ana Isabel de Castro Megías (**INIA-CSIC**)
José Dorado Gómez (**ICA-CSIC**)
José Manuel Peña Barragán (**ICA-CSIC**)
Agustín Garzón Hidalgo (**ETSIAAB-UPM**)

Colaboradores

Irene Borra Serrano (**ICA-CSIC**)
David Campos López (**ICA-CSIC**)
José García Guerra (**ICA-CSIC**)
Nicolás Lobato Vega (**INIA-CSIC**)
Francisco Javier López Carbonell (**ICA-CSIC**)
José Manuel Martín Fernández (**ICA-CSIC**)
Juan Diego Mena Castillo (**ICA-CSIC**)
Gustavo Adolfo Mesias Ruiz (**ICA-CSIC**)
Christian Rueda Ayala (**INIA-CSIC**)

PROGRAMA XX CONGRESO SEMh

Madrid, 20 al 22 de octubre de 2026
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria
y de Biosistemas (ETSIAAB, UPM)

MARTES, 20 OCTUBRE

08:30-09:00	Entrega de documentación
09:00-09:45	Bienvenida e inauguración
09:45-10:30	Ponencia invitada (X. Sanz y C. Fernández-Quintanilla): Fundamentos ecológicos para la gestión de la vegetación arvense: una revisión histórica y conceptual
10:30-11:45	Sesión 1. Agroecología y servicios ecosistémicos <ul style="list-style-type: none"> La especie de cubierta vegetal y su biomasa condicionan la eficacia del método de finalización para el control de malas hierbas estivales en viñedos mediterráneos. Estrategias de manejo de cubiertas vegetales para el control de malas hierbas en viñedo: composición y métodos de finalización. Influencia de diferentes estrategias de manejo de la flora arvense sobre la composición foliar de <i>Solanum lycopersicum</i> L., en el proyecto AGROSUS. Cobertura y riqueza de arvenses en cereal de invierno entre 2005 y 2025 en Aragón. Afinidad arvense y relevancia agronómica reflejan dimensiones funcionales distintas en la flora arvense ibérica.
11:45-12:15	Pausa café y visita pósteres
12:15-13:00	Ponencia invitada (D. Andújar): Sistemas expertos para la gestión inteligente de malas hierbas
13:00-14:15	Sesión 2. Agricultura de precisión y digitalización en malherbología <ul style="list-style-type: none"> Manejo localizado de malas hierbas: ¿Cambio de paradigma agronómico u optimización tecnológica del modelo convencional? Comparación de imágenes satelitales de muy alta resolución para discriminar rodales de <i>Sorghum halepense</i> en maíz. Detección de diversidad floral arvense mediante imágenes UAV e inteligencia artificial. Let's play MixWeeding: un videojuego de aperos inteligentes. Evaluación técnico-económica del manejo localizado de malas hierbas mediante la herramienta Drone4Weeding.
	Almuerzo y visita pósteres

MARTES, 20 OCTUBRE

15:45-16:30	Ponencia invitada (N. Pedrol): Aplicaciones de la alelopatía en el control integrado de malas hierbas
16:30-17:00	Pausa café y visita pósteres
17:00-18:15	Sesión 3. Gestión integrada <ul style="list-style-type: none"> Bioherbicida a base de biomasa densificada de eucalipto. Ensayo de campo en entorno operativo. Estrategias sostenibles para mitigar la resistencia a herbicidas en sistemas de cultivo de trigo en no laboreo. Viabilidad económica de dos hidroacolchados biodegradables en <i>Lavandula x intermedia</i> y <i>Salvia rosmarinus</i>. Caracterización de la emergencia de especies estivales arvenses en huerta. La enseñanza de la malherbología en grados y masters universitarios en España. Vamos de mal en peor.
18:30	Asamblea SEMh

MIÉRCOLES, 21 OCTUBRE

08:45-09:45	Traslado a la finca experimental "La Poveda" (Arganda del Rey, Madrid). Salida: ETSIAAB, sede del Congreso
10:00-10:45	Recepción y café
11:00-14:00	Jornada Técnica
14:15-15:45	Almuerzo
15:45-16:45	Traslado al Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC) – C/ Serrano 115 bis, Madrid
17:00-18:00	Visita al Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC) – C/ José Gutiérrez Abascal 2, Madrid
20:30	Cena de Gala

JUEVES, 22 OCTUBRE	
09:00-09:45	Ponencia invitada (M.D. Osuna): Tres décadas frente a las malas hierbas: evolución del control químico y la resistencia a herbicidas
09:45-11:00	Sesión 4. Control químico y resistencia a herbicidas <ul style="list-style-type: none"> • <i>Amaranthus viridis</i> desafía al glifosato: primer caso documentado en Europa. • Nuevos casos de <i>Bromus madritensis</i> resistente a glifosato en cultivos de cereal en España. • Evolución temporal de resistencias tipo TSR en <i>Echinochloa</i> spp. en arroz en Extremadura (2019–2024). • Separación de los cuatro estereoisómeros de profoxidim y evaluación de su actividad herbicida. • La resistencia múltiple en una población de <i>Lolium rigidum</i> de Navarra está vinculada a diferentes enzimas P450.
11:00-11:30	Pausa café y visita pósteres
11:30-12:15	Ponencia invitada (J. Torra): Visitantes indeseados: las plantas exóticas e invasoras
12:15-13:30	Sesión 5. Biología y manejo de especies invasoras <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la eficacia sobre <i>Amaranthus palmeri</i> y la selectividad en maíz del herbicida Diflufenican y sus mezclas. • La amenaza silenciosa avanza: perfil de resistencia del <i>Amaranthus palmeri</i> recién detectado en Navarra. • Seguimiento y gestión de plantas invasoras en un olivar silvestre de alto valor en Lisboa (Portugal). • Caracterización ambiental de la dinámica espacial y distribución de <i>Amaranthus palmeri</i> a escala nacional. • Discriminación de <i>Amaranthus palmeri</i>, <i>A. hybridus</i> y <i>A. retroflexus</i> a lo largo de su ciclo fenológico mediante información espectral.
13:30-14:15	CLAUSURA
14:15-15:45	Almuerzo



Fundamentos ecológicos para la gestión de la vegetación arvense: una revisión histórica y conceptual

SANS SERRA FX¹, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C²

¹Departament Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, España; ² Instituto de Ciencias Agrarias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España

¹E-mail: fsans@ub.edu; ² E-mail: cesar@ica.csic.es

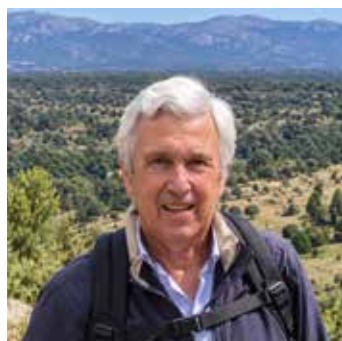
Francisco Xavier Sans Serra



Catedrático de Botánica de la Universidad de Barcelona y director del Grupo de Investigación en Agroecología, cuenta con más de tres décadas de trayectoria en el estudio de los procesos ecológicos que determinan el funcionamiento de los agroecosistemas y el diseño de sistemas agrarios sostenibles. Su investigación integra ecología de poblaciones y comunidades, ecología funcional y agroecología, con especial atención a la vegetación arvense, la biodiversidad y la calidad del suelo. Doctor en Biología por la Universidad de Barcelona, completó su formación postdoctoral en

centros europeos y estadounidenses. Ha liderado numerosos proyectos nacionales e internacionales y dirigido diecisiete tesis doctorales.

César Fernández-Quintanilla Gallastegui



Doctor en Ciencias Biológicas y PhD en Agronomía. Ha sido director del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC) y vicedirector del Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC). Ha ejercido como presidente de la SEMh y secretario de la EWRS y de la Asociación Española de Agricultura de Conservación. Asimismo, ha colaborado como consultor de la FAO, impartiendo cursos de ecología de malezas en diversos países de Iberoamérica, África y Asia. Actualmente es profesor de investigación ad honorem del CSIC.

En las últimas décadas los avances en la biología y ecología de poblaciones, la ecología funcional y la agroecología han puesto de manifiesto que las comunidades arvenses desempeñan funciones esenciales en el mantenimiento y funcionamiento de los agroecosistemas. Esta ponencia pretende revisar estos avances desde una perspectiva histórica y conceptual.

Harper, en 1974, desarrolló los conceptos básicos de la biología de las poblaciones de plantas, conceptos que han sido muy utilizados en el estudio de la ecología de las especies arvenses. Posteriormente, las contribuciones de Grime (1974) y Tilman (1982) permitieron ampliar el análisis desde el nivel población al de comunidad, considerando estrategias adaptativas y rasgos funcionales, y su relación a la disponibilidad de recursos y a la intensidad de las perturbaciones. La teoría del ensamblaje de las comunidades de Booth y Swanton (2002) permitió comprender las prácticas agrícolas como filtros ecológicos capaces de seleccionar determinados atributos funcionales y modificar la composición de las comunidades arvenses. Finalmente, la incorporación de enfoques basados en los atributos funcionales y en la valoración conjunta de servicios y perjuicios ecosistémicos de las especies arvenses han abierto una nueva etapa en la gestión agroecológica de las comunidades arvenses. Investigaciones recientes (Bàrberi et al., 2018) muestran cómo la diversificación del manejo modifica la composición funcional de las comunidades arvenses, permitiendo compatibilizar la conservación de la biodiversidad con la productividad agrícola.

Sobre estos fundamentos se desarrollan las propuestas agroecológicas de Altieri (1987) y de Liebman, Mohler and Staver (2001) que reorientan el objetivo de la gestión de las especies arvenses desde el control directo de sus poblaciones mediante métodos químicos y mecánicos hacia el diseño de sistemas agrícolas que contemplan las comunidades arvenses como componentes de la diversidad biológica que favorecen propiedades como las interacciones benéficas, el reciclaje interno de los nutrientes, el uso eficiente de la energía, la estabilidad y la resiliencia.

La principal conclusión de esta ponencia es que la gestión de las comunidades arvenses debe dejar de centrarse en su eliminación para orientarse al diseño de agroecosistemas que favorezcan el establecimiento de comunidades funcionales capaces de proporcionar múltiples servicios ecosistémicos, conciliando la productividad agrícola con la salud del suelo, la conservación de la biodiversidad y la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio global.

Palabras clave: Biología de poblaciones, ecología funcional, teoría del ensamblaje de comunidades, servicios ecosistémicos, agroecología.

Ecological foundations of weed vegetation management: A historical and conceptual review

Over the past few decades, advances in population biology and ecology, functional ecology, and agroecology have demonstrated that weed communities play essential roles in the functioning of agroecosystems. This presentation reviews these advances from both a historical and conceptual perspective.

Harper (1974) established the fundamental concepts of plant population biology, which have been widely applied to the study of weed ecology. Subsequently, the contributions of Grime (1974) and Tilman (1982) extended ecological analyses from the population to the community level by considering adaptive strategies and functional traits, and their relationships with resource availability and disturbance intensity. The community assembly framework proposed by Booth and Swanton (2002) offered a new perspective for interpreting agricultural practices as ecological filters that select for particular functional traits and shape the composition of weed communities. More recently, the incorporation of functional trait-based approaches together with the integrated assessment of the ecosystem services and disservices provided by weed species has opened a new phase in the agroecological management of weed communities. Recent studies (Bàrberi et al., 2018) have shown that diversified management practices can modify the functional composition of weed communities, thereby reconciling biodiversity conservation with agricultural productivity.

Building upon these ecological foundations, the agroecological approaches proposed by Altieri (1987) and by Liebman, Mohler and Staver (2001) redefined the objective of weed management, shifting the emphasis from the direct control of weed populations through chemical and mechanical methods toward the design of agricultural systems that recognize weed communities as integral components of biodiversity. In this context, weed communities contribute to beneficial ecological interactions, internal nutrient cycling, efficient energy use, system stability, and resilience.

The main conclusion of this review is that the future of weed community management does not lie in maximizing weed elimination, but rather in designing agroecosystems that promote the establishment of functional weed communities capable of delivering multiple ecosystem services while reconciling agricultural productivity with soil health, biodiversity conservation, and the resilience of farming systems under global change.

Keywords: Population biology, functional ecology, community assembly theory, ecosystem services, agroecology.

Sistemas expertos para la gestión inteligente de malas hierbas

ANDÚJAR D*

Centro de Automática y Robótica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Arganda del Rey, Madrid, España

*E-mail: d.andujar@csic.es

Dionisio Andújar Sánchez



Investigador Científico del CSIC. Su experiencia se centra en el ámbito de la agricultura de precisión y la robótica y su combinación para la sensorización y automatización de tareas agrícolas. Sus desarrollos buscan nuevas estrategias que unen el diseño de software y de herramientas de tratamiento preciso y su implementación en robots agrícolas autónomos. El objeto de sus investigaciones es la creación de estrategias a través de sistemas integrales que optimicen la aplicación de tratamientos, reduciendo el impacto ambiental a la vez que se maximizan los beneficios para el agricultor.

Dionisio Andújar ha sido IP de proyectos de investigación nacionales, europeos e internacionales. Es autor de varias patentes en desarrollo de aperos agrícolas, coordinador de la red europea de tecnologías Agrarias y editor de revistas JCR de investigación internacionales. Con un gran compromiso por la formación y la diseminación de la ciencia, habiendo dirigido varias tesis doctorales con gran número de publicaciones de impacto en las mejores revistas del área con numerosos premios en reconocimiento a su labor investigadora.

En la última década, la evolución de las tecnologías de aplicación localizada ha experimentado una gran expansión, tanto en el desarrollo de nuevas técnicas de detección como en el diseño de maquinaria para la aplicación variable de tratamientos. La integración de tecnologías, sistemas de percepción artificial y modelos de gestión de datos ha permitido aumentar los rendimientos y reducir de forma significativa el uso de herbicidas mediante aplicaciones localizadas o adaptando las dosis a las densidades de mala hierba. Gran parte de esta información proviene de los mapas generados a partir del análisis de imágenes obtenidas mediante vuelos de UAV, satélites o sistemas de detección terrestre, como sensores y cámaras embarcadas en tractores, que permit-

en la creación de mapas para la realización de tratamientos variables. Siguiendo esta evolución, los últimos cinco años han sido fundamentales para acelerar el desarrollo de sistemas basados en modelos inteligentes, capaces de mejorar la generación de recomendaciones de tratamiento para una toma de decisiones más precisa o incluso para la aplicación en tiempo real. Toda esta información se sustenta en la gestión de datos, lo que permite mejorar la toma de decisiones para la aplicación de herbicidas y la realización de tratamientos mecánicos variables, además de alimentar modelos predictivos basados en la gestión histórica de datos. Asimismo, esta información puede integrarse en sistemas robóticos que evolucionan hacia sistemas interconectados de flotas colaborativas con aplicación diferencial, capaces de tomar decisiones, utilizar la información recogida por multitud de sensores y recopilar la telemetría generada durante los tratamientos, completando así un ciclo de detección, tratamiento y evaluación de la calidad de la aplicación que conduce a procesos de automejora. En consecuencia, los sistemas de control de malas hierbas están experimentando una transformación profunda mediante la adquisición de datos, la aplicación de robótica móvil y el uso de modelos de gestión integral, aunque esta evolución también implica riesgos asociados a la gestión de datos y requerirá, en los próximos años, una adaptación y el desarrollo de nuevos modelos de gestión agronómica.

Palabras clave: Gestión localizada de malas hierbas (SSWM), inteligencia artificial, robótica agrícola, Sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

Expert systems for intelligent weed management

Over the last decade, site-specific application technologies have undergone remarkable advances, driven by the development of new detection techniques and the design of machinery capable of variable-rate treatment applications. The integration of sensing technologies, artificial perception systems, and data management models has increased operational efficiency while significantly reducing herbicide use through site-specific applications and dose adjustment according to weed density. Much of the information supporting these approaches is derived from maps generated through the analysis of images acquired by unmanned aerial vehicles (UAVs), satellites, and ground-based sensing systems, including tractor-mounted sensors and cameras, which enable the production of prescription maps for variable-rate treatments.

In line with these developments, the last five years have witnessed rapid progress in intelligent model-based systems capable of improving treatment recommendations for more accurate decision-making and even real-time applications. These advances rely on data management, which supports optimized herbicide applications and variable-rate mechanical weed control while also providing the historical datasets required to develop predictive models. Furthermore, these data can be integrated into robotic

systems that are evolving towards interconnected fleets of collaborative autonomous platforms capable of making decisions, processing information from multiple sensors, and collecting telemetry during field operations. This closes the loop between weed detection, treatment, and application quality assessment, enabling continuous system improvement.

As a result, weed management systems are undergoing a profound transformation through data acquisition, mobile robotics, and integrated management models. However, this evolution also raises challenges related to data governance and management and will require the development of new agronomic management frameworks to fully exploit the potential of intelligent weed management systems in the coming years.

Keywords: Site-specific weed management (SSWM), artificial intelligence, agricultural robotics, decision support systems.

Aplicaciones de la alelopatía en el control integrado de malas hierbas

PEDROL N*

Unidad de Investigación Agrobiología Ambiental: Calidad, Suelos y Plantas, Universidade de Vigo, España

*E-mail: pedrol@uvigo.gal

Nuria Pedrol Bonjoch



Licenciada en Biología por la Universidade de Santiago de Compostela y Doctora en Biología por la Universidade de Vigo, alcanzó una sólida formación en Ecofisiología Vegetal. Inició su actividad posdoctoral con un contrato INIA-CCAA de 5 años en el SERIDA (Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario de Asturias), dedicada a la investigación y la transferencia en Malherbología, principalmente en Agricultura Ecológica. Realizó una estancia posdoctoral en el Centro de Investigación de Productos Naturales del USDA, como becaria de la OCDE. Obtuvo un contrato en la Universidade de

Vigo del Programa Isidro Parga Pondal y, desde entonces, ejerce de investigadora y profesora de Fisiología Vegetal en las Facultades de Biología y Ciencias del Mar. Tras reunir un dinámico equipo de investigación interdisciplinar, ha consolidado una línea de investigación orientada a la búsqueda de nuevas herramientas *bioinspiradas* para el control de malas hierbas, basadas en la alelopatía. Suma tres sexenios de investigación y 3 quinquenios de docencia. Ha sido y es investigadora principal de varios proyectos de investigación competitivos relacionados con la alelopatía; ha dirigido y dirige varias tesis doctorales, y es autora de numerosos artículos de investigación y transferencia, así como editora de libros sobre Alelopatía de prestigiosas editoriales internacionales. En 2019 presidió la organización del XVII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología (SEMh) en Vigo y, actualmente, es Presidenta de la SEMh.

Los ambiciosos objetivos del Pacto Verde Europeo y de las estrategias de la UE «De la granja a la mesa» y «Biodiversidad» incluían reducir en más del 50 % el uso de productos fitosanitarios químicos peligrosos para 2030 y promover los insumos naturales (bioproductos) con sustancias biológicamente activas, además de apoyar prácticas de gestión integrada y holística de las malas hierbas (IWM).

Una estrategia respetuosa con el medio ambiente para este reto global pasa por aprovechar la alelopatía, definida por la International Allelopathy Society (IAS) como «la capacidad de las plantas, los microorganismos, los hongos, las algas y otros organismos para producir y liberar una mezcla de compuestos capaces de influir positiva o negativamente en los componentes bióticos y abióticos que conforman el agro-sistema». La alelopatía se ha reconocido como un método eficaz y ecológico para controlar las malas hierbas en nuestros sistemas de cultivo. Recientemente, algunos investigadores han dado un paso más en la estrategia de la IWM (Integrated Weed Management), promovida y defendida por la European Weed Research Society (EWRS) y nuestra Sociedad Española de Malherbología (SEMh) utilizando el término «Protección Agroecológica de los Cultivos» (ACP, Agroecological Crop Protection) para destacar el papel de la diversidad funcional en los sistemas de cultivo, un pilar sólido para acercarnos a los desafiantes pero necesarios objetivos del Pacto Verde para 2050. En este contexto, la alelopatía constituye una herramienta atractiva para incorporar a esta estrategia mediante cultivos alelopáticos en la rotación, ya sea como cultivos principales con propiedades alelopáticas, como cultivos de cobertura para la cosecha o como mulch o abono verde. Los aleloquímicos procedentes de plantas silvestres, que se perfilan como una prometedora reserva de nuevos herbicidas, también debe tenerse en cuenta para preservar la biodiversidad como fuente aún sin explotar de compuestos bioactivos. La alelopatía es clave para desarrollar herbicidas con nuevos modos de acción, lo cual es relevante en el contexto actual, en el que el uso repetido de herbicidas con modos de acción limitados ha favorecido la aparición de genotipos de malas hierbas resistentes.

Cuando se introduce racionalmente en la IWM, la alelopatía puede contribuir a alcanzar los objetivos medioambientales de la transición ecológica, como el mantenimiento de la diversidad funcional de las «otras plantas» y de sus servicios ecosistémicos, al incorporar a la estrategia basada en herbicidas sintéticos un nuevo escenario alejado de suelos infértiles y de reinfestaciones, que deben tratarse varias veces en el mismo ciclo de cultivo. Diversos enfoques de investigación aportan pruebas de la utilidad de la alelopatía para el control de las malas hierbas, lo que refuerza y potencia la Alelopatía, en mayúsculas, como una rama viva y dinámica de la ciencia y de la disciplina de la Malherbología.

Palabras clave: Alelopatía, IWM, nuevas herramientas, productos naturales.

Applications of allelopathy in Integrated Weed Management

The aspirational goals of the European Green Deal, the EU Farm-to-Fork and Biodiversity strategies included reducing the use of hazardous chemical crop protection products by >50% in 2030 and promoting natural inputs (bioproducts) containing biologically active substances, while supporting holistic integrated weed management (IWM) practices.

An eco-friendly strategy for this global challenge includes taking advantage of allelopathy, defined by the International Allelopathy Society (IAS) as “the ability of plants, microbes, fungi, algae and other organisms to produce and release a cocktail of compounds capable of positively or negatively influencing biotic and abiotic components that make up the agrosystem”. Allelopathy has been recognised as an effective and ecological method for controlling weeds that plague cropping systems. Recently, some researchers have contributed a step further in the IWM strategy, promoted and advocated by the European Weed Research Society (EWRS) and our Sociedad Española de Malherbología (SEMh), using the term Agroecological Crop Protection (ACP) to highlight the role of functional diversity in cropping systems, representing a solid pillar to move closer to the challenging but necessary Green Deal targets for 2050. In this scenario, allelopathy is an attractive tool to include in this ACP strategy by introducing allelopathic crops in rotation, whether as cash crops, cover crops for harvesting, or crops used as mulch or green manure. The great diversity of allelochemicals from wild plants, which hold promise as a pool of new herbicides, should also be considered to preserve biodiversity as a still untapped source of bioactive compounds. Allelopathy is thought to be key to developing new, environmentally friendly herbicides with new modes of action, which is relevant in the current scenario where repeated use of herbicides with limited modes of action has favoured the emergence of resistant weed genotypes.

When introduced rationally, allelopathy in the IWM can contribute towards achieving the extra environmental objectives of ecological transition, such as maintaining the functional diversity of the “other plants” and their wide variety of ecosystem services, by incorporating a scenario far from the one of infertile soils and reinfestation that must be treated several times in the same crop cycle, into the synthetic herbicide-based strategy. Valuable research approaches provide diverse evidence of the usefulness of allelopathy as a tool for weed control, as well as their rich opinions and approaches that reinforce and enhance Allelopathy, in capital letters, as a lively and dynamic branch of science, and, specifically, for weed science.

Keywords: Allelopathy, IWM, new tools, natural products.

Tres décadas frente a las malas hierbas: evolución del control químico y la resistencia a herbicidas

OSUNA MD*

Área de Protección Vegetal, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Guadajira, Badajoz, España

*E-mail: mariadolores.osuna@juntaex.es

María Dolores Osuna Ruiz



Licenciada en Bioquímica y Doctora por la Universidad de Córdoba, donde defendió en 2003 su tesis doctoral titulada “Mecanismos de resistencia de las malas hierbas a los herbicidas”. Completó su formación investigadora con estancias en las universidades de Hohenheim y California-Davis, desarrollando posteriormente su etapa posdoctoral en esta última (2003-2007). Desde 2008 forma parte de CICYTEX, donde actualmente es responsable del Grupo de Investigación en Malherbología del Departamento de Protección Vegetal. Su actividad científica se centra en el manejo integrado de malas hierbas y, especialmente, en los mecanismos bioquímicos y moleculares implicados en la resistencia a herbicidas. Es autora de 68 publicaciones científicas en revistas internacionales y ha participado de forma continuada en proyectos regionales, nacionales e internacionales, como investigadora principal de numerosos proyectos competitivos. Ha dirigido seis tesis doctorales y mantiene una intensa actividad de formación y transferencia de conocimiento al sector agrario, en colaboración con administraciones, agricultores, técnicos y empresas. Fue presidenta de la Sociedad Española de Malherbología (SEMh) entre 2018 y 2021 y actualmente es vocal de la Asociación Española de Sanidad Vegetal (AESaVe) y miembro del Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación de Extremadura.

Hace treinta años, cuando inicié mi actividad profesional en el ámbito de la Malherbología, el control químico constituía la herramienta fundamental para la gestión de las malas hierbas. Los programas de control se apoyaban en un amplio abanico de materias activas y en la confianza de que la incorporación de nuevos herbicidas permitiría resolver la mayoría de los problemas existentes. Sin embargo, la intensificación de los sistemas de cultivo y el uso reiterado de los mismos modos de acción

favorecieron la aparición y expansión de poblaciones resistentes. Lo que inicialmente se percibía como un fenómeno puntual y localizado se ha convertido en uno de los principales desafíos para la agricultura moderna. En España, la evolución de las resistencias ha estado protagonizada por especies como *Lolium rigidum*, *Papaver rhoeas*, *Echinochloa* spp. y *Conyza* spp., que han marcado algunas de las etapas más relevantes en el estudio y manejo de este problema. Más recientemente, la irrupción de *Amaranthus palmeri* ha supuesto uno de los mayores retos emergentes debido a su elevada capacidad de adaptación y desarrollo de resistencias. Estas especies reflejan la creciente complejidad de esta problemática y una evolución paralela a la observada en el resto de Europa, situando a España entre los países con mayor experiencia en su estudio y gestión. Durante estas tres décadas también hemos sido testigos de una auténtica revolución en las herramientas de investigación y diagnóstico. Los ensayos en cámara de cultivo e invernadero, que durante años constituyeron la base para la detección de resistencias, han sido complementados por herramientas moleculares cada vez más precisas. La identificación de mutaciones en genes diana mediante PCR y secuenciación dio paso al empleo de marcadores moleculares capaces de realizar diagnósticos rápidos y fiables en un gran número de muestras. Más recientemente, las tecnologías de secuenciación masiva y las aproximaciones transcriptómicas están permitiendo avanzar en la comprensión de mecanismos más complejos, especialmente las resistencias metabólicas. Paralelamente, la creciente presión regulatoria y la reducción de materias activas disponibles han puesto de manifiesto que la sostenibilidad del control de malas hierbas requiere estrategias integradas en las que el control químico sigue siendo una herramienta esencial, pero no la única. En esta ponencia realizaré un recorrido por la evolución del control químico y la resistencia a herbicidas durante las últimas tres décadas en Europa y, especialmente, en España, desde una perspectiva personal basada en mi experiencia investigadora y profesional. Revisaremos los principales cambios en los herbicidas, las malas hierbas y las herramientas disponibles para su estudio y manejo, así como las lecciones aprendidas y los retos que marcarán el futuro de la Malherbología.

Palabras clave: Malherbología, manejo integrado, diagnóstico molecular, resistencias metabólicas, *Amaranthus palmeri*.

Three decades tackling weeds: the evolution of chemical control and herbicide resistance

Thirty years ago, when I began my professional career in Weed Science, chemical control was the main tool for weed management. Control programmes relied on a wide range of active ingredients and on the expectation that the introduction of new herbicides would solve most existing problems. However, the intensification of cropping systems and the repeated use of the same modes of action favoured the emer-

gence and spread of resistant populations. What was initially perceived as an isolated and localised phenomenon has become one of the major challenges facing modern agriculture.

In Spain, the evolution of resistance has been particularly associated with species such as *Lolium rigidum*, *Papaver rhoeas*, *Echinochloa* spp. and *Conyza* spp., which have marked some of the most significant stages in the study and management of this problem. More recently, the emergence of *Amaranthus palmeri* has become one of the major new challenges due to its remarkable ability to adapt and evolve resistance. These species reflect the increasing complexity of the problem and a trend parallel to that observed elsewhere in Europe, placing Spain among the countries with the greatest experience in its study and management.

Over these three decades, we have also witnessed a genuine revolution in research and diagnostic tools. Growth-chamber and greenhouse assays, which for many years formed the basis of resistance detection, have been complemented by increasingly precise molecular tools. The identification of mutations in target genes using PCR and sequencing was followed by the development of molecular markers capable of providing rapid and reliable diagnoses across large numbers of samples. More recently, high-throughput sequencing technologies and transcriptomic approaches have enabled significant advances in our understanding of more complex mechanisms, particularly metabolic resistance.

At the same time, increasing regulatory pressure and the declining availability of active ingredients have highlighted the fact that sustainable weed management requires integrated strategies in which chemical control remains an essential tool, but is no longer the only one. In this plenary lecture, I will review the evolution of chemical weed control and herbicide resistance over the past three decades in Europe and, particularly, in Spain, from a personal perspective based on my research and professional experience. We will examine the major changes in herbicides, weeds, and the tools available for their study and management, as well as the lessons learned and the challenges that will shape the future of Weed Science.

Keywords: Weed Science, integrated management, molecular diagnostics, metabolic resistance, *Amaranthus palmeri*.

Visitantes indeseados: las plantas exóticas e invasoras

TORRA FARRÉ, J*

Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Universidad de Lleida-Centro Cerca AGROTECNIO, Lleida, España

*E-mail: joel.torra@udl.cat

Joel Torra Farré



Profesor en la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agroalimentària i Forestal i de Veterinària (ETSEAFIV) de la Universitat de Lleida (UdL) e investigador principal del área de Crop Protection del centro Agrotecnio. Licenciado en Biología (1999) y con un Máster en Bioquímica Experimental (2000) por la Universitat de Barcelona, obtuvo posteriormente su Doctorado en Biología Vegetal (2007) por la UdL. Desarrolla su actividad científica y es integrante del Grupo de Investigación Reconocido en Malherbología y Ecología Vegetal. Sus líneas principales abarcan el estudio de la

biología, ecología y control de malas hierbas en sistemas agrícolas, con un especial énfasis en los mecanismos de resistencia a herbicidas y el desarrollo de estrategias de manejo integrado poblaciones resistentes. A lo largo de su carrera ha liderado numerosos proyectos de investigación competitivos y no competitivos, y cuenta con más de 90 publicaciones científicas internacionales. Actualmente está centrado en el estudio de la mala hierba invasora *Amaranthus palmeri*.

Las plantas invasoras son especies exóticas que se introducen en un nuevo entorno, se adaptan con rapidez y desplazan a la flora autóctona, alterando los ecosistemas locales. En España, representan una seria amenaza medioambiental y económica, estando reguladas oficialmente por normativas estatales. Los campos de cultivos son agroecosistemas muy antrópicos y alterados y, por lo tanto, muy susceptibles a las invasiones vegetales. Muchas veces son la principal vía de entrada de plantas exóticas invasoras, que después pueden acabar llegando a los ecosistemas naturales.

Las plantas exóticas invasoras en agroecosistemas despliegan atributos biológicos y funcionales clave que les permiten superar a las especies de malas hierbas nativas y ser altamente competitivas con los cultivos. Destacan por su rápido crecimiento, alta

plasticidad genotípica y fenotípica para ser muy adaptables, producción masiva de semillas y otras características como la alelopatía. Muchas llegaron hace siglos y llevan mucho tiempo naturalizadas en nuestros campos de cultivo, márgenes de campos y carreteras, y otros hábitats no cultivados, pero también en ecosistemas naturales. Muchas de estas especies pertenecen a unas pocas familias botánicas, Asteráceas, Poáceas, las antiguas Quenopodiáceas junto con las Amarantáceas, así como las Solanáceas, ya que suelen tener la mayoría de atributos biológicos anteriormente mencionados para medrar en nuevos entornos.

Algunos de los ejemplos más paradigmáticos en España se dan en cultivos extensivos anuales de verano como arroz o maíz, pero también en los frutales de regadío, ya que la mayoría no tienen limitaciones de recursos, como el agua, siendo muy proclives a ser invadidos por especies vegetales alóctonas. Hay casos que ejemplifican el coste económico que puede tener una especie cuando no se evita su naturalización, como *Abutilon theophrasti*. En cambio, también tenemos casos de éxito, como *Sycios angulatus* o el teosinte, un ancestro del maíz, que han sido erradicadas o contenidas.

El caso más reciente, y a la vez, más preocupante es *Amaranthus palmeri*. Esta especie, originaria de los desiertos de Centro y Norteamérica, está llegando de manera continua del continente americano. En algunos casos con resistencias a herbicidas ya incorporadas en origen, en otros, con resistencias que se han seleccionado una vez en nuestro país. Actualmente es la principal amenaza del cultivo del maíz en toda la península ibérica.

Palabras clave: Plantas exóticas invasoras, agroecosistemas, invasiones vegetales, gestión de malas hierbas, *Amaranthus palmeri*.

Unwelcome visitors: Exotic and invasive plants

Invasive plants are non-native species that establish in new environments, rapidly adapt, and displace native flora, thereby altering local ecosystems. In Spain, they represent a major environmental and economic threat and are subject to official regulation under national legislation. Croplands are highly anthropogenic and disturbed agroecosystems and are therefore particularly susceptible to plant invasions. In many cases, they constitute the primary entry point for invasive alien plants, which may subsequently spread into natural ecosystems.

In agroecosystems, invasive alien plants exhibit a range of key biological and functional traits that enable them to outcompete native weed species and become highly competitive with crops. These include rapid growth, high genotypic and phenotypic plasticity, prolific seed production, and additional attributes such as allelopathy. Many of these species were introduced centuries ago and have long since become natural-

ized in croplands, field margins, roadsides, and other non-cultivated habitats, as well as in natural ecosystems. A large proportion belong to a limited number of botanical families, including Asteraceae, Poaceae, the former Chenopodiaceae (now included within Amaranthaceae), and Solanaceae, whose members commonly possess many of the biological traits that facilitate successful establishment in novel environments.

Some of the most representative examples in Spain occur in annual summer crops such as rice and maize, as well as in irrigated fruit orchards. Because these cropping systems are generally not limited by resources such as water, they are particularly vulnerable to invasion by alien plant species. Several cases illustrate the substantial economic costs associated with the failure to prevent the naturalization of invasive species, such as *Abutilon theophrasti*. Conversely, there have also been successful eradication or containment programs targeting species such as *Sicyos angulatus* and teosinte, the wild ancestor of maize.

The most recent—and arguably the most concerning—case is *Amaranthus palmeri*. Native to the arid regions of Central and North America, this species continues to be repeatedly introduced from the American continent. Some populations already carry herbicide resistance traits acquired in their native range, whereas others have evolved resistance after their introduction into Spain. At present, *A. palmeri* represents the greatest weed threat to maize production throughout the Iberian Peninsula.

Keywords: Invasive alien plants, agroecosystems, biological invasions, herbicide resistance, *Amaranthus palmeri*.



SESIÓN 1

Agroecología y servicios ecosistémicos

S1. O1. La especie de cubierta vegetal y su biomasa condicionan la eficacia del método de finalización para el control de malas hierbas estivales en viñedos mediterráneos

BARRANCO-ELENA D^{1,2,*}, RECASENS J^{1,2}, MALUQUER J^{1,2}, BARAIBAR B^{1,2}

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, ETSEAFiV/Universitat de Lleida, Lleida, España; ²AGROTECNIO-CERCA Center, Lleida, España

(*E-mail: diego.barranco@udl.cat)

Las cubiertas vegetales son una práctica agrícola sostenible que puede proporcionar múltiples servicios ecosistémicos, entre ellos, el manejo de malas hierbas sin comprometer la salud del suelo. La elección de especies adecuadas y el método de finalización son desafíos clave para implementar con éxito las cubiertas vegetales, especialmente en climas semiáridos. El objetivo de este estudio es determinar qué especies y métodos de finalización son más adecuados para controlar las especies de malas hierbas tanto de invierno como de verano en viñedos (*Vitis vinifera* L.). Para ello, se ha llevado a cabo un experimento en dos viñedos ecológicos ubicados en Raimat (Lleida), durante dos campañas en uno de los campos y tres en el otro. El estudio consta de seis tratamientos siguiendo un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las cubiertas vegetales sembradas fueron *Phacelia tanacetifolia* Benth. y triticale ($\times$ *Triticosecale*), junto con un control sin sembrar, en el que se dejó crecer la vegetación espontánea. En primavera, la mitad de las cubiertas se finalizaron con el *roller crimper* (rodillo-cuchilla) y la otra mitad se picaron. A lo largo del estudio se evaluó la presencia de malas hierbas, el recubrimiento del suelo y la producción de biomasa, tanto de la cubierta como de las malas hierbas. Los resultados indican que triticale presentó mayor recubrimiento del suelo y producción de biomasa, traducándose en un mejor control de malas hierbas independientemente del método de finalización. Incluso con niveles moderados de biomasa, se lograron reducciones significativas de flora arvense. Por el contrario, *P. tanacetifolia* mostró una respuesta más variable, condicionada por la biomasa acumulada en primavera. La eficacia del método de finalización dependió del nivel de biomasa de *P. tanacetifolia* producido. Por otro lado, la cubierta espontánea se asoció con una mayor presencia de especies arvense estivales más competitivas como *Chenopodium album* L.

Palabras clave: *roller crimper*, picadora, triticale, *Phacelia tanacetifolia*, sistema ecológico.

S1. O1. Cover crop species and biomass determine the effectiveness of termination methods for summer weed control in Mediterranean vineyards

Cover crops are a sustainable agricultural practice that provide multiple ecosystem services, including weed management without compromising soil health. However, selecting appropriate species and termination methods remains a key challenge, particularly in semi-arid climates. This study aimed to identify the most suitable cover crop species and termination methods for controlling both winter and summer weed species in vineyards (*Vitis vinifera* L.). The experiment was conducted in two organic vineyards located in Raimat (Lleida) over two growing seasons in one field and three in the other. A randomized complete block design with three replicates and six treatments was used. The cover crops included *Phacelia tanacetifolia* Benth. and triticale ($\times$ *Triticosecale*), alongside an unsown control with spontaneous vegetation. In spring, cover crops were terminated either using a roller crimper or by mechanical shredding. Triticale achieved higher soil cover and biomass production, resulting in improved weed suppression regardless of termination method. Even moderate biomass levels led to significant reductions in weed abundance. In contrast, *P. tanacetifolia* showed more variable performance, strongly influenced by spring biomass accumulation, which also determined the effectiveness of termination. The spontaneous vegetation treatment was associated with a higher presence of competitive summer weeds such as *Chenopodium album* L.

Keywords: roller crimper, flail mower, triticale, *Phacelia tanacetifolia*, organic system.

S1. O2. Estrategias de manejo de cubiertas vegetales para el control de malas hierbas en viñedo: composición y métodos de finalización

THERISOD F^{1,2,*}, BARAIBAR B^{1,2}, GÓMEZ COPETE J^{1,2}, BARRANCO-ELENA D^{1,2}, MALUQUER J^{1,2}, DOMINGO A³, RECASENS J^{1,2}

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, ETSEAFiV/Universitat de Lleida, Lleida, España; ²AGROTECNIO-CERCA Center, Lleida, España; ³Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Tarragona, España

(*E-mail: federico.therisod@udl.cat)

La siembra de cubiertas vegetales es una práctica que puede mejorar la sostenibilidad de viñedos mediterráneos de secano. Las cubiertas pueden controlar las malas hierbas reduciendo la necesidad de laboreo y favoreciendo la conservación del suelo. El efecto de la cubierta vegetal sobre las malas hierbas y el cultivo está condicionado por su composición específica, la producción de biomasa, el grado de recubrimiento del suelo y el momento y método de finalización. En cuanto al momento, se busca evitar la competencia con la vid. Respecto al método, una técnica probada, pero poco difundida en viñedos, es el uso de *roller-crimper*. Esta técnica genera, sobre la calle, un acolchado de material vegetal de lenta descomposición, que puede inhibir el crecimiento de malas hierbas estivales y ser especialmente efectiva en cubiertas con alta proporción de poáceas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes cubiertas vegetales y una cubierta espontánea, junto a dos métodos de finalización (picadora y *roller-crimper*) sobre las malas hierbas y la productividad del viñedo. Con este fin se estableció un ensayo en Pla de Manlleu (Alt Camp, Tarragona) en la campaña 2024-2025, en una parcela de viña de la variedad Garnacha blanca en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron tres mezclas comerciales: C1-Cal Pauet (48 % poáceas, 48 % fabáceas y 4 % brasicáceas), C2-Battle (72 % poáceas y 28 % fabáceas) y C3-Rocalba (60 % poáceas, 31 % fabáceas, 6 % brasicáceas y 3 % boragináceas). Las cubiertas sembradas produjeron, antes de su finalización, mayor biomasa que la cubierta espontánea. C1-Cal Pauet y C2-Battle alcanzaron un mayor recubrimiento del suelo y proporcionaron el mejor control de malas hierbas primaverales. Tras la finalización, los restos vegetales de las cubiertas depositados sobre el suelo redujeron la presencia de malas hierbas estivales, sin diferencias entre la picadora y el *roller-crimper*. En las condiciones de este ensayo, las cubiertas vegetales no afectaron al rendimiento del viñedo.

Palabras clave: *Vitis vinifera*, interlínea, secano, rodillo-cuchilla, mezcla de especies.

S1. O2. Cover crop management strategies for weed control in vineyards: functional composition and termination methods

The establishment of cover crops is a management practice that can improve the sustainability of rainfed Mediterranean vineyards. Cover crops can suppress weeds, reducing the need for tillage while promoting soil properties. Their effects on weeds and the crop depend on species composition, biomass production, soil cover, and the timing and method of termination. In terms of timing, termination should avoid competition with the grapevine. Regarding the termination method, one promising but still scarcely adopted technique in vineyards is the use of a roller-crimper. This method creates a slowly decomposing mulch in the inter-row, which may suppress summer weeds and could be particularly effective when cover crops contain a high proportion of grasses. The aim of this study was to evaluate the effects of different sown cover crop mixtures and spontaneous vegetation with two termination methods (shredding and roller-crimper), on weed suppression and vineyard productivity. A field experiment was established in Pla de Manlleu (Tarragona, Spain) during the 2024–2025 growing season in a cv. Garnacha Blanca vineyard, using a randomized complete block design with three replicates. Three commercial cover crop mixtures were evaluated: C1-Cal Pauet (48% grasses, 48% legumes, and 4% brassicas), C2-Battle (72% grasses and 28% legumes), and C3-Rocalba (60% grasses, 31% legumes, 6% brassicas, and 3% borages). Before termination, the sown cover crops produced greater biomass than the spontaneous vegetation. C1-Cal Pauet and C2-Battle achieved greater soil cover and provided the most effective control of spring weeds. Following termination, the sown cover crops reduced the abundance of summer weeds, with no differences between shredding and the roller-crimper. Under the conditions of this study, cover crops did not affect vineyard yield.

Keywords: *Vitis vinifera*, inter-row, rain-fed, roller-crimper, species mixture.

S1. O3. Influencia de diferentes estrategias de manejo de la flora arvense sobre la composición foliar de *Solanum lycopersicum* L., en el proyecto AGROSUS

GONZÁLEZ-GARCÍA E^{1,2,*}, VIEITES-ÁLVAREZ Y^{1,2}, LÓPEZ-GONZÁLEZ D^{1,2}, TORRES-PAGÁN N³, VERDEGUER M³, SÁNCHEZ-MOREIRAS AM^{1,2}

¹Departamento de Biología Vexetal e Ciencias do Solo, Facultade de Biología/Universidade de Vigo, Vigo, España; ²Instituto de Agroecología e Alimentación (IAA)/Universidade de Vigo, Ourense, España; ³ Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València, Valencia, España

(*E-mail: eva.gonzalez.garcia2@uvigo.gal)

La adopción de sistemas agroecológicos en la producción hortícola se plantea como estrategia para mejorar la sostenibilidad y favorecer los procesos ecológicos del suelo. Este trabajo evaluó el efecto de distintos sistemas de manejo de la flora arvense sobre la composición mineral foliar del tomate en un campo en término municipal de Meliana, provincia de Valencia, España.

Cinco combinaciones de medidas de manejo fueron ensayadas: (1) rotación de cultivos, herbicida y control mecánico (CONV1); (2) rotación de cultivos, acolchado de plástico negro y control mecánico (CONV2); (3) rotación de cultivos, film biodegradable y control mecánico (AGRO1); (4) rotación de cultivos, acolchado de paja de arroz y control mecánico (AGRO2); y (5) rotación con acolchado de paja de maíz y control mecánico (AGRO3), con cinco repeticiones por tratamiento. Durante el ciclo de cultivo, se recolectaron hojas, que se secaron, molieron y analizaron mediante ICP-OES y EA-IRMS para determinar la concentración de B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P y Zn, así como las relaciones isotópicas y el contenido de C y N.

El uso de herbicida se asoció a estrés fisiológico, evidenciado por valores de $\delta^{13}\text{C}$ menos negativos, mayores concentraciones de Ca y Mg, que podrían deberse a un efecto de concentración por menor crecimiento, y reducciones de N, P y K por menor absorción y translocación. Los micronutrientes mostraron respuestas diferenciadas: Fe y Zn aumentaron en el tratamiento con herbicida (CONV1), el B disminuyó en sistemas con acolchados y el Cu aumentó en el plástico negro. En conjunto, la nutrición mineral del cultivo varió según el manejo probablemente debido a mecanismos fisiológicos y edáficos específicos.

Palabras clave: Agroecología, tomate, flora arvense, acolchados orgánicos, análisis elemental.

S1. O3. Influence of different weed management strategies on the foliar composition of tomato within the AGROSUS project

The adoption of agroecological systems in horticultural production is proposed as a strategy to improve sustainability and enhance soil ecological processes. This study evaluated the effect of different weed management systems on the foliar mineral composition of tomato under field conditions in Valencia, Spain.

Five treatments were established: (1) crop rotation, mechanical control and herbicides (CONV1); (2) crop rotation with black plastic mulch and mechanical control (CONV2); (3) crop rotation with biodegradable biofilm and mechanical control (AGRO1); (4) crop rotation with rice straw mulch and mechanical control (AGRO2); and (5) crop rotation with maize straw mulch and mechanical control (AGRO3), with five replicates per treatment. During the growing cycle, leaves were collected, dried, ground, and analyzed using ICP-OES and EA-IRMS to determine B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P and Zn concentrations, as well as isotopic ratios and C and N content.

Herbicide use was associated with physiological stress, evidenced by less negative $\delta^{13}\text{C}$ values, higher Ca and Mg concentrations likely due to a concentration effect from reduced growth, and decreases in N, P and K due to reduced uptake and translocation. Micronutrients showed differentiated responses: Fe and Zn increased in the herbicide treatment, B decreased in mulched systems, and Cu increased under black plastic mulch. Overall, crop mineral nutrition varied with management, likely due to specific physiological and edaphic mechanisms.

Keywords: Agroecology, tomato, weed flora, organic mulches, elemental analysis.

S1. O4. Cobertura y riqueza de arvenses en cereal de invierno entre 2005 y 2025 en Aragón

CIRUJEDA A^{1,2,*}, PARDO G^{1,2}, ZARAGOZA C¹, PUEYO J¹, AIBAR J², CORDEAU S³, FRIED G⁴, ADEUX G³

¹Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España; ²Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, CITA Universidad de Zaragoza, España; ³Université de Bourgogne Europe, Institut Agro Dijon, INRAE, UMR Agroécologie, Dijon, Francia; ⁴ANSES, Laboratoire de la Santé des Végétaux, Unité Entomologie & Botanique, Montpellier, Francia

(*E-mail: acirujeda@aragon.es)

Se han llevado a cabo prospecciones de arvenses en campos de cereal de invierno en las principales zonas cerealistas de Aragón, entre abril y junio, en dos periodos. El primero (P1) comprendió los años 2005 a 2013, el segundo (P2), 2021 a 2025. Se examinaron los mismos 211 campos en ambos periodos, salvo cambio de cultivo en el segundo, que se sustituyó por otro cercano. Cada campo fue recorrido en zig-zag por al menos 3 personas cubriendo alrededor de una hectárea, se identificaron las especies arvenses y se estimó visualmente su cobertura; con estos datos se calculó la riqueza. Además del periodo se tuvieron en cuenta otros factores: altitud, secano o regadío, si había indicios de aplicación de herbicidas y el tipo de laboreo. Con esta información se realizó un análisis de Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLLM). Los resultados preliminares muestran que el periodo de prospección solo tuvo una influencia significativa sobre la cobertura total de arvenses (26% en P1, 18% en P2) pero no sobre la riqueza. Cuando se aplicaron herbicidas la riqueza de arvenses y la cobertura total fueron menores (9.7 *versus* 16.6 y 17 *versus* 26%, respectivamente). La riqueza de las plantas arvenses y su cobertura se incrementaron en un 29% y un 72%, respectivamente, a lo largo del gradiente altitudinal (100–1400 m). Se encontró mayor riqueza en situaciones de siembra directa en secano (14.5) y laboreo en secano (13.0) frente a laboreo y riego (10.5). Como conclusión preliminar se puede decir que la cobertura de las arvenses ha disminuido ligeramente entre los periodos estudiados, pero que, en ambos, la presencia y cobertura de las arvenses está afectada por el uso de herbicidas, la altitud, el laboreo y el regadío. Un análisis más detallado podrá definir mejor las especies asociadas a cada factor estudiado.

Palabras clave: Evolución de flora, manejo, herbicidas, laboreo, riego, altitud.

S1. O4. Arable weed cover and richness in winter cereal between 2005 and 2025 in Aragón

Arable weed surveys have been carried out in winter cereal fields in the main cereal production areas of the Aragón region between April and June in two periods. The first period (P1) included years 2005 to 2013, the second (P2), 2021 to 2025. The same 211 fields were surveyed in both periods excepting fields where in P2 a different crop was grown and substituted by a nearby field. Each plot was browsed in zig-zag by at least 3 trained persons covering around one ha, each species was identified and a visual cover was assigned; richness was estimated with these data. Apart from the period other factors were taken into account: altitude, rainfed or irrigated, type of soil tillage and if there were evidences of herbicide application. With this information a Generalized Mixed Lineal Model Analysis (GLLM) was performed. The preliminary results show that the survey period had only a significant influence on the total weed cover (26% in P1, 18% in P2) but not on richness. When herbicides were used, arable weed richness and total cover were lower (9.7 *versus* 16.6 and 17 *versus* 26%, respectively). Plant richness and cover increased 29% and 72% respectively following the altitudinal gradient (100–1400 m). Higher richness was found for no-till in rainfed fields (14.5) and tilled fields in rainfed situation (10.5). As a preliminary conclusion it can be said that weed cover has diminished slightly between the two studied periods but in both of them presence and cover of weeds is affected by herbicide use, altitude, tillage and irrigation. A more detailed analysis will define better which are the species associated with each studied factor.

Keywords: Changes in weed flora, management, tillage, irrigation, altitude.

S1. O5. Afinidad arvense y relevancia agronómica reflejan dimensiones funcionales distintas en la flora arvense ibérica

GARCÍA-GUERRA, J^{1,*}

¹*Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España*

(*E-mail: jose.g.guerra@csic.es)

No todas las especies frecuentes en los cultivos tienen la misma relevancia agronómica. Por ello, los rasgos que favorecen su establecimiento y persistencia en los agroecosistemas no tendrían por qué coincidir con aquellos que contribuyen a su impacto potencial sobre el cultivo. En este trabajo se utilizó arvenSYS, un sistema de información funcional de la flora arvense ibérica, para evaluar si la afinidad arvense y la relevancia agronómica reflejan dimensiones funcionales distintas. Se analizaron seis rasgos funcionales relacionados con el tamaño vegetativo, la economía foliar y la fenología reproductiva, junto con dos variables integradas en arvenSYS: el grado de afinidad arvense, basado en la frecuencia de aparición en cultivos, y la alta relevancia agronómica, definida mediante un ranking bibliométrico construido a partir de literatura especializada de malherbología. El incremento de afinidad arvense se asoció con estrategias foliares orientadas a una rápida adquisición de recursos, floraciones más tempranas y periodos reproductivos más prolongados. Sin embargo, dentro de las especies con máxima afinidad arvense, las especies de alta relevancia agronómica se diferenciaron principalmente por un mayor tamaño vegetativo, mayor área foliar y fenologías reproductivas más extensas, mientras que los rasgos relacionados con la economía foliar no mostraron señales consistentes. Estos resultados sugieren que la afinidad arvense y la relevancia agronómica capturan dimensiones funcionales parcialmente distintas dentro de la flora arvense ibérica: la primera estaría más vinculada a estrategias que favorecen el establecimiento y la persistencia en agroecosistemas, mientras que la segunda se asociaría principalmente con rasgos potencialmente relacionados con la capacidad competitiva.

Palabras clave: arvenSYS, flora arvense, rasgos funcionales, fenología, agroecosistemas.

S1. O5. Arable affinity and agronomic relevance reflect distinct functional dimensions in the Iberian arable flora

Not all species frequently occurring in crops have the same agronomic relevance. Accordingly, the traits that favour their establishment and persistence in agroecosystems need not coincide with those contributing to their potential impact on the crop. In this study, arvenSYS, a functional information system for Iberian weed flora, was used to assess whether weed affinity and agronomic relevance reflect distinct functional dimensions. Six functional traits related to vegetative size, leaf economics and reproductive phenology were analysed, together with two variables integrated into arvenSYS: degree of weed affinity, based on frequency of occurrence in crops, and high agronomic relevance, defined through a bibliometric ranking constructed from specialised weed science literature. Increasing weed affinity was associated with leaf strategies oriented towards rapid resource acquisition, earlier flowering and longer reproductive periods. However, among species with maximum weed affinity, those of high agronomic relevance were mainly characterised by greater vegetative size, larger leaf area and more prolonged reproductive periods, whereas traits related to leaf economics showed no consistent patterns. These results suggest that weed affinity and agronomic relevance capture partially distinct functional dimensions within Iberian weed flora: the former appears to be more closely linked to strategies that favour establishment and persistence in agroecosystems, whereas the latter is mainly associated with traits potentially related to competitive ability.

Keywords: arvenSYS, arable flora, functional traits, weediness, phenology, agroecosystems.

S1. P1. Los microorganismos del suelo modulan la competencia cultivo - mala hierba en sistemas ecológicos

BARAIBAR B^{1,*}, CABALLOL M¹, OLIVA J¹

¹Departamento Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Universitat de Lleida, Agrotecnio - CERCA Center, Lleida, España

(*E-mail: barbara.baraibar@udl.cat)

Las plantas, ya sean cultivadas o no, pueden modificar la disponibilidad de nutrientes del suelo, su contenido de humedad y las comunidades microbianas. A su vez, las poblaciones microbianas pueden afectar al crecimiento de las plantas, tanto negativamente, ejerciendo una acción patogénica sobre semillas o plántulas, como positivamente, por ejemplo, facilitando la absorción de nutrientes o aportando resistencia frente a estrés. Estas interacciones planta-suelo pueden modificar las relaciones de competencia entre especies. El manejo del cultivo (laboreo, rotación, fertilización) o el sistema productivo que engloba dicho manejo (ecológico o convencional) puede determinar las poblaciones microbianas presentes en el suelo y, por tanto, influir en la competencia entre cultivos y malas hierbas.

Se realizó un experimento en 72 macetas en las que se sembró trigo o *Avena sterilis* L. en monocultivo y en competencia, siguiendo un diseño de series de reemplazo. El suelo fue primero esterilizado y posteriormente revivificado mediante la adición de una pequeña cantidad de suelo procedente de un campo ecológico o convencional. Además, la mitad de las macetas recibió un fertilizante orgánico. Tras dos meses de crecimiento, las plantas se cortaron y pesaron por separado. Se calcularon los índices de rendimiento relativo (RY) en las combinaciones en competencia. En ausencia de fertilización, los microorganismos redujeron el crecimiento de ambas especies en los suelos de origen ecológico. Con fertilización, este efecto desapareció. Sin embargo, cuando trigo y *A. sterilis* crecieron en competencia en suelo ecológico sin fertilizante, ambas especies mostraron mayores valores de RY en suelo vivo que en suelo estéril. Con fertilización, el trigo presentó valores de RY superiores a *A. sterilis*. Estos resultados sugieren que los microorganismos pueden modular la competencia entre el cultivo y la mala hierba.

Palabras clave: *Avena sterilis*, interacciones planta-suelo, comunidades microbianas, series de reemplazo.

S1. P1. Soil microorganisms modulate crop-weed competition in organic systems

Plants, whether cultivated or non-cultivated, can modify soil nutrient availability, moisture content, and microbial communities. In turn, microbial populations can affect plant growth, both negatively, by exerting pathogenic effects on seeds or seedlings, and positively, for example by facilitating nutrient uptake or conferring resistance to stress. These plant-soil interactions can alter competitive relationships between species. Crop management practices (tillage, rotation, fertilization), or the production system encompassing such practices (organic or conventional), may determine the microbial populations present in the soil and therefore influence competition between crops and weeds.

An experiment was conducted using 72 pots in which wheat or *Avena sterilis* were grown either in monoculture or in competition, following a replacement series design. The soil was first sterilized and subsequently re-inoculated through the addition of a small amount of soil collected from either an organic or a conventional field. In addition, half of the pots received organic fertilizer. After two months of growth, plants were harvested and weighed separately. Relative yield (RY) indices were calculated for the competition treatments. In the absence of fertilization, microorganisms reduced the growth of both species in soils of organic origin. With fertilization, this effect disappeared. However, when wheat and *A. sterilis* grew in competition in organic soil without fertilization, both species showed higher RY values in live soil than in sterile soil. Under fertilized conditions, wheat showed higher RY values than *A. sterilis*. These results suggest that soil microorganisms may modulate crop-weed competition

Keywords: *Avena sterilis*, soil-plant interactions, microbial communities, replacement series.

S1. P2. Influencia de las cubiertas vegetales y el laboreo en el banco de semillas arvenses en agroecosistemas de secano

OSORNO R^{1,2,*}, SAN JUAN-HERAS R^{1,3}, GABRIEL JL¹, RODRÍGUEZ-MARTÍN JA¹, PORCEL MA¹, SANTÍN-MONTANYÁ MI¹

¹Departamento de Medioambiente y Agronomía, INIA-CSIC, Madrid, España; ²Área de Ecología, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España; ³Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

(*E-mail: roberto.osorno@edu.uah.es)

Los bancos de semillas arvenses permiten detectar y comprender los cambios que experimenta la flora espontánea como respuesta a modificaciones en los agroecosistemas, ya que el suelo actúa como un reservorio que almacena semillas tanto de la campaña en curso como de años previos, integrando así la memoria de las prácticas de manejo y de las condiciones ambientales acumuladas en el tiempo. Esta característica convierte al banco de semillas en un indicador clave de los efectos de las decisiones agronómicas. Aunque existe evidencia de que el laboreo y el uso de cubiertas vegetales influyen en la composición y estructura de las comunidades de arvenses, todavía es limitada la información acerca de cómo estas prácticas impactan directamente sobre el banco de semillas del suelo. En este marco, planteamos la hipótesis de que distintos sistemas de manejo del suelo y diferentes densidades de cubiertas vegetales afectarían de manera diferente al reservorio de semillas de especies arvenses. El objetivo de nuestro estudio fue evaluar si la densidad y riqueza funcional del banco de semillas variaban según el sistema de manejo del suelo, siembra directa y laboreo tradicional, y diferentes densidades de una cubierta vegetal de cebada-veza, después de tres años. Además, con la base de datos LEDA, analizamos rasgos funcionales del banco de semillas relativos a características físicas de las semillas, mecanismos de dispersión y fenología de las especies. Nuestros resultados no mostraron diferencias significativas con el manejo del suelo y la densidad de siembra de la cubierta. Sin embargo, observamos cambios relevantes en rasgos funcionales objeto del estudio. En laboreo tradicional predominaban especies con semillas pequeñas, y en siembra directa se observó una mayor diversidad de pesos de semilla. Los resultados sugieren que el manejo del suelo puede actuar filtrando las comunidades arvenses por sus rasgos funcionales.

Palabras clave: Dinámica de flora, manejo del suelo, rasgos funcionales, riqueza funcional.

S1. P2. Influence of cover crops and tillage on the arable weed seed bank

Arable weed seed banks allow the detection and understanding of changes in spontaneous flora in response to modifications in agroecosystems, as the soil acts as a reservoir storing seeds from both the current growing season and previous years, thereby integrating the legacy of management practices and environmental conditions accumulated over time. This characteristic makes the seed bank a key indicator of the effects of agronomic decisions. Although there is evidence that tillage and the use of cover crops influence the composition and structure of weed communities, information regarding how these practices directly affect the soil seed bank remains limited. Within this framework, we hypothesized that different soil management systems and varying cover crop densities would differentially affect the seed reservoir of arable weed species. The objective of our study was to evaluate whether the density and functional richness of the seed bank varied according to soil management system no tillage and conventional tillage and different sowing densities of a barley vetch cover crop after three years. In addition, using the LEDA database, we analyzed functional traits of the seed bank related to seed physical characteristics, dispersal mechanisms, and species phenology. Our results showed no significant differences associated with soil management or cover crop sowing density. However, relevant changes were observed in the functional traits analyzed. Under conventional tillage, species with small seeds predominated, whereas no-tillage systems exhibited greater diversity in seed weight. These results suggest that soil management may act as a filter on arable weed communities according to their functional traits.

Keywords: Flora dynamics, soil management, functional traits, functional richness.

S1. P3. Control ecológico de malas hierbas en viñedos de secano: ¿Labores o cubiertas vegetales?

THERISOD F^{1,2,*}, BARAIBAR B^{1,2}, GÓMEZ COPETE J^{1,2}, BARRANCO ELENA D^{1,2}, MALUQUER J^{1,2}, MORAGAS P³, RECASENS J^{1,2}

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, ETSEAFiV/Universitat de Lleida, Lleida, España; ²AGROTECNIO-CERCA Center, Lleida, España; ³L'Olivera, Vallbona de les Monges, Lleida, España

(*E-mail: federico.therisod@udl.cat)

En viñedos ecológicos el laboreo del suelo es la práctica tradicional para manejar las malas hierbas. Sin embargo, estas labores recurrentes deterioran la estructura del suelo. Las cubiertas vegetales constituyen una alternativa que a la vez que ejercen presión sobre las malas hierbas, mejoran las propiedades edáficas. No obstante, existe un riesgo potencial de pérdidas de rendimiento según su presencia a ambos lados de la fila de las vides y de su duración. Bajo la hipótesis de que las cubiertas vegetales pueden controlar las malas hierbas reemplazando el laboreo y ser finalizadas antes que ejerzan competencia con la vid, se planteó un ensayo en la localidad de Nalec (Lleida), durante la campaña 2024-25, con el fin de evaluar el balance existente entre la presión ejercida por las cubiertas sobre las malas hierbas y el vigor y rendimiento de la vid. El ensayo se llevó a cabo en una parcela de viña variedad Garnacha negra, donde fue sembrada una cubierta vegetal anual a una dosis de 120 kg ha⁻¹, compuesta por una mezcla de fabáceas (48 %), poáceas (48 %) y brasicáceas (4 %) y fue incorporada al suelo en mayo mediante una labor. Los resultados reflejan un escaso efecto de la cubierta en reducir la presencia de malas hierbas de la calle respecto al laboreo, justificado por el retraso de la fecha de siembra de la cubierta debido a las lluvias otoñales de 2024, estando muchas malas hierbas ya emergidas. No obstante, la cubierta no afectó al rendimiento, aunque sí redujo el vigor vegetativo de las vides, posiblemente debido a una cierta competencia amortiguada por las condiciones hídricas de la campaña. Estos resultados reflejan que la implementación de cubiertas vegetales precisa de un manejo oportuno en cuanto a momento de siembra, establecimiento y finalización, de cara a optimizar los beneficios agronómicos.

Palabras clave: Cubiertas sembradas, competencia, peso de cosecha, flora arvense, interlínea.

S1. P3. Weed ecological control in rainfed vineyards: Tillage or cover crops?

In organic vineyards, tillage is the traditional practice for weed management; however, its recurrence may cause soil structure degradation. Cover crops represent an alternative to tillage, exerting pressure on weeds while simultaneously improving soil properties. Nevertheless, their implementation may pose a potential risk of yield reduction depending on their presence on both sides of the vine row and their duration.

Under the hypothesis that cover crops can control weeds as a substitute for tillage and be terminated before competing with the vine, a field trial was conducted in Nalec (Lleida) during the 2024–2025 season to evaluate the balance between the pressure exerted by cover crops on weeds and vine vigor and yield.

The experiment was carried out in a vineyard plot (cv. Garnacha negra), where an annual cover crop was sown at a rate of 120 kg ha⁻¹, consisting of a mixture of legumes (48%), grasses (48%), and mustard (4%), and was incorporated into the soil in May through tillage. The results showed a limited effect of the cover crops in reducing weed presence in the inter-row area compared to tillage, which can be explained by the delayed sowing date due to autumn rainfall in 2024, when many weed species had already emerged. However, the cover crop did not affect yield, although it did reduce vegetative vigor, possibly due to moderate competition buffered by the water availability during the growing season. These results indicate that the successful implementation of cover crops requires appropriate management in terms of sowing date, establishment, and termination to optimize agronomic benefits.

Keywords: Sown cover crops, competition, yield, arable weeds, inter-row.

S1. P4. Variabilidad intraespecífica de rasgos funcionales en comunidades arvenses ibéricas: Resultados preliminares del grupo ECOHIERBA

BARAIBAR B¹, ROYO ESNAI A¹, CIRUJEDA A^{2,3}, PARDO G^{2,3}, PUEYO J², VILLAR MP², GUERRA JG⁴, SANTÍN-MONTANYÁ F⁵, PORCEL MA⁵, ALARCÓN VÍLLORA R⁶, MEDINA VILLAR S⁷, BONA N⁶, IZQUIERDO J⁸, GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL⁹, HERNÁNDEZ PLAZA E^{7,*}

¹Dpto. DCEFA, UdL - Agrotecnio CERCA Center, Lleida, España; ²Dpto. Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente, CITA, Zaragoza, España; ³Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, CITA-Unizar, Zaragoza, España; ⁴Tech4AGRO, ICA-CSIC, Madrid, España; ⁵Dpto. Medio Ambiente y Agronomía, INIA-CSIC, Madrid, España; ⁶IMIDRA, Madrid, España; ⁷Dpto. Protección Vegetal, INIA-CSIC, Madrid, España; ⁸Dpto. d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, UPC, Castelldefels, España; ⁹IAS-CSIC, Córdoba, España

(*E-mail: eva.hernandez@inia.csic.es)

El uso de aproximaciones basadas en rasgos funcionales en malherbología se ha incrementado en los últimos años, pero con frecuencia los datos sobre los rasgos de las especies arvenses se obtienen de fuentes bibliográficas, lo que puede limitar la interpretación cuando existe elevada variabilidad intraespecífica asociada al ambiente y al manejo. En este contexto, el grupo ECOHIERBA (SEMh) está desarrollando un trabajo conjunto con los siguientes objetivos: (1) Caracterizar funcionalmente especies arvenses en la Península Ibérica. Estos datos se utilizarán en futuros trabajos y se compararán con aquellos procedentes de la bibliografía. (2) Determinar diferencias entre especies en el grado de variabilidad intra-específica y (3) definir si existe una relación entre la capacidad de las arvenses para desarrollarse en diferentes ambientes y manejos y su diversidad intra-específica. Se seleccionaron especies características de cultivos herbáceos en secano: 15 especies frecuentes y otras 17 más raras, según datos del grupo. En la primavera de 2025, se recolectaron 280 individuos pertenecientes a 28 poblaciones de 18 de estas especies. En estas plantas, siguiendo protocolos estandarizados, se midió la altura, área foliar específica, el contenido en materia seca de la hoja y su biomasa total. Se recogieron datos de la altura del cultivo y del tipo de manejo del campo donde se recolectaron. Presentamos resultados preliminares sobre la magnitud de la variabilidad intraespecífica por rasgo y especie, y su relación con la frecuencia de aparición en cultivos. En próximas campañas se completará el muestreo para aumentar el número de poblaciones por especie y consolidar los patrones observados.

Palabras clave: Diversidad intraespecífica, rasgos funcionales, servicios agroecosistémicos, cultivos de secano, arvenses raras.

S1. P4. Intraspecific variability of functional traits in Iberian weed communities: Preliminary results from the ECOHIERBA (SEMh) group

The use of functional trait-based approaches in weed science has increased in recent years. However, the trait values of weeds are often obtained from bibliographic sources, which may limit interpretation when there is high intraspecific variability associated with environmental conditions and management practices. In this context, the SEMh group ECOHIERBA is developing a functional characterization of weed species with the following objectives: (1) to functionally characterize weed species in the Iberian Peninsula. These data will be used in future studies and compared with data from other geographical regions; (2) to determine differences among species in the degree of intraspecific variability; and (3) to define whether there is a relationship between the ability of weeds to develop under different environmental and management conditions and their intraspecific diversity. To this end, characteristic species from rainfed herbaceous crops were selected: 15 frequent species and 17 rarer ones, according to the group's data. In the spring of 2025, 280 individuals belonging to 28 populations of 18 of these species were collected. In these plants, following standardized protocols, height, specific leaf area (SLA), leaf dry matter content, and total biomass were measured. Additionally, information on crop height and field management was recorded at the sampling sites. We present preliminary results on the magnitude of intraspecific variability by trait and species, and its relationship with frequency of occurrence in crops. In the next growing seasons, sampling will continue to increase the number of populations per species and strengthen the observed patterns.

Keywords: Intraspecific diversity, functional traits, agroecosystem services, rainfed crops, rare species.

S1. P5. Introducción al proyecto AGROSOIL: Agro-ecological soil optimization for integrated weed management

MALUQUER J^{1,*}, BARAIBAR B¹

¹DCEFA, Universitat de Lleida/AGROTECNIO, Lleida, España

(*E-mail: jmb20@alumnes.udl.cat)

En los sistemas agrarios europeos, el control de las malas hierbas está basado mayoritariamente en el uso de herbicidas y/o el laboreo intensivo del suelo, estrategias que han permitido mantener la productividad, pero con un impacto ambiental y sobre la calidad del suelo importante. Para paliar estos efectos, desde el Pacto Verde de la Unión Europea se está promoviendo la transición hacia modelos agroecológicos que reduzcan la dependencia de estas estrategias. En este contexto, el proyecto europeo AGROSOIL (36 meses, 2025-2028) reúne ocho centros de investigación y diversos actores del sector agrario de cinco países europeos (Suecia, Noruega, Alemania, Holanda y España) con el objetivo de co-desarrollar estrategias de manejo agroecológico de las malas hierbas mediante la implementación de laboratorios vivos (*living labs*) a nivel nacional. Con esta metodología participativa, se pretende estudiar tanto el efecto de métodos agroecológicos de manejo como la relación que puede tener la microbiología del suelo sobre factores que afecten directamente a la composición y magnitud de las comunidades de malas hierbas y la producción del cultivo. Así mismo, se quiere analizar cómo distintas estrategias de manejo del suelo pueden modificar dicha microbiología. Finalmente, se quiere determinar y divulgar los posibles impactos sociales y económicos que pueden tener las nuevas estrategias para promover y favorecer su implantación. En el *living lab* de Lleida, las estrategias a estudiar se centrarán en i) favorecer la competencia por parte del cultivo a través de la introducción de microrganismos beneficiosos y ii) la optimización del uso de la escardadora rotativa como estrategia de manejo de hierbas en cereales de invierno.

Palabras clave: Agroecología, microbiología, *living lab*, competencia cultivo-mala hierba, control mecánico.

S1. P5. Introduction to the AGROSOIL project: Agro-ecological soil optimization for integrated weed management

In European agricultural systems, weed control is still largely based on the use of herbicides and/or intensive soil tillage. Although these strategies have enabled the maintenance of crop productivity, they also have significant environmental impacts and negatively affect soil quality. To mitigate these effects, the European Union Green Deal is promoting the transition towards agroecological models that reduce dependence on such practices. In this context, the European project AGROSOIL (36 months, 2025–2028) brings together eight research institutions and several stakeholders from the agricultural sector across five European countries (Sweden, Norway, Germany, the Netherlands, and Spain) with the aim of co-developing agroecological weed management strategies through the implementation of national living labs. Using this participatory approach, the project seeks to study both the effects of alternative management practices and the potential relationship between soil microbiology and factors directly affecting weed community composition and crop production. Likewise, the project will analyse how different soil management practices may modify soil microbiology. Finally, the project aims to identify and disseminate the potential social and economic impacts associated with these new strategies in order to promote and facilitate their adoption. Within the Lleida living lab, the strategies to be studied will focus on: i) enhancing crop competitiveness through the introduction of beneficial microorganisms, and ii) optimizing the use of the rotary hoe as a weed management strategy in winter cereals.

Keywords: Agroecology, microbiology, living lab, crop-weed competition, mechanical weed control.

S1. P6. Competitividad de las malas hierbas con el cultivo en una rotación cereal-leguminosa bajo distintos sistemas de laboreo: un estudio de 32 años

GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL^{1,*}, GARCÍA DE LEÓN D²

¹Departamento de Protección de Cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Córdoba, España; ²Servicio de Agroecología, Área de Investigación Aplicada y Extensión Agraria, Organismo Autónomo Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMID-RA), Alcalá de Henares, España

(*E-mail: andujar@ias.csic.es)

Las malas hierbas constituyen una de las principales limitaciones bióticas de la agricultura, al reducir el rendimiento y exigir estrategias de manejo más sostenibles. Este estudio analiza la dinámica a largo plazo de la competitividad de las malas hierbas mediante un experimento de campo de 32 años (1985–2017) en un sistema mediterráneo semiárido, basado en una rotación cereal-leguminosa y tres regímenes de manejo del suelo: laboreo convencional (LC), laboreo mínimo (ML) y siembra directa o no laboreo (NL). Mediante un enfoque de modelización de dinámica poblacional, se evaluaron los efectos competitivos de las principales especies dominantes, *Descurainia sophia*, *Papaver rhoeas*, *Veronica hederifolia* y *Fumaria* spp., sobre los rendimientos de trigo y veza. Los resultados indican que el LC intensifica las interacciones cultivo-maleza, especialmente en cereales, donde *D. sophia* mostró consistentemente la mayor capacidad competitiva. Por el contrario, ML y NL redujeron significativamente la intensidad de estas interacciones, lo que respalda la agricultura de conservación como una herramienta eficaz para el control sostenible de malas hierbas. Las fases con leguminosas presentaron menor presión de malas hierbas en todos los sistemas. El estudio subraya la necesidad de estrategias de manejo específicas por especie, integrando reducción del laboreo y diversificación de cultivos, y destaca el valor de los estudios a largo plazo para diseñar sistemas agrícolas resilientes y sostenibles.

Palabras clave: Competencia intra- e interespecífica, competencia con plantas arvenses, ranking de competitividad de malas hierbas, trigo, veza.

S1. P6. Weed competitiveness in cereal-legume rotations under different tillage systems: A 32-year study

Weeds represent one of the major biotic constraints in agriculture, as they reduce crop yields and demand more sustainable management strategies. This study analyzes the long-term dynamics of weed competitiveness through a 32-year field experiment (1985–2017) conducted in a semi-arid Mediterranean system, based on a cereal-legume rotation and three contrasting soil management regimes: conventional tillage (CT), minimum tillage (MT), and no-tillage or direct seeding (NT). Using a population-dynamics modelling approach, the competitive effects of the dominant weed species *Descurainia sophia*, *Papaver rhoeas*, *Veronica hederifolia*, and *Fumaria* spp. on wheat and vetch yields were evaluated. The results indicate that CT markedly intensifies crop-weed interactions, particularly in cereals, where *D. sophia* consistently exhibited the greatest competitive ability. In contrast, MT and NT significantly reduced the intensity of crop-weed interactions, supporting conservation agriculture as an effective tool for the long-term sustainable control of weeds. Legume phases showed lower weed pressure across all tillage systems. This study highlights the need for species-specific management strategies that integrate reduced tillage and crop diversification, and emphasizes the value of long-term studies for designing resilient and sustainable agricultural systems.

Keywords: Intraspecific and interspecific competition, vetch, weed competition, weed competitiveness ranking, wheat.

S1. P7. Evaluación de estrategias agroecológicas para el manejo de flora espontánea en viñedo atlántico: resultados de un experimento a corto plazo

VIEITES-ÁLVAREZ Y^{1,2,*}, LÓPEZ-GONZÁLEZ D^{1,2}, GONZÁLEZ-GARCÍA E^{1,2},
ÁLVAREZ-BERMÚDEZ A¹, SÁNCHEZ-MOREIRAS AM^{1,2}

¹Departamento de Biología Vegetal e Ciencias do Solo, Universidade de Vigo, Vigo, España; ²Instituto de Agroecología e Alimentación (IAA), Universidade de Vigo, Ourense, España

(*E-mail: yedra.vieites.alvarez@uvigo.gal)

La viticultura en regiones atlánticas enfrenta importantes desafíos asociados al cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la elevada dependencia de herbicidas para el control de la flora espontánea. En este contexto, el proyecto AGROSUS tiene como objetivo evaluar estrategias de manejo agroecológico que permitan mejorar la sostenibilidad de los sistemas vitícolas. Este trabajo presenta los resultados de un experimento a corto plazo realizado en un viñedo localizado en Vilachán (Tomiño, Galicia), donde se compararon distintas estrategias de manejo de la vegetación en la línea de cultivo. El ensayo incluyó cinco tratamientos: siembra controlada de cubierta vegetal, aplicación de biofilm, acolchado con corteza de pino, bioherbicida y herbicida convencional como referencia. El diseño experimental consistió en cuatro repeticiones por tratamiento, con dos filas de diez plantas cada una (80 plantas por tratamiento). Se monitorizaron variables relacionadas con la flora espontánea, el estado vegetativo de las plantas y la producción. Los resultados mostraron diferencias en la cobertura y composición de la flora espontánea entre tratamientos. Las estrategias basadas en cubiertas presentaron coberturas en porcentajes diversos, mientras que el tratamiento con herbicida mostró menor cobertura (~40%) pero presencia de especies potencialmente resistentes como *Erigeron bonariensis* L. y *Chenopodium album* L. Asimismo, se observaron diferencias significativas respecto al herbicida en variables de vigor de la planta, como la altura de la corona y el número de ojos, así como en el calibre de las uvas. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en la producción total. Estos resultados preliminares indican que diversas estrategias agroecológicas pueden sustituir el control químico de la vegetación sin comprometer el rendimiento del viñedo en las condiciones evaluadas.

Palabras clave: Viticultura ecológica, flora espontánea, agroecología, cubiertas vegetales, viñedo atlántico.

S1. P7. Evaluation of agroecological strategies for weed management in Atlantic vineyards: results from a short-term experiment

Atlantic viticulture faces significant challenges associated with climate change, biodiversity loss, and the high dependence on herbicides for weed control. In this context, the AGROSUS project aims to evaluate agroecological management strategies to improve the sustainability of vineyard systems. This study presents the results of a short-term experiment conducted in a commercial vineyard located in Vilachán (Tomiño, Galicia, Spain), where different under-vine vegetation management strategies were compared. The trial included five treatments: controlled cover crop sowing, biofilm application, pine bark mulching, bioherbicide, and conventional herbicide as a reference. The experimental design consisted of four replicates per treatment, each comprising two rows of ten vines (80 vines per treatment).

Variables related to weed flora, vine vegetative growth, and yield were evaluated. The results showed differences in weed cover and species composition among treatments. Cover crop-based strategies exhibited varying levels of vegetation cover, whereas the herbicide treatment resulted in lower weed cover (~40%) but promoted the presence of potentially resistant species such as *Erigeron bonariensis* L. and *Chenopodium album* L. Significant differences compared with the herbicide treatment were also observed for vine vigor parameters, including canopy height and bud number, as well as grape berry size. However, no significant differences were found in total yield. These preliminary results suggest that different agroecological strategies may replace chemical weed control without adversely affecting vineyard productivity under the conditions evaluated.

Keywords: organic viticulture, weed management, agroecology, cover crops, Atlantic viticulture.

S1. P8. Efecto de la temperatura sobre la germinación de *Gypsophila vaccaria*

ALARCON-VÍLLORA MR^{1*}, ROYO-SIMONELLA LA², NUÑEZ-GIMÉNEZ M², BATLLA D²

¹Área de Invest. Aplicada y Ext. Agraria, IMIDRA, Alcalá de Henares, España; ²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Cultivos Industriales/IFEVA (CONICET), Buenos Aires, Argentina

(*E-mail: remedios.alarcon@madrid.org)

Gypsophila vaccaria (L.) Sm. es una especie en declive, incluida en el grupo de arvenses raras. Menos estudiadas que las dominantes, podrían ser relevantes para conformar comunidades de arvenses neutras, sin efectos negativos sobre el rendimiento del cultivo y con efectos positivos sobre provisión de servicios ecosistémicos. Comprender los factores ambientales que regulan la germinación es necesario para favorecer su dinámica poblacional. Este trabajo presenta resultados preliminares sobre la germinación de *G. vaccaria* de dos experimentos realizados conjuntamente entre FAUBA e IMIDRA, en el marco del proyecto NeutraWeed. El objetivo es predecir la germinación de esta especie en función de la temperatura y el tiempo, con semillas recolectadas en julio de 2025 en Alcalá de Henares (Madrid, España). En agosto se incubaron en agua a seis temperaturas constantes (5, 10, 15, 20, 25 y 30 °C) y se registró la germinación a intervalos horarios. Con los registros a 10, 15 y 20 °C se desarrolló un modelo de tiempo térmico, pues a 5, 25 y 30 °C no hubo germinación. El tiempo necesario para el 50% de la germinación (T50) se utilizó para calcular la temperatura base (Tb), calculada en -1,97 °C, que permitió establecer el tiempo térmico para el 50% de germinación (TT 50) en 1154 °C h. La temperatura elevada se consideró un factor determinante de dormición, por lo que se planteó un segundo ensayo a 25 °C con tres tratamientos (semillas perforadas, incubación en etileno y en fluoridona) y un control. Los datos registrados sugieren que la inhibición estaría asociada a dormición fisiológica regulada por la síntesis de novo de ABA. Estos resultados identifican el rango térmico favorable para la germinación en semillas de *G. vaccaria* y aportan indicios sobre la ecofisiología de sus semillas, relevantes para estrategias de restauración de comunidades arvenses.

Palabras clave: Arvenses raras, dormición fisiológica, velocidad de germinación.

S1. P8. The effect of temperature on the germination of *Gypsophila vaccaria*

Gypsophila vaccaria (L.) Sm. is a declining weed species classified as a rare weed. Although less studied than dominant weed species, it may play a significant role in forming neutral weed communities that have no negative impact on crop yield and provide positive ecosystem services. Understanding the environmental factors that regulate germination is necessary to support its population dynamics. This paper presents preliminary results on the germination of *G. vaccaria* from two experiments carried out jointly by FAUBA and IMIDRA, within the framework of the NeutraWeed project. The aim is to predict germination as a function of temperature and time for seeds of this species. In July 2025, seeds of *G. vaccaria* were collected in Alcalá de Henares (Madrid, Spain). In August, they were incubated in water at five constant temperatures (5, 10, 15, 20, 25 and 30 °C). Germination was recorded at hourly intervals. A thermal time model was developed using the records at 10, 15 and 20 °C, as no germination occurred at 5, 25 and 30 °C. A thermal time model was developed using the data recorded at 10, 15 and 20 °C, as no germination occurred at 5, 25 and 30 °C. The time required for 50% germination (T50) was used to calculate the base temperature (Tb), which was found to be -1.97 °C; this enabled the thermal time for 50 per cent germination (TT 50) to be established at 1154 °C h. High temperature was considered a determining factor in dormancy; therefore, a second experiment was conducted at 25 °C with three treatments (perforated seeds, ethylene incubation and fluoridone incubation) alongside a control. The recorded data suggest that inhibition is associated with physiological dormancy regulated by de novo synthesis of ABA. These results identify the favourable temperature range for germination in *G. vaccaria* seeds and provide insights into the ecophysiology of its seeds, which are relevant for strategies to restore weed communities.

Keywords: Rare arable plants, physiological dormancy, germination rate.

S1. P9. La maleza perenne *Lepidium draba* L.: competencia con el trigo sin efectos de legado en cultivos de secano

MEDINA-VILLAR, S¹, HERNÁNDEZ PLAZA E¹, ROYO SIMONELLA LA²,
BOSAZ L³, ALARCÓN VILLORA R^{4,*}

¹Departamento de Protección Vegetal, INIA-CSIC, Madrid, España; ²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Cultivos Industriales/IFEVA (CONICET), Buenos Aires, Argentina; ³Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid), Rosario, Argentina; ⁴Departamento de Investigación Agroambiental, IMIDRA, Alcalá de Henares, España

(*E-mail: remedios.alarcon@madrid.org)

Lepidium draba L. (Brassicaceae) es una especie arvense perenne rizomatosa cuya reproducción vegetativa le proporciona ventajas para su propagación y persistencia en cultivos de secano. Sin embargo, sus posibles efectos legados en el suelo o competitivos directos en los cultivos y las especies arvenses son poco conocidos. Los objetivos de este estudio fueron: (1) cuantificar el efecto competitivo de *L. draba* sobre la biomasa de trigo, (2) caracterizar las comunidades de arvenses en presencia y ausencia de *L. draba*, y (3) evaluar los efectos legados en el suelo por *L. draba* sobre la emergencia de arvenses y de garbanzo, diferenciando entre efectos mediados por alelopatía o por la microbiota del suelo. En parcelas con y sin *L. draba* se evaluó la biomasa de trigo, se realizaron muestreos de vegetación y de suelo en cultivos de garbanzo y trigo. En cámara de cultivo, en los suelos recolectados se registró la emergencia de especies del banco de semillas: 1) con y sin adición de carbón activado para testar posibles efectos alelopáticos y 2) con y sin esterilización para evaluar la influencia microbiana. *L. draba* redujo la biomasa de trigo en un 47%, sin efecto significativo por parte de otras arvenses, demostrando fuertes efectos de competencia directa. Su presencia en campo se asoció con mayor diversidad de arvenses. Sin embargo, no se detectaron efectos legados en el suelo por *L. draba* ni mediados por alelopatía ni por la microbiota del suelo.

Palabras clave: Alelopatía, banco de semillas del suelo, comunidad de malezas, interacciones planta-suelo, microorganismos del suelo.

S1. P9. The perennial weed *Lepidium draba* L.: Competition with wheat without soil legacy effects in rainfed cropping systems

Lepidium draba L. (Brassicaceae) is a rhizomatous perennial weed species whose vegetative reproduction provides advantages for its spread and persistence in rainfed crops. However, its potential soil legacy effects and direct competitive effects on crops and weed species remain poorly understood. The objectives of this study were to: (1) quantify the competitive effect of *L. draba* on wheat biomass, (2) characterize weed communities in the presence and absence of *L. draba*, and (3) evaluate soil legacy effects caused by *L. draba* on the emergence of weeds and chickpea, distinguishing between effects mediated by allelopathy and by the soil microbiota. In plots with and without *L. draba*, wheat biomass was assessed and vegetation and soil samples were collected in chickpea and wheat fields. Under growth chamber conditions, seed bank emergence from collected soils was recorded: (1) with and without activated carbon addition to test for potential allelopathic effects, and (2) with and without soil sterilization to evaluate microbial influence. *L. draba* reduced wheat biomass by 47%, whereas no significant effect of co-occurring weed species was detected, demonstrating strong direct competitive effects. Its presence in the field was associated with higher weed diversity. However, no soil legacy effects mediated either by allelopathy or by the soil microbial community were detected.

Keywords: Allelopathy, plant-soil interactions, soil microorganisms, soil seed bank, weed community.

S1. P10. Estrategias agroecológicas para el control de malas hierbas en calabacín en el área biogeográfica mediterránea

PAZOOKI H¹, TORRES-PAGÁN N^{1,*}, MARCO-GALIANO C¹, POBES-BAILO V¹, RODRÍGUEZ-GARCÍA D¹, FORMICA V², DE LOS RÍOS N¹, MARTÍNEZ-BERNAL V¹, BASTIDA-ALBADALEJO P¹, DI MERCURIO M³, VERDE-GUER M¹

¹Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València, Valencia, España; ²Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università degli Studi di Catania, Italia; ³Dipartimento di Scienze Biotecnologiche di Base, Cliniche Intensivologiche e Perioperatorie, Università Cattolica del Sacro Cuore, 00168 Rome, Italia

(*E-mail: natorpa@upv.es)

El calabacín (*Cucurbita pepo* L.) es uno de los cultivos hortícolas más importantes en la región mediterránea, donde las condiciones climáticas permiten una producción intensiva, tanto en campo abierto como en sistemas protegidos. Sin embargo, la interferencia de las malas hierbas limita la productividad del cultivo, reduciendo el rendimiento y aumentando los costes de producción. Además, el control químico está cada vez más restringido debido al reducido número de herbicidas autorizados y al riesgo de fitotoxicidad.

En este contexto, durante la campaña de 2025 se realizó un experimento de campo en un cultivo de calabacín situado en Meliana (Valencia, España), en el marco del proyecto europeo AGROSUS, que estudia estrategias agroecológicas para el manejo de malas hierbas en cultivos clave europeos. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes estrategias agroecológicas de manejo de malas hierbas sobre la flora arvense y el cultivo de calabacín.

Se compararon tres estrategias agroecológicas: (i) rotación de cultivos combinada con biofilm y control mecánico; (ii) rotación de cultivos combinada con acolchado de paja de arroz y control mecánico; y (iii) rotación de cultivos combinada con acolchado de paja de maíz y control mecánico. Estas estrategias se evaluaron frente a un sistema convencional, basado en acolchado de plástico negro. La flora arvense se evaluó a lo largo del ciclo del cultivo, determinando las especies, su cobertura y estado fenológico. Las variables agronómicas estudiadas incluyeron el índice SPAD, la floración y fructificación, el número de frutos por planta y los parámetros de calidad del fruto.

Palabras clave: Agroecología, gestión integrada de arvenses, acolchado, calabacín, paja de arroz, paja de maíz.

S1. P10. Agroecological strategies for weed control in zucchini in the Mediterranean biogeographical area

Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) is one of the most important horticultural crops in the Mediterranean region, where climatic conditions allow intensive production in both open-field and protected systems. However, weed interference limits crop productivity by reducing yield and increasing production costs. In addition, chemical weed control is becoming increasingly restricted due to the limited number of authorised herbicides and the risk of crop phytotoxicity.

In this context, a field experiment was conducted during the 2025 growing season in a zucchini crop located in Meliana (Valencia, Spain), within the framework of the European project AGROSUS, which studies agroecological strategies for weed management in key European crops. The aim of this study was to evaluate the effect of different agroecological weed management strategies on weed flora and zucchini crop performance.

Three agroecological strategies were compared: (i) crop rotation combined with biofilm and mechanical control; (ii) crop rotation combined with rice straw mulch and mechanical control; and (iii) crop rotation combined with maize straw mulch and mechanical control. These strategies were evaluated against a conventional system based on black plastic mulch. Weed flora was assessed throughout the crop cycle by determining species composition, coverage, and phenological stage. Agronomic variables included SPAD index, flowering and fruiting phenology, number of fruits per plant, and fruit quality parameters.

Keywords: Agroecology, integrated weed management, mulching, zucchini, rice straw, maize straw.

S1. P11. arvenSYS: una infraestructura funcional y ecológica para el análisis de la flora arvense ibérica

GARCÍA-GUERRA, J^{1,*}

¹*Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España*

(*E-mail: jose.g.guerra@csic.es)

La aplicación de enfoques basados en rasgos funcionales al estudio de la flora arvense sigue limitada por la escasez de sistemas integrados de información ecológica y funcional a escala regional. En este contexto, se presenta arvenSYS, una infraestructura funcional, ecológica y agronómica para el análisis de la flora arvense ibérica. El sistema integra información de 3.397 especies herbáceas y subarborescentes de la Península Ibérica y Baleares, incluyendo tanto especies asociadas a agroecosistemas como especies sin presencia documentada en cultivos. arvenSYS combina información taxonómica armonizada, rasgos funcionales vegetativos, foliares y fenológicos, formas de vida, coordenadas CSR, hábitats, gradientes de afinidad arvense y una variable de alta relevancia agronómica derivada de análisis bibliométricos. La cobertura de los cuatro rasgos funcionales principales —altura vegetativa de la planta, área foliar, área foliar específica y contenido de materia seca foliar— alcanzó el 63,0 % de las combinaciones potenciales especie × rasgo, permitiendo identificar tanto la información disponible como los principales vacíos funcionales. El sistema permite analizar la flora arvense a lo largo de un gradiente de afinidad con los agroecosistemas y seleccionar, a partir de los datos de hábitat, grupos de especies con contextos ecológicos comparables. Además, pone de manifiesto vacíos funcionales incluso en especies de alta relevancia agronómica. En conjunto, arvenSYS proporciona una infraestructura única para estudiar síndromes funcionales asociados a la flora arvense y priorizar futuras campañas de medición de rasgos.

Palabras clave: Rasgos funcionales, estrategias CSR, agroecosistemas.

S1. P11. arvenSYS: A functional and ecological infrastructure for the analysis of the Iberian weed flora

The application of functional trait-based approaches to the study of weed flora remains limited by the scarcity of integrated systems providing ecological and functional information at the regional scale. In this context, we present arvenSYS, a functional, ecological and agronomic infrastructure for the analysis of Iberian weed flora. The system integrates information for 3,397 herbaceous and subshrub species from the Iberian Peninsula and the Balearic Islands, including both species associated with agroecosystems and species with no documented occurrence in crops. arvenSYS combines harmonised taxonomic information, vegetative, leaf and phenological functional traits, life forms, CSR coordinates, habitats, gradients of weed affinity and a high agronomic relevance variable derived from bibliometric analyses. Coverage of the four main functional traits—plant vegetative height, leaf area, specific leaf area and leaf dry matter content—reached 63.0% of all potential species × trait combinations, allowing both the available information and the main functional data gaps to be identified. The system enables weed flora to be analysed along a gradient of affinity with agroecosystems and, based on habitat data, allows groups of species with comparable ecological contexts to be selected. It also reveals functional data gaps even among species of high agronomic relevance. Overall, arvenSYS provides a unique infrastructure for studying functional syndromes associated with weed flora and prioritising future trait measurement campaigns.

Keywords: Functional traits, CSR strategies, agroecosystems.



SESIÓN 2

*Agricultura de precisión y digitalización
en malherbología*

S2. 01. Manejo localizado de malas hierbas: ¿Cambio de paradigma agronómico u optimización tecnológica del modelo convencional?

DORADO J^{1,*}

¹Grupo Tech4Agro, Instituto de Ciencias Agrarias, ICA-CSIC, Madrid, España

(*E-mail: jose.dorado@csic.es)

La agricultura de precisión (AP) introduce avances en el manejo de malas hierbas mediante sensores, visión artificial, inteligencia artificial, robótica y sistemas de aplicación localizada y selectiva. Estas tecnologías permiten operar con alta resolución espacial y temporal, optimizando la localización de los tratamientos, la dosis y el momento de aplicación. Sin embargo, surge una cuestión clave: ¿supone esta evolución un cambio de paradigma agronómico o únicamente una mejora tecnológica del modelo convencional basado en agroquímicos? Este trabajo presenta un análisis conceptual, apoyado en estudios recientes y avances tecnológicos, sobre el papel de la AP en el manejo de malas hierbas. Se comparan dos modelos de innovación: 1) la optimización del control químico mediante la aplicación localizada de herbicidas; y 2) la implementación conjunta de la AP con bioinsumos en estrategias de manejo integrado. La evidencia científica indica que la AP puede reducir el uso de herbicidas, mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental. No obstante, cuando la AP se limita a optimizar el uso de herbicidas, la lógica del control químico permanece intacta. En cambio, la combinación de AP con bioherbicidas reduce la dependencia de agroquímicos. En este contexto, la detección temprana, la dosificación variable y las intervenciones localizadas mejoran la viabilidad técnica y económica de los bioherbicidas, tradicionalmente limitada por su escasa persistencia, reducida selectividad o elevados costes. Se concluye que la AP no es transformadora por sí misma, sino que su impacto depende del modelo agronómico en el que se integre. Combinada con bioinsumos, puede facilitar la transición hacia sistemas resilientes y sostenibles.

Palabras clave: Agricultura de precisión, digitalización, bioinsumos, manejo integrado.

S2. 01. Site-specific weed management: agronomic paradigm shift or technological optimization of the conventional model?

Precision Agriculture (PA) introduces advances in weed management through the use of sensors, computer vision, artificial intelligence, robotics, and site-specific and selective application systems. These technologies enable high spatial and temporal resolution operations, optimizing treatment placement, application rates, and timing. However, a key question arises: does this evolution represent a shift in the agronomic paradigm or merely a technological improvement of the conventional model based on agrochemicals? This study presents a conceptual analysis, supported by recent research and technological advances, of the role of PA in weed management. Two innovation models are compared: 1) the optimization of chemical weed control through site-specific herbicide application; and 2) the combined implementation of PA and bioinputs within integrated management strategies. Scientific evidence indicates that PA can reduce herbicide use, improve operational efficiency, and reduce environmental impact. Nevertheless, when PA is limited to optimizing herbicide use, the underlying logic of chemical control remains unchanged. In contrast, the combination of PA and bioherbicides reduces dependence on agrochemicals. In this context, early detection, variable-rate application, and site-specific interventions improve the technical and economic viability of bioherbicides, traditionally constrained by limitations related to persistence, selectivity, and cost. It is concluded that PA is not inherently transformative; rather, its impact depends on the agronomic model in which it is integrated. When combined with bioinputs, PA may facilitate the transition toward resilient and sustainable agricultural systems.

Keywords: Precision agriculture, digitalization, bioinputs, integrated management.

S2. O2. Comparación de imágenes satelitales de muy alta resolución para discriminar rodales de *Sorghum halepense* en maíz

LÓPEZ FJ^{1,*}, DORADO J¹, BORRA-SERRANO I¹, MESÍAS-RUIZ GA¹, PEÑA JM¹

¹Grupo Tech4Agro, Instituto de Ciencias Agrarias (ICA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España, España

(*E-mail: javierlc@ica.csic.es)

El manejo localizado de malas hierbas optimiza el uso de herbicidas mediante estrategias de agricultura de precisión, siendo la teledetección una herramienta fundamental para generar mapas de infestación. Actualmente, las constelaciones satelitales de muy alta resolución (VHR) amplían las posibilidades de monitorización agrícola. En este contexto, se evaluó la capacidad de imágenes VHR para discriminar rodales de *Sorghum halepense* (L.) Pers. (cañota) en maíz. En junio de 2024 se adquirieron imágenes multispectrales de los satélites WorldView-2 (WV-2), con una resolución espacial de 2 m/píxel (m/p) y de su versión pan-sharpening (PSH) de 0,5 m/p, así como imágenes de PlanetScope (PS) de 3 m/p, de una parcela situada en La Poveda (Madrid). El maíz se encontraba en un estado fenológico de entre 4 y 6 hojas desplegadas (BBCH 14-16) y los rodales de *S. halepense* en un desarrollo equivalente. Un ortomosaico obtenido mediante un vehículo aéreo no tripulado se utilizó para vectorizar los rodales y generar un mapa de infestación clasificado en cuatro niveles: nula, baja (0-1 m²), media (1-5 m²) y alta (>5 m²). Este mapa se superpuso a las imágenes VHR para extraer los valores espectrales por cada categoría. Los resultados mostraron la existencia de un umbral crítico de resolución espacial. La resolución submétrica de WV-2 PSH permitió identificar rodales incipientes (<1 m²) y medianos (1-5 m²), mientras que PS (3 m/p) solo permitió diferenciar zonas con máximo nivel de infestación y no infestadas, sin discriminar el tamaño de los rodales.

Palabras clave: Manejo localizado, agricultura de precisión, teledetección, VHR, cañota.

S2. O2. Comparison of very high-resolution satellite imagery for discriminating *Sorghum halepense* patches in maize

Site-specific weed management optimizes herbicide use through precision agriculture techniques, with remote sensing playing a key role in generating weed infestation maps. Currently, very-high resolution (VHR) satellite constellations are expanding agricultural monitoring capabilities. In this context, the capacity of VHR imagery to discriminate patches of *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Johnsongrass) in maize was evaluated. In June 2024, multispectral imagery was acquired from the WorldView-2 satellite (WV-2), with a spatial resolution of 2.0 m/pixel (m/p), and from its pan-sharpened (PSH) version at 0.5 m/p, as well as PlanetScope (PS) imagery at 3.0 m/p, over a field located in La Poveda (Madrid, Spain). At the time of image acquisition, maize plants were at the four- to six-leaf stage (BBCH14-16), while *S. halepense* patches showed a similar development stage. As ground reference data, an ultra-high-resolution ortho-mosaic (0.002 m/p) generated from imagery collected by an unmanned aerial vehicle was used to locate weed patches and produce a vector map classified into four infestation levels: none, low (0-1 m²), medium (1-5 m²), and high (>5 m²). This map was overlaid onto the VHR imagery to extract spectral values for each infestation category. The results revealed the existence of a critical spatial resolution threshold. The sub-meter resolution of WV-2 PSH enabled the identification of both low (<1 m²) and medium-sized (1-5 m²) *S. halepense* patches, whereas PS imagery (3.0 m/p) only allowed discrimination between areas with the highest level of infestation and non-infested areas, without differentiating patch sizes.

Keywords: SSWM, precision agriculture, remote sensing, VHR, Johnsongrass.

S2. O3. Detección de diversidad floral arvense mediante imágenes UAV e inteligencia artificial

MENA JD^{1,*}, MESÍAS-RUIZ GA¹, GARCÍA-GUERRA J¹, CASTILLO-MALLA D², PEÑA JM¹, DORADO J¹, BORRA-SERRANO I¹

¹Grupo Tech4Agro, Instituto de Ciencias Agrarias, ICA-CSIC, Madrid, España; ²Dpto Química y Ciencias Exactas, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

(*E-mail: jdmena@ica.csic.es)

La pérdida de biodiversidad en los agrosistemas derivada de la intensificación agrícola, el uso continuado de agroquímicos y la fragmentación del paisaje compromete servicios ecosistémicos clave, entre ellos el mantenimiento de comunidades estables de polinizadores. En este contexto, la monitorización de la flora arvense en márgenes agrícolas puede contribuir al diseño de estrategias de manejo orientadas a favorecer la diversidad funcional y taxonómica de los agroecosistemas. En la finca experimental “La Poveda” (ICA-CSIC, Madrid) se desarrolló durante 2023 y 2024 un experimento para monitorizar márgenes florales mediante imágenes adquiridas con vehículos aéreos no tripulados (UAV) a 15 m de altura. Se realizaron seis vuelos por campaña entre abril y julio sobre 11 especies arvenses pertenecientes a las familias Brassicaceae, Asteraceae y Fabaceae, seleccionadas por su potencial nectarífero y polínifero. A partir de las imágenes UAV se desarrolló un sistema de detección automática de diversidad floral basado en el modelo de aprendizaje profundo YOLO26m, entrenado en dos etapas. El modelo alcanzó un mAP@50 global de 0,300 en la primera fase ($P = 0,297$; $R = 0,534$) y mejoró la precisión hasta $P = 0,495$ tras el refinamiento. Las detecciones obtenidas se integraron posteriormente con el modelo de segmentación SAM (ViT-H), permitiendo delimitar con precisión las estructuras florales y estimar su área. El sistema desarrollado facilita la cuantificación objetiva y automatizada de los recursos florales disponibles en márgenes agrícolas y constituye una herramienta útil para apoyar estrategias de gestión agroecológica y conservación de biodiversidad.

Palabras clave: Márgenes florales, imágenes dron, biodiversidad, YOLO26m, SAM.

S2. O3. Detection of arable floral diversity using UAV imagery and artificial intelligence

Biodiversity loss in agroecosystems, driven by agricultural intensification, the continuous use of agrochemical, and landscape fragmentation, threatens key ecosystem services, including the maintenance of stable pollinator communities. In this context, monitoring weed flora in field margins may contribute to the design of management strategies aimed at enhancing the functional and taxonomic diversity of agroecosystems. At the experimental farm “La Poveda” (ICA-CSIC, Madrid), an experiment was conducted during 2023 and 2024 to monitor floral margins using images acquired by unmanned aerial vehicles (UAVs) flying at an altitude of 15 m. Six UAV surveys were conducted per campaign between April and July over 11 weed species belonging to the Brassicaceae, Asteraceae, and Fabaceae families, selected for their nectar and pollen resource potential. based on the UAV imagery, an automatic floral diversity detection system was developed using the YOLO26m deep-learning model, trained in two stages. The model achieved an overall mAP@50 of 0.300 in the first stage ($P = 0.297$; $R = 0.534$) and improved precision to $P = 0.495$ after refinement. The resulting detections were subsequently integrated with the SAM (ViT-H) segmentation model, enabling accurate delineation of floral structures and estimation of their area. The developed system facilitates the objective and automated quantification of floral resources available in agricultural margins and represents a useful tool to support agroecological management strategies and biodiversity conservation.

Keywords: Floral margins, drone imagery, biodiversity, YOLO26m, SAM.

S2. O4. Let's play MixWeeding: un videojuego de aperos inteligentes

MORENO H^{1,*}, RIVERA G¹, ANDÚJAR D¹

¹Centro de Automática y Robótica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Arganda del Rey, Madrid, España

(*E-mail: hugo.moreno@csic.es)

MixWeeding es un videojuego educativo desarrollado en Unity que tiene como objetivo mostrar de forma interactiva y lúdica las ventajas de integrar sistemas de inteligencia artificial (IA) en el manejo localizado y específico de malas hierbas. Diseñado como un *serious game*, combina simulación, toma de decisiones y gestión agronómica en escenarios hortícolas, ofreciendo al usuario una experiencia inmersiva y formativa. El videojuego reproduce la estructura de un sistema ISOBUS moderno mediante tres componentes principales: tractor, terminal de control y apero de control híbrido de malas hierbas. Esta configuración permite comprender cómo se establece la comunicación entre máquinas agrícolas y la relevancia de la interoperabilidad en la agricultura de precisión. El terminal actúa como interfaz principal, desde donde el jugador puede supervisar y activar los sistemas de control variable del apero, ya sea manualmente o mediante la simulación de algoritmos de IA encargados de clasificar especies de mala hierba. El apero virtual inteligente integra dos estrategias de manejo diferenciadas. Por una parte, incorpora un sistema de tratamiento mecánico selectivo dirigido a *Amaranthus palmeri* S. Watson. Por otra, dispone de un módulo de pulverización localizada orientado al control de *Setaria verticillata* L., *Solanum nigrum* L. y *Cyperus rotundus* L. Esta combinación permite ilustrar la eficacia del manejo mixto y el papel de la IA en la mejora de la toma de decisiones en tiempo real. En conjunto, el videojuego constituye una herramienta divulgativa accesible que promueve la adopción de tecnologías avanzadas y sostenibles en la agricultura.

Palabras clave: *Serious game*, Unity, inteligencia artificial, manejo localizado y específico de malas hierbas.

S2. O4. Let's play MixWeeding: A video game about smart weeding implements

MixWeeding is an educational video game developed in Unity that aims to interactively demonstrate the advantages of integrating artificial intelligence systems into the localized and targeted management of weeds. Designed as a serious game, it combines simulation, decision-making, and agronomic management in horticultural scenarios, offering the user an immersive and educational experience. The video game replicates the structure of a modern ISOBUS system using three main components: a tractor, a control terminal, and a hybrid weed control implement. This configuration allows users to understand how communication is established between agricultural machines and the importance of interoperability in precision agriculture. The terminal acts as the main interface, from which the player can monitor and activate the implement's variable control systems, either manually or through the simulation of AI algorithms responsible for classifying species. The intelligent virtual implement integrates two distinct management strategies. On the one hand, it incorporates a selective mechanical weeding system targeting *Amaranthus palmeri* S. Watson. On the other hand, it features a localized spraying module designed to control *Setaria verticillata* L., *Solanum nigrum* L., and *Cyperus rotundus* L. This combination illustrates the effectiveness of mixed management and the role of AI in improving real-time decision-making. Overall, the video game is an accessible educational tool that promotes the adoption of advanced and sustainable technologies in agriculture.

Keywords: Serious game, Unity, video game, artificial intelligence, site and specific weed management.

S2. O5. Evaluación técnico-económica del manejo localizado de malas hierbas mediante la herramienta *Drone4Weeding*

PEÑA JM^{1,*}, DORADO J¹, ANDÚJAR D², MONTULL JM³, DE CASTRO A⁴

¹Grupo Tech4Agro, Instituto de Ciencias Agrarias, ICA-CSIC, Madrid, España; ²Centro de Automática y Robótica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Arganda del Rey, Madrid, España; ³Agrotecnio, Universitat de Lleida, Lleida, España; ⁴Departamento de Medio Ambiente y Agronomía, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA-CSIC, Madrid, España

(*E-mail: jmpena@ica.csic.es)

El manejo localizado de malas hierbas (mh) en base a un mapa de tratamiento generado mediante teledetección con drones permite ajustar espacialmente la aplicación de herbicidas en función de la distribución de la infestación. Sin embargo, existe cierta incertidumbre sobre el beneficio económico del uso de esta tecnología en comparación con realizar un tratamiento uniforme convencional de toda la parcela. Por tanto, este trabajo evaluó económicamente ambas estrategias de control de mh utilizando la herramienta digital *Drone4Weeding*, que integra variables productivas del maíz y pérdidas de rendimiento por competencia de mh, precio, eficacia y daño residual del herbicida, y coste del servicio de teledetección, para estimar el balance coste-beneficio de cada tratamiento. Se consideraron cuatro parcelas comerciales de maíz, con superficies de 1,9 ha (Moncalver), 2,2 ha (Huerto), 5,0 ha (Cobertura) y 34,6 ha (Pivot), e infestaciones principalmente de rizo de cebada y sorgo que cubrieron el 68,4%, 40,9%, 78,0% y 56,4% de la superficie de parcela, respectivamente. El manejo localizado resultó económicamente ventajoso en tres parcelas, generando ahorros de 42,5 €/ha en la parcela de mayor tamaño (Pivot) y de 9,5 y 2,5 €/ha en Huerto y Cobertura, respectivamente. Por el contrario, en Moncalver, de menor tamaño y con una elevada infestación, el manejo localizado no compensó el coste del servicio de teledetección. El análisis de sensibilidad identificó los umbrales de rentabilidad del control localizado frente al tratamiento convencional: 1) infestación mh < 80%, 2) coste del tratamiento herbicida > 44 €/ha, y 3) coste del servicio de cartografía < 62 €/ha. Estos resultados indican que la viabilidad económica del manejo localizado depende de la interacción entre el tamaño de la parcela, el nivel de infestación, el precio del herbicida y el coste del servicio de teledetección.

Palabras clave: Teledetección, dron, mapa de tratamiento, sistema de soporte a la decisión, análisis coste-beneficio.

S2. O5. Technical and economic assessment of Site-Specific Weed Management Using the *Drone4Weeding* Tool

Site-specific weed management (SSWM) based on prescription maps generated from drones enables the spatial adjustment of herbicide applications according to the distribution of weeds in the field. However, uncertainty remains regarding the economic benefits of this technology compared with conventional uniform applications across the entire field. Therefore, this study evaluated the economic performance of both weed control strategies using the digital tool *Drone4Weeding*, which integrates maize production parameters, yield losses due to weed competition, herbicide cost, efficacy and residual damage, and drone-based mapping costs to estimate the cost-benefit balance of each treatment. Four commercial maize fields were analysed, with areas of 1.9 ha (Moncalver), 2.2 ha (Huerto), 5.0 ha (Cobertura), and 34.6 ha (Pivot), and infestations mainly composed of volunteer barley and johnsongrass covering 68.4%, 40.9%, 78.0%, and 56.4% of the field area, respectively. SSWM was economically advantageous in three of the four fields, generating savings of 42.5 €/ha in the largest field (Pivot) and 9.5 and 2.5 €/ha in Huerto and Cobertura, respectively. In contrast, in Moncalver, the smallest field with a high infestation level, SSWM did not offset the cost of drone-based mapping. Sensitivity analysis identified the thresholds of SSWM relative to conventional treatment as: (1) weed infestation <80%, (2) herbicide treatment cost >44 €/ha, and (3) drone-based mapping service cost <62 €/ha. These results indicated that the economic viability of SSWM depends on the interaction between field size, infestation level, herbicide cost, and drone-based mapping costs.

Keywords: Remote sensing, drone, treatment map, decision support system, cost-benefit analysis.

S2. P1. *Barrel*: Visualización reproducible de análisis de ordenación en comunidades de malas hierbas

BARRANCO-ELENA D^{1,2,*}, BARAIBAR B^{1,2}

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, ETSEAFiV/Universitat de Lleida, Lleida, España; ²AGROTECNIO-CERCA Center, Lleida, España

(*E-mail: diego.barranco@udl.cat)

Los métodos de ordenación se utilizan ampliamente en malherbología y ecología vegetal para sintetizar patrones multivariantes en la composición de comunidades de especies y su relación con gradientes ambientales. Técnicas como el escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), el análisis de redundancia (RDA) o RDA basado en distancias (dbRDA) son habituales en estudios de vegetación. Aunque los procedimientos estadísticos para ajustar estos modelos están bien desarrollados en R, la representación gráfica de los resultados de forma reproducible, extensible y fácilmente interpretable sigue presentando limitaciones.

Presentamos *barrel*, un paquete de R diseñado para la visualización de diagramas de ordenación. El paquete ofrece una interfaz estructurada que permite incorporar de manera sencilla recursos habituales en la interpretación ecológica, como elipses de confianza, centroides de grupo y vectores ambientales. *barrel* es compatible tanto con modelos de ordenación restringidos (RDA) como no restringidos (NMDS), y permite funcionalidades como el etiquetado de la varianza explicada por eje y el filtrado de especies en función de su significancia estadística. Una innovación clave de *barrel* es la incorporación de métodos de estimación clásica y robusta para la representación de elipses de grupo, lo que posibilita resúmenes gráficos precisos incluso en presencia de valores atípicos. Además, permite tanto la obtención rápida de gráficos mediante la función *autoplot* con un código mínimo y sin requerir conocimientos avanzados de programación, como la creación de visualizaciones altamente personalizables a través de las funciones *stat_barrel*, integradas en el entorno de ggplot2. Su aplicación a un ejemplo de datos de comunidades arvenses permitió obtener diagramas de ordenación más interpretables y reproducibles, facilitando la identificación visual de la separación entre grupos y la relación con gradientes ambientales.

Palabras clave: dbRDA, RDA, NMDS, análisis multivariante, análisis de ordenación.

S2. P1. *Barrel*: Reproducible visualization of ordination analyses in weed communities

Ordination methods are widely used in weed science and plant ecology to summarize multivariate patterns in community composition and their relationship with environmental gradients. Techniques such as non-metric multidimensional scaling (NMDS), redundancy analysis (RDA), and distance-based redundancy analysis (dbRDA) are commonly applied in vegetation studies. Although statistical procedures for fitting these models are well established in R, the graphical representation of results in a reproducible, extensible, and easily interpretable manner remains challenging.

We present *barrel*, an R package designed for the visualization of ordination diagrams. The package provides a structured interface that facilitates the incorporation of common elements in ecological interpretation, including confidence ellipses, group centroids, and environmental vectors. *barrel* is compatible with both constrained (RDA) and unconstrained (NMDS) ordination methods and includes functionalities such as axis-wise explained variance labeling and species filtering based on statistical significance. A key innovation of *barrel* is the implementation of both classical and robust estimation methods for group ellipses, enabling reliable graphical summaries even in the presence of outliers. Overall, *barrel* streamlines the generation of reproducible figures. In addition, the package supports rapid plot generation through the *autoplot*() function, requiring minimal code and no advanced R programming skills, as well as highly customizable visualizations via the *stat_barrel*() functions integrated within the ggplot2 framework. Application to weed-community datasets resulted in more interpretable and reproducible ordination diagrams, facilitating the visual identification of group separation and their relationships with environmental gradients.

Keywords: dbRDA, RDA, NMDS, multivariate analysis, ordination analysis.

S2. P2. Evaluación de las infestaciones de *Bassia scoparia* en los secanos centrales de Lleida utilizando técnicas de teledetección

VILAR I¹, LLENES JM², MONTULL JM^{1,*}

¹DCEFA, Agrotecnio, Universitat de Lleida, Lleida, España; ²Departament d'Agricultura, Generalitat de Catalunya, Lleida, España

(*E-mail: josemaria.montull@udl.cat)

A partir de la primavera del año 2021 se incrementaron las consultas sobre el control de *Bassia scoparia* en rastrojeras en las zonas cerealistas del centro de Cataluña dado que se apreciaba una expansión clara año a año. Así, se vio que *Bassia* había sido capaz de desarrollar resistencia a herbicidas de tres mecanismos de acción diferentes. La BCAM 6 limitaba en sus primeros años de aplicación cualquier laboreo hasta el 1 de septiembre en toda la superficie dedicada al cultivo de extensivos de secano. De la misma manera, en el área hay zonas ZEPA donde no se pueden realizar labores agrícolas durante el verano. El objetivo del trabajo es evaluar, utilizando herramientas de teledetección, la superficie y el nivel de infestación de las parcelas de cultivos extensivos de secano de las comarcas de la Noguera y la Segarra (Lleida). Se ha trabajado sobre los mapas de NDVI del periodo estival, obtenidos mediante imágenes de Sentinel-2, en base a los cultivos declarados en la DUN de ese año. La curva de NDVI se siguió en tres fincas piloto para establecer la fecha ideal, que fue alrededor del 20 de julio. A partir de esa fecha, se obtuvo el NDVI medio por parcela para cuantificar área y nivel de infestación. Asimismo, se estudió el efecto del cultivo precedente en el valor de NDVI de *Bassia*. Con esto, se ha visto que el área con nivel de infestación alto, medio y bajo corresponde a 18.219, 39.727 y 19.468 ha, respectivamente. Asimismo, se ha detectado que el NDVI promedio es más alto en las parcelas que se habían cultivado durante el ciclo invernal con proteaginosas y oleaginosas en comparación con las parcelas que se habían cultivado con cereales y hay infestaciones más altas en las zonas ZEPA con limitaciones de laboreo estival. Se ha puesto a punto la metodología para evaluar la evolución de las infestaciones año a año utilizando imágenes de Sentinel-2.

Palabras clave: Teledetección, *Bassia*, multirresistencia.

S2. P2. Evaluation of *Bassia scoparia* infestations in the central drylands of Lleida through remote sensing

Since the spring of 2021, there has been an increase in inquiries regarding the post-harvest control of *Bassia scoparia* in the cereal-growing regions of central Catalonia, reflecting a progressive expansion of the species. Concurrently, populations of *Bassia* have been confirmed to have resistance to herbicides from three different modes of action. During the initial years of its implementation, Good Agricultural and Environmental Condition 6 (GAEC 6) prohibited tillage until September 1st across all rain-fed extensive cropping areas. Similarly, parts of the study area are designated as Special Protection Areas (SPAs) for birds, where agricultural tillage is prohibited during the summer months. The objective of this study was to quantify the area and infestation levels of rain-fed extensive crop fields in the counties of Noguera and Segarra (Lleida) using remote sensing tools. The analysis was conducted using summer NDVI maps derived from Sentinel-2 imagery and crop information obtained from the corresponding year's Unified Agricultural Declaration (DUN). The temporal NDVI profile was monitored in three pilot farms to establish a reference date around July 20th. Based on this date, the mean NDVI value for each field was calculated to quantify the affected area and estimate infestation intensity. In addition, the influence of the preceding crop on *Bassia* NDVI values was investigated. The results indicated that areas classified as having high, medium, and low infestation levels covered 18,219 ha, 39,727 ha, and 19,468 ha, respectively. Furthermore, mean NDVI values were higher in fields following winter legume and oilseed crops than in those following cereals. Infestation levels were also greater within SPAs where summer tillage restrictions are in place. Overall, the study established a methodology for monitoring the annual progression of *Bassia* infestations using Sentinel-2 imagery.

Keywords: Remote detection, *Bassia*, multiple resistance.

S2. P3. Detección de *Brachiaria* en ecosistemas heterogéneos con OBIA y SVM a partir de parámetros espectrales, texturales y estructurales

SOUZA JF^{1,3,*}, MACHADO AFL¹, MENDONÇA BAF², PEÑA JM¹

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Federal Rural de Río de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil; ²Departamento de Silvicultura, Universidad Federal Rural de Río de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil; ³Grupo Tech4Agro, Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Madrid, España

(*E-mail: fjhiorranni@gmail.com)

El manejo preciso de especies vegetales es un reto en ecosistemas con vegetación heterogénea y clases espectralmente similares. La cartografía basada en parámetros espectrales, texturales y estructurales permite automatizar la distinción de la vegetación. Este estudio evaluó la importancia de los parámetros espectrales, texturales y estructurales para identificar *Brachiaria humidicola* (BH) en relación con el suelo desnudo, especies forestales (EF), *Vernonanthura polyanthes*, *Chromolaena maximiliani* y sombras, utilizando algoritmos de aprendizaje automático. Las imágenes multiespectrales se capturaron con un dron Mavic3M a 40 metros de altitud en un área de restauración de la Mata Atlántica en la Reserva Ecológica de Guapiaçu, Río de Janeiro, Brasil. Mediante segmentación OBIA se extrajeron datos de brillo, índices espectrales (NDRE y GNDVI), media y desviación estándar textural del NDRE y altura. Estos datos se utilizaron para entrenar un modelo de máquinas de vectores de soporte (SVM). Se analizó la importancia de las variables y se construyó un árbol de decisión para generar reglas de clasificación interpretables. El árbol de decisión reveló que la altura fue el predictor más determinante para diferenciar la BH, seguido del índice espectral GNDVI y el brillo. Los principales errores se asociaron a la confusión entre clases con características similares, especialmente BH y EF. La evaluación mediante matriz de confusión mostró una precisión de 0,82 para la clase BH, lo que demuestra una alta capacidad de discriminación. La combinación de parámetros permitió detectar BH, ofreciendo un alto potencial para la clasificación multiclase en contextos de vegetación heterogénea.

Palabras clave: Teledetección, dron, *Brachiaria brizantha*, clasificación de la vegetación, *Urochloa humidicola*, manejo localizado.

S2. P3. Detection of *Brachiaria* in heterogeneous ecosystems using OBIA and SVM based on spectral, textural, and structural parameters

Accurate mapping of plant species remains a challenge in ecosystems with heterogeneous vegetation and spectrally similar classes. Vegetation mapping based on spectral, textural, and structural parameters enables the automated discrimination of vegetation types. This study evaluated the importance of spectral, textural, and structural parameters for identifying *Brachiaria humidicola* (BH) in relation to bare soil, forest species (FS), *Vernonanthura polyanthes*, *Chromolaena maximiliani*, and shadows using machine learning algorithms. Multispectral images were acquired with a Mavic 3M drone at an altitude of 40 m over a restoration area of the Atlantic Forest in the Guapiaçu Ecological Reserve, Rio de Janeiro, Brazil. Using Object-Based Image Analysis (OBIA), brightness, spectral indices (NDRE and GNDVI), the mean and standard deviation of NDRE texture, and vegetation height were extracted. These variables were used to train a Support Vector Machine (SVM) classifier. Variable importance was analyzed, and a decision tree was developed to generate interpretable classification rules. The decision tree revealed that vegetation height was the most important predictor for distinguishing BH, followed by the GNDVI spectral index and brightness. The main classification errors were associated with confusion among classes with similar characteristics, particularly between BH and forest species. Confusion matrix evaluation showed a precision of 0.82 for the BH class, demonstrating the model's high discriminative ability. The combination of spectral, textural, and structural parameters enabled the detection of BH, highlighting its strong potential for multiclass classification in heterogeneous vegetation environments.

Keywords: Remote sensing, drone, *Brachiaria brizantha*, vegetation classification, *Urochloa humidicola*, site-specific management.

S2. P4. Gemelo digital para control mecánico variable de malas hierbas

RIVERA G^{1,*}, MORENO H¹, PEÑA JM², DE CASTRO A³, ANDÚJAR D¹

¹Centro de Automática y Robótica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CAR-CSIC), Arganda del Rey, Madrid, España; ²Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC), Madrid, España; ³Departamento de Medio Ambiente y Agronomía, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, España

(*E-mail: hugo.moreno@csic.es)

Un gemelo digital (GD) de un sistema mecatrónico permite reproducir en un entorno virtual el comportamiento real de una máquina, facilitando la detección temprana de fallos, la optimización de parámetros y la validación del control sin riesgos. Esto reduce costes y tiempos de desarrollo, mejora la fiabilidad y permite preparar el sistema para su funcionamiento real de forma más segura y eficiente. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar el GD de un sistema inteligente para el control mecánico de malas hierbas con intensidad variable a partir de mapas de prescripción. El sistema consiste en una grada de púas accionada por un actuador lineal y un dispositivo GNSS-RTK que garantiza una geolocalización precisa. Esta configuración permite ajustar automáticamente el ángulo de las púas y, con ello, la intensidad de trabajo. De este modo, el sistema actúa de forma variable únicamente sobre las zonas infestadas, mejorando la eficiencia, reduciendo el uso de recursos y minimizando los daños al cultivo mediante un manejo localizado. La validación se llevó a cabo en Unity, utilizando modelos CAD para replicar la cinemática, dinámica y control del apero. Este entorno virtual replica el hardware real y distintos escenarios operativos, como variaciones en la velocidad del tractor, diferentes niveles de infestación y distintos grados de agresividad del tratamiento. En conjunto, este enfoque acelera la puesta a punto del sistema y mejora su robustez antes de su uso en campo.

Palabras clave: Unity, mapas de prescripción, aperos inteligentes, manejo localizado y específico de malas hierbas.

S2. P4. Digital twin for variable mechanical weed control

A digital twin (DT) of a mechatronic system enables the reproduction of a machine's actual behavior in a virtual environment, facilitating early fault detection, parameter optimization, and risk-free control validation. This reduces development costs and times, improves reliability, and prepares the system for real-world operation in a safer and more efficient manner. The main objective of this work is to develop the DT of an intelligent system for mechanical weed control with variable intensity based on prescription maps. The system consists of a tine harrow driven by a linear actuator and a GNSS-RTK device that ensures precise geolocation. This configuration allows for the automatic adjustment of the tine angle and, consequently, the working intensity. Thus, the system acts variably only on infested zones, improving efficiency, reducing resource consumption, and minimizing crop damage through localized management. Validation was performed in Unity, using CAD models to replicate the implement's kinematics, dynamics, and control. This virtual environment replicates the actual hardware and various operational scenarios, such as variations in tractor speed, different levels of infestation, and varying degrees of treatment aggressiveness. Altogether, this approach accelerates the system's setup and enhances its robustness prior to field deployment.

Keywords: Unity, prescription maps, smart implements, site-specific weed management.

S2. P5. El cierre de la brecha digital en cultivos extensivos

ZIGOLO I¹, ARCAÑA A², COSTAFREDA R³, MALLOL C⁴, MONTULL JM^{1,*}

¹DCEFA. Universidad de Lleida/IPM Advice SL, Lleida, España; ²Agroservis d'Almacelles SCCL, Almacelles, Lleida, España; ³ADV Coop. Agrària de Miralcamp SCCL, Miralcamp, Lleida, España; ⁴ADV Productors de Conreus Extensius de Girona, Navata, Girona, España

(*E-mail: josemaria.montull@udl.cat)

Existe una amplia gama de tecnologías disponibles para el sector agrario destinadas a optimizar el uso de productos fitosanitarios. Sin embargo, la integración de estas tecnologías y su adopción por parte de asesores y agricultores es todavía muy limitada en Europa.

Actualmente se dispone, por un lado, del Sistema de Apoyo a la Decisión (DSS) experto IPMWise, desarrollado y comercializado por la spin-off IPM Advice; y, por otro lado, de sensores como Veris y Dualem que permiten la zonificación de parcelas. Con esto, el objetivo principal de este proyecto de demostración es optimizar y, por consiguiente, reducir el uso de herbicidas en cultivos extensivos.

La base del proyecto es generar mapas de prescripción de dosis variable de herbicidas de aplicación en preemergencia de las malas hierbas basados en la el porcentaje de arcilla y materia orgánica del suelo mediante QGIS y el DSS IPMWise. Asimismo, los asesores desempeñan un papel decisivo en esta actividad de demostración. Son los encargados de localizar parcelas adecuadas y maquinaria adaptada a la agricultura de precisión, actuando como correa de transmisión directa entre la universidad y los agricultores. Los resultados del primer año de trabajos han mostrado reducciones de uso de herbicidas superiores al 30% en parcelas con alta variabilidad en sus características edáficas mientras que, en parcelas homogéneas, se han visto disminuciones de uso de herbicidas de alrededor del 5% en relación a la práctica habitual del técnico asesor siempre manteniendo la eficacia frente a las malas hierbas y minimizando el riesgo de contaminación de aguas subterráneas.

Palabras clave: Transferencia, aplicación variable, zonificación, IPMWise.

S2. P5. Closing the technology gap in arable crops

A wide array of technologies is currently available to the agricultural sector to optimize the application of plant protection products. Nevertheless, the integration and adoption of these technologies by both advisors and farmers remain notably limited across Europe.

This study utilizes the expert Decision Support System (DSS) IPMWise—developed and marketed by the spin-off IPM Advice—in conjunction with proximal soil sensors, such as Veris and Dualem, which facilitate field zoning. Within this framework, the primary objective of this demonstration project is to optimize and, consequently, reduce herbicide use in arable crops.

The project's methodology is centered on generating variable-rate application (VRA) prescription maps for pre-emergence herbicides, based on soil clay content and organic matter levels processed through the IPMWise DSS. Furthermore, agricultural advisors play a pivotal role in this demonstration activity; they are responsible for identifying suitable plots and precision-ready machinery, serving as a direct bridge between the university and the farming community.

Results from the first year of trials showed herbicide reductions exceeding 30% in plots with high edaphic variability. Conversely, in homogeneous plots, reductions of approximately 5% were observed compared to conventional advisory practices. In all cases, weed control efficacy was maintained while minimizing the risk of groundwater contamination.

Keywords: Knowledge transfer, Variable rate, zonification, IPMWise.



SESIÓN S3

Gestión integrada

S3. O1. Bioherbicida a base de biomasa densificada de eucalipto. Ensayo de campo en entorno operativo

PUIG CG^{1,*}, PARDO-MURAS M¹, LÓPEZ-PERIAGO JE², BARREAL E¹, PEDROL N¹

¹Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Universidade de Vigo, Vigo, España; ²Instituto de Agroecología y Alimentación, Universidade de Vigo, Campus Auga, Ourense, España

(*E-mail: cgpuig@uvigo.gal)

El uso de biomasa verde de especies del sistema agroforestal con propiedades alelopáticas ha sido previamente demostrado en el control de malezas en preemergencia. Tras estas evidencias, surge un nuevo producto optimizado, y recientemente patentado, a base de biomasa alelopática densificada en formato de pellets, con el fin de optimizar su efecto y su manejo. En este trabajo se evaluó la viabilidad y eficacia de pellets de *Eucalyptus globulus* Labill. incorporados al suelo en un huerto hortícola durante dos temporadas de cultivo de tomate. La actividad herbicida de los pellets se evaluó utilizando parámetros agronómicos como el número de plántulas y la biomasa aérea de las malas hierbas según la diversidad de especies. El seguimiento se llevó a cabo de forma periódica cada 10 días tras la incorporación (DTI) del bioherbicida en preemergencia (10, 21, 31, 42 DTI), espaciándose cada mes (70 y 92 DTI) y finalizando a los 150 DTI con la cosecha final. Los efectos se compararon con los obtenidos de parcelas control sin pellets. Las parcelas, independientemente del tratamiento, se escardaron manualmente cuando fue necesario y según el criterio del horticultor local. Los resultados más relevantes mostraron una reducción con respecto a las parcelas control en el número de malezas tanto de especies monocotiledóneas (□30%-70%) como dicotiledóneas (□60%-90%) durante los primeros 70 DTI. Al final del ensayo (150 DTI), el bioherbicida también redujo la biomasa de malas hierbas monocotiledóneas y dicotiledóneas un 75% y un 97%, respectivamente, llegando a eliminar por completo la presencia de *Digitaria sanguinalis* (monocotiledónea predominante) en el segundo año de ensayo. A lo largo de cada temporada de cultivo, las parcelas control se escardaron 2 veces, a diferencia de las parcelas con pellets donde solo fue necesaria una escarda.

Palabras clave: Alelopatía, bioherbicida, ES 2957 062 B2, pellets, preemergencia.

S3. O1. Densified eucalyptus biomass-based bioherbicide. Field trial in an operational environment

The use of green biomass from agroforestry species with allelopathic properties has previously been demonstrated for pre-emergence weed control. Building on this evidence, a new, optimized, and recently patented product has been developed, based on densified allelopathic biomass in pellet form, with the aim of optimizing its effectiveness and ease of use. This study evaluated the feasibility and efficacy of *Eucalyptus globulus* Labill. pellets incorporated into the soil in a horticultural field during two tomato growing seasons. The herbicidal activity of the pellets was assessed using agronomic parameters, including the number of seedlings and above-ground weed biomass, across species. Monitoring was conducted continuously every 10 days after incorporation (DAI) at the start of the experiments (10, 21, 31, 42 DAI), then monthly (70 and 92 DAI), and concluded at 150 DAI with the final harvest. Herbicidal effects were compared with those obtained from control plots without pellets. Regardless of treatment, the plots were manually weeded as needed and at the local farmer's discretion. The most significant results showed a reduction in the number of weeds compared to the control plots for both monocotyledonous (□30%–70%) and dicotyledonous (□60%–90%) species during the first 70 DAI. At the end of the trial (150 DAI), the bioherbicide also reduced the biomass of monocotyledonous and dicotyledonous weeds by 75% and 97%, respectively, completely eliminating the presence of *Digitaria sanguinalis* (the predominant monocotyledonous weed) in the second year of the trial. Throughout each growing season, the control plots were weeded twice, whereas the plots treated with pellets required only one weeding.

Keywords: Allelopathy, bioherbicide, ES 2957 062 B2, pellets, preemergence.

S3. O2. Estrategias sostenibles para mitigar la resistencia a herbicidas en sistemas de cultivo de trigo en no laboreo

BARROSO J^{1,*}, DURFEE N², OREJA FH³, NDOU V¹, CODINA-PASCUAL N¹, WUEST SB²

¹*Crop and Soil Science Dept., Oregon State University (OSU), Adams, Oregon, USA;* ²*Columbia Plateau Conservation Research Center, United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service (USDA-ARS), Adams, Oregon, USA;* ³*Plant and Environmental Sciences Dept., Clemson University, Clemson, South Carolina, USA*

(*E-mail: judit.barroso@oregonstate.edu)

Las malas hierbas (ML) resistentes a herbicidas representan una amenaza creciente para los sistemas de cultivo en siembra directa. Las estrategias de manejo integrado son cada vez más necesarias para la sostenibilidad de estos sistemas. Este estudio, iniciado en 2022, evalúa la eficacia y sostenibilidad de diferentes prácticas de manejo de ML implementadas durante la fase de barbecho en la rotación trigo de invierno-barbecho. Específicamente, investigamos si la labranza ocasional puede reducir las poblaciones de ML sin provocar impactos negativos en el suelo. El estudio se llevó a cabo en dos sitios en Oregón, EE.UU., que representan zonas de precipitación anual intermedia y baja (360 y 280 mm año⁻¹). El diseño experimental es de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las parcelas principales consisten en estrategias de manejo implementadas en otoño y/o primavera, mientras que las subparcelas comparan dos enfoques de control al inicio del verano: control químico con herbicidas y mecánico con “*undercutter*” (laboreo de barrido superficial). Los resultados mostraron que las prácticas de control implementadas a principios de verano tuvieron mayor impacto en el cultivo subsiguiente que los tratamientos realizados en otoño o primavera. El control mecánico con “*undercutter*” disminuyó la infestación de ML y aumentó el rendimiento del trigo frente al control químico. En cuanto a la humedad del suelo, se observó un mayor almacenamiento de agua en las subparcelas con “*undercutter*” en 2023 y 2024, pero no en 2025. Se requieren más años de datos para entender la variabilidad encontrada y los posibles beneficios del uso del laboreo de barrido superficial.

Palabras clave: Manejo integrado de malas hierbas, laboreo vertical, sistemas con barbecho.

S3. O2. Sustainable strategies to mitigate herbicide resistance in no-till wheat cropping systems

Herbicide-resistant weeds threaten agricultural productivity worldwide and pose significant challenges to no-till cropping systems. As the evolution of resistance continues to outpace the development of new herbicide modes of action, integrated weed management strategies are increasingly needed to sustain no-till wheat cropping systems in the inland Pacific Northwest (PNW), USA. Initiated in 2022, this research evaluates the efficacy and sustainability of different weed management practices implemented during the fallow phase of the common winter wheat-fallow rotation. Specifically, we investigate whether occasional tillage can reduce weed populations without causing negative impacts commonly associated with tillage. The study is being conducted at two sites in Oregon (Adams and Moro), representing intermediate (360 mm yr⁻¹) and low (280 mm yr⁻¹) annual precipitation zones. The experiment has a split-plot design with four replications. Main plots consist of weed management strategies conducted in fall and/or spring, while subplots compare two early-summer weed control approaches: chemical control (herbicide application) and mechanical control (*undercutter sweep* tillage). Results from 2023-2025 indicate that the weed control practices implemented in early summer have a greater influence on the subsequent crop than fall or spring treatments. Across all three years, the *undercutter sweep* operation improved weed control and increased crop yield compared with herbicide applications at that time. Regarding soil water, greater water storage following the *undercutter sweep* operation was observed in 2023 and 2024 but not in 2025. Additional years of data are necessary to better understand the potential benefits of this vertical tillage practice in PNW no-till wheat systems.

Keywords: Integrated weed management, non-inversion tillage, fallow-based systems.

S3. O3. Viabilidad económica de dos hidroacolchados biodegradables en *Lavandula x intermedia* y *Salvia rosmarinus*

MARTÍNEZ Y^{1,4,*}, NAVARRO-ROCHA J^{2,4}, PARDO G^{3,4}, CIRUJEDA A^{3,4}

¹Departamento de Análisis Económico, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España; ²Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España; ³Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente, CITA, Zaragoza, España; ⁴Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2), CITA-Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

(*E-mail: yolandam@unizar.es)

Los hidroacolchados podrían ser una alternativa innovadora y biodegradable frente al control químico o mecánico de malas hierbas en cultivos de plantas aromáticas y medicinales, donde la ausencia de residuos de herbicidas puede proporcionar un mayor valor añadido a la cosecha. Más allá de su prometedor desempeño agronómico y ambiental, persiste una pregunta clave: ¿son económicamente viables? En dos ensayos de campo se evaluó la rentabilidad de dos formulaciones de hidroacolchado (una incluía paja de trigo y la otra cascarilla de arroz) y se comparó con el desherbado manual a lo largo del ciclo productivo completo de dos cultivos: *Lavandula x intermedia* y *Salvia rosmarinus*. Los resultados mostraron que el efecto sobre el rendimiento dependió de la especie. En *L. x intermedia*, se observó un aumento en la producción, mientras que para *S. rosmarinus* se observaron descensos de rendimiento con acolchado. Cuando se evaluó la rentabilidad en todo el ciclo productivo (10 años) mediante el valor actual neto (VAN), las mezclas analizadas (paja de trigo y cascarilla de arroz) en *L. x intermedia* generaron, respectivamente un 8,3% y un 7,2% más de VAN que el control manual. Sin embargo, en *S. rosmarinus* el VAN se redujo en un 31.3% (paja de trigo) y un 39,5% (cascarilla de arroz). Los resultados respaldan la viabilidad económica de los hidroacolchados en *L. x intermedia*. En *S. rosmarinus* la rentabilidad exige obtener producciones iguales a las logradas en control manual.

Palabras clave: Aromáticas, estudio económico, valor actual neto, control de arvenses.

S3. O3. Economic viability of two biodegradable hydroponic substrates in *Lavandula x intermedia* and *Salvia rosmarinus*

Hydromulches could provide an innovative, biodegradable alternative to chemical or mechanical weed control in aromatic and medicinal plant crops, where the absence of herbicide residues could increase the value of the harvest. Beyond their promising agronomic and environmental performance, a key question remains: are they economically viable? A field trial evaluated the cost-effectiveness of two hydromulch formulations, comparing them to manual weeding throughout the production cycle of two crops: *Lavandula x intermedia* and *Salvia rosmarinus*. The effect on yield depended on the species. An increase in production was observed in *L. x intermedia*, while yield decreases were observed in *S. rosmarinus* with mulching. When profitability was evaluated over the entire production cycle (10 years) using net present value (NPV), the wheat straw and rice hull mixtures in *L. x intermedia* generated 8.3% and 7.2% more NPV than the manual control, respectively. However, in *S. rosmarinus*, the NPV decreased by 31.3% (wheat straw) and 39.5% (rice hulls). These results support the economic viability of hydromulching in *L. x intermedia*. In *S. rosmarinus*, profitability requires yields equal to or higher than those achieved in the manual control plots.

Keywords: Integrated weed management, non-inversion tillage, fallow-based systems.

S3. O4. Caracterización de la emergencia de especies estivales arvenses en huerta

IZQUIERDO J^{1,*}, ARMENGOL G¹, CUBI M², GALLIFA E³, MATAS M⁴, URZUA C⁵ y VEAS A⁶

¹Dept d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, Barcelona, España; ²Federació Selmar, Santa Susanna, España; ³Agrícola Progrés-Garbí, Malgrat de Mar, España; ⁴IRTA Cabrls, Cabrls, Barcelona, España; ⁵ADV Conca de la Tordera, Palafròls, España; ⁶ADV Baix Maresme, Cabrera de Mar, España

(*E-mail: jordi.izquierdo@upc.edu)

Una de las principales preocupaciones de los agricultores es realizar los tratamientos herbicidas o un laboreo en el momento adecuado, entendiéndolo como momento adecuado aquel en el que la hierba está recién nacida y al mismo tiempo ya ha aparecido la mayoría en el campo después de la siembra o trasplante. La elaboración de modelos predictivos de emergencia de malas hierbas en base a datos climáticos como la temperatura o la humedad del suelo proporcionan al agricultor información valiosa sobre el estado de la germinación para gestionar con mayor eficiencia la flora arvense. Estos modelos han sido ampliamente desarrollados para las malas hierbas más importantes de los cultivos extensivos de secano, pero hay muy pocos modelos disponibles para malas hierbas de verano y, en concreto, para las que aparecen en los cultivos hortícolas, los cuales ocupan menos extensión que los cereales, pero tienen un mayor valor económico por unidad de superficie. Con el fin de caracterizar la emergencia de especies estivales, durante la primavera del año 2025 y en colaboración con diversas Agrupaciones de Defensa Vegetal (ADV) de huerta se ha realizado un seguimiento semanal en siete campos comerciales en donde se cultivaba lechuga, pepino y judías de las malas hierbas que aparecían en cinco cuadrados permanentes. Considerando que los cultivos hortícolas disponen continuamente de agua, se han desarrollado modelos predictivos basados únicamente en la temperatura con el fin de proporcionar una herramienta de ayuda a los agricultores. El número de días que transcurren desde el laboreo hasta que se observa el 50 y 90% de emergencia en el campo resulta ser de unos 45 y 65 días respectivamente.

Palabras clave: Predicción, emergencia, cultivos hortícolas, *Portulaca oleracea*, *Cyperus rotundus*, *Digitaria sanguinalis*.

S3. O4. Characterizing the emergence of summer weed species in horticultural crops

One of the primary concerns for farmers is ensuring that herbicide treatments or tillage are performed at the optimal time. The “optimal time” is defined as the period when weeds have recently germinated, and most of the population has already emerged in the field following sowing or transplanting. The development of predictive weed emergence models based on climatic data, provides farmers with valuable information regarding germination status, allowing for more efficient management of arable flora. While these models have been extensively developed for the most significant weeds in rainfed extensive crops, there is a lack of available models for summer weeds—specifically those affecting horticultural crops. These crops occupy less land area than cereals but they hold a higher economic value per unit of surface area. To characterize the emergence of summer species, a weekly monitoring program was conducted during the spring of 2025 in collaboration with several Horticultural Plant Protection Associations (ADV) in which weed emergence was monitored within five permanent quadrats across seven commercial fields growing lettuce, cucumber, and beans. Given that the fields had a continuous water supply, predictive models based solely on temperature were developed to provide a practical decision-support tool for farmers.

Keywords: Prediction, emergence, horticultural crops, *Portulaca oleracea*, *Cyperus rotundus*, *Digitaria sanguinalis*.

S3. O5. La enseñanza de la malherbología en grados y masters universitarios en España. Vamos de mal en peor

RECASENS J^{1,2,*}, VILAPLANA D¹

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, ETSEAFiV, Universitat de Lleida, Lleida, España; ²AGROTECNIO-CERCA Center, Lleida, España

(*E-mail: jordi.recasens@udl.cat)

Se analiza la situación actual de la enseñanza de malherbología en grados y masters de universidades españolas. De los 32 centros que imparten el grado de Ingeniería Agraria solamente en 12 de ellos se incluyen asignaturas con contenidos en esa disciplina; y como asignatura con esa denominación se ofrece solo en cuatro universidades y como materia optativa. De los 20 masters habilitantes existentes de Ingeniero Agrónomo la docencia en malherbología está presente en solo 13 de ellos y de manera muy parcial o escasa. Solo hay tres masters -y un máster Erasmus Mundus- especializados en Sanidad Vegetal que, obviamente, incluyen formación en malherbología. Este escenario refleja una situación muy preocupante para poder formar profesionales que puedan gestionar los problemas actuales que causan las malas hierbas en nuestros cultivos.

Palabras clave: Formación especializada, sanidad vegetal, malas hierbas, cultivos.

S3. O5. The teaching of weed science in undergraduate and master's degree programs in Spain is going from bad to worse

This study analyzes the current state of weed science training in undergraduate and master's degree programs at Spanish universities. Of the 32 institutions offering Agricultural Engineering degrees, only 12 include courses in this discipline; it is offered as a dedicated course with that name at only four universities, and even then, only as an elective. Of the 20 existing Master's programs in Agricultural Engineering, weed science is taught in only 13, and even then, only partially or minimally. There are only three specialized Master's programs in Crop Protection that obviously include weed science training. This situation reflects a very worrying scenario for training professionals capable of managing the current problems caused by weeds in our crops.

Keywords: Specialized training, crop protection, weeds, crops.

S3. P1. Cuatro hidroacolchados controlan las plantas arvenses de forma satisfactoria en azafrán

CIRUJEDA A^{1,2,*}, SIMÓN LL³, SÁNCHEZ AM⁴, PUEYO J¹, PARDO G^{1,2}

¹Dep. de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España; ²Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, CITA Universidad de Zaragoza, España; ³Instituto Técnico Agronómico Provincial, Diputación de Albacete, Albacete, España; ⁴Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, Instituto Agronómico Medi-terráneo de Zaragoza (CIHEAM Zaragoza), España

(*E-mail: acirujeda@aragon.es)

El azafrán (*Crocus sativus* L.) es un cultivo poco competitivo que requiere de un importante esfuerzo para su desherbado. El acolchado plástico no se adapta al cultivo porque las flores emergen cada año de un nuevo cormo y la brotación no se produce todos los años en el mismo punto. El hidroacolchado podría funcionar en esta situación, si modificando su composición y grosor se consigue una capa que sea atravesada por las flores y hojas, pero no por la mayoría de plantas arvenses. Durante 2022-24 se realizó un ensayo de campo en Pétrola (Albacete) para estudiar la capacidad de control de arvenses de cuatro hidroacolchados a base de tunicas de azafrán a dosis alta y a dosis baja, paja de trigo y cascarilla de arroz en comparación con testigos sin desherbar y con desherbado manual. En los primeros 203 días, periódicamente y de forma visual se estimó la cobertura del suelo por malas hierbas en cada parcela, por especie y el total. Se calculó la biomasa seca a los 528 días después de la aplicación.

La cobertura de malas hierbas con cualquiera de los hidroacolchados fue menor que en el testigo sin desherbar, destacando el de cascarilla de arroz con una cobertura también menor que con desherbado manual. Únicamente *Avena fatua* L. fue capaz de superar el umbral de 5% de cobertura en los acolchados, los cuales resistieron la presión de especies dicotiledóneas. La biomasa seca arvense fue menos de la mitad en cualquiera de los acolchados que en el testigo.

Palabras clave: Acolchados biodegradables, malas hierbas, control físico.

S3. P1. Four hydromulches control weeds satisfactorily in saffron crop

Saffron (*Crocus sativus*) is a crop with low competitive capacity that requires an important effort for weeding. Plastic mulches are not suitable for this crop because flowers emerge each year from a new corm and sprouts do not emerge each year from the same point. The application of hydromulch could fit into this situation because modifying the composition and thickness it could be feasible to find a layer that once applied onto the soil can be pierced by the saffron flowers and leaves but not by most of the weeds. During 2022–24, a field trial was conducted in Pétrola (Albacete) to study the weed control capacity of 4 hydromulch formulations based on saffron tunics at high and low doses, wheat straw and rice husk; compared with non-weeded control and manual weeding. During the first 203 days, weed soil cover was periodically estimated by visual inspection in each plot, for each species separately and in total. Dry weed biomass was estimated 528 days after application.

Weed soil cover with any of the hydromulches was lower than in the control without weeding. Hydromulch based on rice husk stood out as having even lower cover than with manual weeding. Only *Avena fatua* was able to exceed 5% cover threshold in all the hydromulches, which resisted the pressure of the forbs. Weed dry biomass was less than half that of the control in any of the mulch treatments.

Keywords: Biodegradable plots, weeds, physical weed management.

S3. P2. Primer estudio de programas de gestión integrada de *Amaranthus palmeri* resistente a herbicidas en Europa

TORRA J^{1,*}, MONTULL JM¹, ROYO-ESNAL A¹, RECASENS J¹

¹Departamento de Ciencias Forestales y Agrícolas e Ingeniería, Universidad de Lleida- AGROTEC-NIO, Lleida, España

(*E-mail: joel.torra@udl.cat)

Amaranthus palmeri es ya la principal amenaza de los cultivos de verano en el sur de Europa. Asimismo, esta mala hierba ha llegado a España del continente americano con resistencia a diversos herbicidas. Actualmente *A. palmeri* está en expansión en la Península Ibérica, y además de Aragón, Cataluña y Extremadura, se ha localizado recientemente en Castilla La Mancha, Navarra y Portugal. Ante esta realidad, resulta necesario conocer cuáles son los mejores programas de Gestión Integrada de Malas hierbas (GIMh) para el manejo de esta planta invasora a un horizonte de tres años adaptados a nuestras condiciones. En el marco de un proyecto del Plan Nacional de I+D+i que acaba de iniciar se pretenden estudiar en un campo de maíz de la provincia de Lleida, diversos programas de GIMh para *A. palmeri* con resistencia a herbicidas. El objetivo de este trabajo será presentar los datos del primer año de ensayo de campo. Las estrategias consideradas serán, además del control químico, la rotación de cultivos, los cultivos cubierta y el control mecánico. Se pondrá un foco especial en las estrategias híbridas, con estrategias químicas en la fila del cultivo y no químicas entre filas, con el objetivo final de reducir la presión de selección con herbicida, pero manteniendo eficacias. Dentro de las estrategias químicas se probarán mezclas de herbicidas con diferentes modos de acción, y se probarán posibles nuevos herbicidas para los cultivos considerados, como maíz o soja. Este ensayo, pionero en Europa, tendrá una duración de 3 años, y espera poder aportar soluciones a medio-largo plazo para los agricultores y técnicos en el manejo y prevención de resistencias a herbicidas en *A. palmeri*.

Palabras clave: Rotación de cultivos, control mecánico, cultivos cubierta, control químico.

S3. P2. First study of integrated management programs for herbicide-resistant *Amaranthus palmeri* in Europe

Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) is already the main threat to summer crops in southern Europe. This weed has also arrived in Spain from the Americas, developing resistance to various herbicides. Currently, *A. palmeri* is expanding across the Iberian Peninsula, and in addition to Aragón, Catalonia, and Extremadura, it has recently been found in Castile-La Mancha, Navarre, and Portugal. Given this situation, it is necessary to identify the best Integrated Weed Management (IWM) programs for managing this invasive plant over a three- to four-year period, adapted to our specific conditions. Within the framework of a newly launched National R&D&I Plan project, various IWM programs for *A. palmeri* will be studied in a corn field with a herbicide-resistant population in Lleida province. The objective of this work is to present the data from the first year of field trials. The strategies considered will include chemical control, crop rotation, cover crops, and mechanical control. Special emphasis will be placed on hybrid strategies, combining herbicides applied within the crop row with non-chemical tactics applied between rows. The ultimate goal is to reduce herbicide selection pressure while maintaining efficacy. Within the chemical strategies, herbicide mixtures with different modes of action will be tested, along with potential new herbicides for the crops under consideration, such as maize and soybeans. This pioneering trial in Europe will last three to four years and aims to provide medium- to long-term solutions for farmers and technicians in managing and preventing herbicide resistance in *A. palmeri*.

Keywords: Crop rotation, mechanical control, cover crops, chemical control.

S3. P3. Uso de lana como acolchado para el control de flora arvense en cultivos leñosos

PARDO G^{1,2,*}, PUEYO J¹, ABRIL B^{2,3}, LAZARO D⁴, CIRUJEDA A^{1,2}

¹Dep. de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España; ²Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2, CITA Universidad de Zaragoza, España; ³ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Teruel, España

(*E-mail: gpardos@aragon.es)

La lana de oveja, antaño un ingreso importante para el ganadero, se considera hoy un simple residuo. El reto actual es encontrarle salida y revalorización. Un posible uso sería como acolchado para controlar arvenses en plantaciones de leñosos. En este sentido, se implantaron dos ensayos en 2025, uno en olivo en secano y otro en almendro con riego por goteo en Alcañiz (Teruel). En ambos cultivos, los tratamientos ensayados fueron: 1) testigo sin acolchar, 2) acolchado con lana, 3) acolchado con lana y rocío con hidrolato de lavanda, 4) acolchado con lana y colocación de hidroacolchado encima. En el olivo hubo 9 repeticiones (árboles) por tratamiento y los tratamientos con lana, cubriendo con ésta 3 m² alrededor del tronco y en almendro hubo 6 repeticiones (árboles) con la lana dispuesta en hilera de 1,5 m de ancho en toda la línea. El espesor de lana aplicado fue de 20 cm, unos 9 kg/m². En el cultivo de almendro se evaluó la cobertura de arvenses a los 13, 55 y 141 días después de la aplicación de la lana (DDA), 29 de mayo, y en el olivo las 2 últimas fechas. En almendro a los 141 DDA la cobertura media de arvenses de los tres tratamientos con lana fue de 4%, sin diferencias estadísticas ellos frente al 51% en el testigo (90% control). En olivo en esa misma fecha la cobertura media de los tres tratamientos de lana fue solo del 1,3%, también sin diferencias entre ellos. Las especies con mayor facilidad para atravesar la capa de lana fueron *Convolvulus arvensis* y *Cynodon dactylon*. Por tanto, se concluye que la lana aplicada en la cantidad de este ensayo ejerce un control satisfactorio de las malas hierbas hasta la fecha, sin que el añadido de hidrolato o de hidroacolchado supusiese una mejora adicional.

Palabras clave: Hidroacolchado, hidromulch, acolchado biodegradable, hidrolato, malas hierbas.

S3. P3. Use of wool as mulch for weed control in woody crops

Sheep wool, once a significant source of income for livestock farmers, is nowadays considered a mere waste product. The current challenge is to find viable outlets and ways to upcycle it. One potential use is as mulch for weed control in woody crops. For this purpose, two trials were established in 2025 in Alcañiz (Teruel): one in a rainfed olive grove and another in a drip-irrigated almond orchard. In both crops, the tested treatments were: 1) non-mulched control, 2) wool mulch, 3) wool mulch moistened with lavender hydrolate, and 4) wool mulch covered with hydromulch. In the olive trial, 9 replicates (trees) were established per treatment, with wool covering 3 m² around the trunk. In the almond trial, there were 6 replicates (trees), with wool applied in a 1.5 m wide strip along the entire row. The applied wool thickness was 20 cm, approximately 9 kg/m². Weed cover was evaluated in the almond orchard at 13, 55, and 141 days after application (DAA) —starting May 29th— and in the olive grove on the last two dates. In the almond trial at 141 DAA, the average weed cover for the three wool treatments was 4% (with no statistical differences between them), compared to 51% in the control (90% efficacy). On the same date in the olive grove the average cover for the three wool treatments was only 1.3%, also without differences between them. The species most capable of penetrating the wool layer were *Convolvulus arvensis* and *Cynodon dactylon*. Therefore, it is concluded that wool applied in the amounts used in these trials provides satisfactory weed control to date, and the addition of hydrolate or hydromulch did not offer any further improvement.

Keywords: Hydromulch, biodegradable mulch, hydrolate, weeds.

S3. P4. Caracterización de la flora arvense de un agroecosistema cerealista de secano con diferentes estrategias de diversificación y biofertilización

RIBES-BARGUES M^{1,2,*}, AGUADO P², NIETO-TALADRIZ MT¹, SANTÍN-MONTANYÁ I¹

¹Departamento de Medio Ambiente y Agronomía, INIA-CSIC, Madrid, España; ²ETSLAAB-Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

(*E-mail: marta.ribes@inia.csic.es)

Los factores antropogénicos desempeñan un papel decisivo en la configuración de las comunidades de malas hierbas de los sistemas agrícolas. El agricultor, a través de la elección de cultivos, rotaciones, prácticas de laboreo, fertilización y métodos de control, actúa como uno de los agentes clave de dicha configuración. Como consecuencia, la comunidad de malas hierbas evoluciona continuamente en respuesta a estas prácticas. En el contexto de la agricultura de conservación, la intensificación multifuncional del agroecosistema se plantea como una estrategia eficaz para afrontar los retos de la agricultura sostenible y del actual sistema agroalimentario. Para ello, promueve la aplicación integrada de técnicas agrícolas orientadas a incrementar la productividad minimizando los efectos negativos sobre la biodiversidad. El objetivo general del proyecto BioCest, en el que se enmarca este estudio, es mejorar el conocimiento sobre la selección de prácticas y metodologías que incrementen la funcionalidad de los agroecosistemas cerealistas, mediante estrategias de diversificación de cultivos y manejo de la fertilización, con el fin de optimizar la producción y calidad del trigo en condiciones de secano. Asimismo, se pretende generar información que contribuya a reforzar la productividad del cultivo garantizando la sostenibilidad de la actividad agraria con el menor impacto agroambiental. En esta comunicación se presentan los resultados correspondientes al primer año del proyecto de investigación BioCest. Se determinó la abundancia, riqueza específica y los índices de diversidad de la comunidad de malas hierbas en dos ensayos de campo. En uno se evalúa la respuesta de las comunidades a tres estrategias de diversificación de cultivos y usos en rotación (incluyendo intercultivo trigo-garbanzo y cártamo). En el otro se comparan diferentes estrategias de fertilización: mineral estándar y distintas combinaciones con biofertilización. Los resultados del primer año del ensayo no mostraron un predominio de unas especies de malas hierbas sobre otras, excepto en el garbanzo. La fertilización íntegramente biológica en trigo y cebada favoreció la diversidad de malas hierbas.

Palabras clave: Gestión integrada, comunidades de malas hierbas, diversificación de cultivos, biofertilización, productividad.

S3. P4. Initial characterization of weed flora in rainfed cereal agroecosystems with different diversification and biofertilization strategies

Anthropogenic factors play a decisive role shaping weed communities in agricultural systems as farmers influence their composition through crop selection, rotation, tillage, fertilization, and control practices. Therefore, weed flora continuously evolves in response to these practices, generating changes in the composition of communities. In conservation agriculture, multifunctional intensification of the agroecosystem is proposed as an effective strategy that integrates agricultural techniques to increase productivity while minimizing negative impacts on biodiversity. This study is part of the BioCeST project, which aims to improve knowledge of practices and methodologies that enhance the functionality of rainfed cereal agroecosystems through crop diversification and fertilization management, to optimize wheat production and quality while generating information to support future on-farm decision-making. This communication presents the results corresponding to the first year of implementation of the BioCest research project. The weed community has been analyzed in two field trials, under an experimental design of randomized complete blocks, both with four replications. The first trial has been studied in order to assess the response of weed communities to three crop diversification strategies and rotational uses. The second one has been analyzed to compare different fertilization strategies. The results obtained during the first year of the trials did not show a predominance of some weed species over others, except in the case of chickpea. Fully biological fertilization in wheat and barley seems that favored weed diversity.

Keywords: Integrated management, weed communities, crop diversification, biofertilization, productivity.

S3. P5. Temperatura base de poblaciones de *Echinochloa crus-galli* europeas y de Oriente Medio

ROYO-ESNAL A^{1*}, BINDER J², SOSTARCIC V³, ULBER L⁴, ADEUX G⁵, OSUNA MD⁶, PISKACKOVA TA⁷, PANACCI E⁸, NECAJEVA J⁹, ULUDAG A¹⁰, SYNOWIEC A¹¹, CALHA IM¹², ABU-NASSAR J¹³, JENSEN PK¹⁴, UREMIS I¹⁵, KONSTANTINOVIC B¹⁶, CHACHALIS D¹⁷, TORRESEN KS¹⁸, NIKOLIC N¹⁹

¹DCEFA, ETSEAFIV, Universitat de Lleida, Agrotecnio, Lleida, España; ²Royal Holloway, University of London, Londres, Reino Unido; ³Dpt Weed Science, Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Zagreb, Croacia; ⁴Weed Science Laboratory, Julius Kühn-Institut, Brunswick, Alemania; ⁵INRAE, Dijon, Francia; ⁶Weed Science Laboratory, CICYTEX, Don Benito, España; ⁷Dpt Agroecology and Crop Production, Czech University of Life Sciences Prague, Praga, República Checa; ⁸Dpt Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Perugia, Italia; ⁹Institute for Plant Protection Research, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Letonia; ¹⁰Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turquía; ¹¹Dpt Agroecology and Crop Production, University of Agriculture in Krakow, Cracovia, Polonia; ¹²Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, UEIS SAFSV, Lisboa, Portugal; ¹³Dpt Weed Science, Volcani Center, Neve Ya'ar Research, Ramat-Yishay, Israel; ¹⁴Dpt Agroecology, Aarhus University, Slagelse, Dinamarca; ¹⁵Dpt Plant Protection, Mustafa Kemal University, Hatay, Turquía; ¹⁶Dpt Environmental and Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia; ¹⁷BENAKI Phytopathological Institute, Kifisia, Grecia; ¹⁸Division for Biotechnology and Plant Health, Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Ås, Noruega; ¹⁹DAFNAE, University of Padova, Legnaro, Italia

(*E-mail: aritz.royo@udl.cat)

Este trabajo tiene como objetivo estimar la temperatura base (Tb) para la germinación de 32 poblaciones de *Echinochloa crus-galli*. Se recolectaron semillas de campos de maíz en 14 países europeos y del oriente medio en verano de 2023, y se enviaron a Lleida. Para cada población, se colocaron 50 semillas en placa de Petri con papel de filtro y agua destilada y se incubaron a temperaturas constantes de 5 a 29 °C, a intervalos de 3 °C, con un fotoperiodo de 12 h:12 h, con cuatro repeticiones. Después de realizar un seguimiento diario de la germinación, se representó la germinación acumulada en función del tiempo y se aplicó un modelo sigmoidal para estimar el tiempo hasta el 50 % de germinación (T50) a cada temperatura constante. La inversa de T50 se representó en base a la temperatura y se aplicó una regresión lineal. El punto donde la línea de regresión cruza el eje X representa la correspondiente Tb. Los resultados muestran que la mayoría de las Tb rondan los 10 °C $\pm$ 1,5 °C siendo, en general, más baja en las poblaciones de mayor latitud y más alta en poblaciones de menor latitud. A pesar de las diferencias de Tb de hasta 3 °C, éstas sólo fueron estadísticamente significativas entre una población de Letonia (8,2 °C) y otra de Italia (12,0 °C). Los resultados demuestran la capacidad de adaptación de esta especie a diferentes climatologías, pero también constatan la gran variabilidad que puede mostrar entre localidades de condiciones ambientales similares.

Palabras clave: Germinación, latitud, regresión lineal.

S3. P5. Base temperature of European and Middle East populations of *Echinochloa crus-galli*

This study aimed to estimate the base temperature (Tb) for germination of 32 populations of *Echinochloa crus-galli*. Seeds were collected from maize fields in 14 European and Middle East countries in summer 2023 and were sent to Lleida, Spain. For each population, 50 seeds were placed in Petri dishes with filter paper and distilled water and incubated at constant temperatures from 5 to 29 °C, with 3 °C intervals, with a 12 h:12 h photoperiod, and with four replicates. After daily monitoring of germination, cumulated germination was plotted against time, and a sigmoidal model was applied to estimate the time to 50% germination (T50) at each constant temperature. The inverse of T50 was plotted against temperature, and a linear regression was applied. The point where the regression line crosses the x-axis represents the corresponding Tb. The results show that most Tb values are around 10 °C $\pm$ 1.5 °C and were generally lower in populations at higher latitudes and higher in populations at lower latitudes. Despite Tb differences of up to 3 °C, these were only statistically significant between a population from Latvia (8.2 °C) and another from Italy (12.0 °C). The results demonstrate the ability of this species to adapt to different climates but also highlight the considerable variability it can exhibit between locations with similar environmental conditions.

Keywords: Germination, latitude, lineal regression.

S3. P6. Potencial fitotóxico de formulados de aceites esenciales y metabolitos secundarios de plantas sobre la germinación de *Lolium rigidum*

TORRES-PAGÁN N^{1,*}, PAZOOKI H¹, MARCO-GALIANO C¹, MALABOT KN¹, POBES-BAILO V¹, RODRÍGUEZ-GARCÍA D¹, CHORNET F², TORRES L², ESPINOSA-ESCRIG F², VERDEGUER M¹

¹Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València, Valencia, España; ²SEIPASA S.A., Valencia, España

(*E-mail: natorpa@upv.es)

Lolium rigidum Gaud. es una arvense muy problemática en sistemas cerealistas mediterráneos por su capacidad competitiva y la creciente aparición de poblaciones resistentes a herbicidas sintéticos. En este contexto, el desarrollo de bioherbicidas basados en compuestos naturales de plantas representa una alternativa prometedora para su manejo integrado. El proyecto europeo AGROSUS (Agroecological strategies for sustainable weed management in key European crops) evalúa nuevas formulaciones bioherbicidas desarrolladas por la empresa SEIPASA a partir de aceites esenciales (AE) y metabolitos secundarios de plantas con potencial fitotóxico. En este trabajo, se estudió la actividad herbicida de cuatro formulados: Seifar, Lusei, Seila y Jarasei, sobre la germinación de *L. rigidum*. Seifar contiene farnesol, mientras Lusei, Seila y Jarasei están basados en AE de *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri* (Rozeira), *Lavandula angustifolia* Mill. y *Cistus ladanifer* L., respectivamente. Se realizaron ensayos de inhibición de la germinación *in vitro*, aplicando los formulados a seis concentraciones: 3,125; 6,25; 12,5; 25, 50 y 100 µL mL⁻¹, incluyendo un tratamiento control (agua). Las semillas control presentaron los mayores porcentajes de germinación durante todo el periodo de evaluación, mientras que las semillas tratadas con los formulados bioherbicidas mostraron una reducción progresiva de la germinación a medida que aumentaba la concentración aplicada. Los resultados evidencian el potencial de estos formulados como herramientas bioherbicidas para el control de *L. rigidum*. Son necesarios estudios en condiciones de invernadero y campo para evaluar su eficacia en condiciones reales, la selectividad sobre diferentes cultivos y su posible integración en programas sostenibles de manejo de arvenses.

Palabras clave: Bioherbicidas, gestión integrada de arvenses, aceites esenciales, germinación, fitotoxicidad.

S3. P6. Phytotoxic potential of formulations based on essential oils and plant secondary metabolites on the germination of *Lolium rigidum*

Lolium rigidum Gaud. is a highly problematic weed species in Mediterranean cereal cropping systems due to its strong competitive ability and the increasing occurrence of populations resistant to synthetic herbicides. In this context, the development of bioherbicides based on natural plant compounds represents a promising alternative for integrated weed management. The European project AGROSUS (Agroecological strategies for sustainable weed management in key European crops) evaluates new bioherbicidal formulations developed by the company SEIPASA from essential oils (EOs) and plant secondary metabolites with phytotoxic potential. In this work, the herbicidal activity of four formulations (Seifar, Lusei, Seila, and Jarasei) was studied against the germination of *L. rigidum*. Seifar contains farnesol, whereas Lusei, Seila, and Jarasei are based on EOs from *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri* (Rozeira), *Lavandula angustifolia* Mill., and *Cistus ladanifer* L., respectively. *In vitro* germination inhibition assays were performed by applying the formulations at six concentrations (3.125, 6.25, 12.5, 25, 50, and 100 µL mL⁻¹), including a control treatment (water). Control seeds showed the highest germination percentages throughout the evaluation period, whereas seeds treated with the bioherbicidal formulations exhibited a progressive reduction in germination as the applied concentration increased. The results demonstrate the potential of these formulations as bioherbicidal tools for the control of *L. rigidum*. Further greenhouse and field studies are required to evaluate their efficacy under real conditions, crop selectivity, and potential integration into sustainable weed management programmes.

Keywords: Bioherbicides, integrated weed management, essential oils, germination, phytotoxicity.

S3. P7. Identificación en Cataluña del ácaro eriófidio *Aculus taihangensis* (Prostigmata), un potencial agente de control biológico del ailanto

SOLER J¹, IZQUIERDO J^{1,*}

¹Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, UPC. Campus Baix Llobregat. Castelldefels, Barcelona, España

(*E-mail: jordi.izquierdo@upc.edu)

El ailanto (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), incluido en la lista europea de especies invasoras, es un árbol de gran capacidad de propagación y de difícil control. Posee cinco características que lo hacen altamente invasivo: alta tolerancia a condiciones ambientales extremas, productor de sustancias alelopáticas, alta fertilidad, alta capacidad de dispersión y viabilidad de las semillas, alta capacidad de multiplicación vegetativa tras su corte y limitada afectación por parte de insectos. El control químico mediante la inyección del herbicida en el tronco es muy efectivo, aunque requiere un seguimiento de dos a tres años para asegurarse de su completa eliminación debido a la capacidad de rebrote de este árbol. La eficacia del control mecánico se limita a plántulas recién emergidas antes de que hayan desarrollado el sistema radicular. Los métodos químicos y mecánicos presentan limitaciones, lo que impulsa la búsqueda de alternativas biológicas. Entre los enemigos naturales descritos se encuentran varios ácaros eriófidios, entre ellos *Aculus taihangensis*, identificado en Asia y más recientemente en distintos países europeos. Los muestreos realizados en Cerdanyola del Vallès (Barcelona) confirman la presencia de este eriófidio en Cataluña.

Palabras clave: *Ailanthus altissima*, árbol del cielo, manejo, especie invasora, enemigo natural.

S3. P7. Identification in Catalonia of the eriophyid mite *Aculus taihangensis* (Prostigmata), a potential biological control agent of the tree of heaven

The tree of heaven (*Ailanthus altissima*), included in the European list of invasive species, is a tree with a great spread capacity and difficult to control. It possesses five characteristics that make it highly invasive: high tolerance to environmental conditions, production of allelopathic substances, high fertility, high seed dispersal capacity and viability, strong vegetative regeneration after being cut, and limited impact from insects. Chemical control through herbicide injection into the trunk is highly effective, although it requires 2- to 3-year monitoring to ensure its complete elimination due to the tree's ability to resprout. The efficacy of mechanical control is limited to newly emerged seedlings before they have developed a root system. Both chemical and mechanical methods have limitations, which encourages the search for biological alternatives. Several eriophyid mites have been described as natural enemies, including *Aculus taihangensis*, identified in Asia and more recently in different European countries. Surveys conducted in Cerdanyola del Vallès (Barcelona) confirm the presence of this eriophyid in Catalonia, representing the first record of its presence in this territory, at least according to publications available at the time of its discovery.

Keywords: *Ailanthus altissima*, tree of heaven, management, invasive species, natural enemy.

S3. P8. Efecto de diferentes estrategias de riego en la abundancia de malas hierbas e impacto en el rendimiento del arroz

PLA E^{1,*}, CATALÀ-FORNER M¹, PÉREZ-MÉNDEZ N¹

¹IRTA Amposta, Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, Amposta, Tarragona, España

(*E-mail: eva.pla@irta.cat)

En los arrozales mediterráneos, el manejo del agua es un factor determinante tanto para el rendimiento del cultivo como para la biodiversidad asociada. En el Delta del Ebro, el sistema tradicional de inundación continua genera condiciones anóxicas en el suelo que afectan diversos procesos agronómicos y ecológicos. En este contexto, las malas hierbas representan uno de los principales desafíos para el cultivo debido a la reducción de materias activas herbicidas disponibles y a la aparición de biotipos resistentes.

La adopción de nuevas estrategias de manejo del agua, orientadas a hacer frente a escenarios de escasez hídrica, puede modificar las condiciones de inundación y aireación del suelo, influyendo sobre la emergencia, el establecimiento y la competencia de las malas hierbas y, en consecuencia, su efecto sobre la producción.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres estrategias de manejo hídrico—Convencional, Mid-Season Drainage (secado a mitad de ciclo) y Alternate Wetting and Drying (riego intermitente)— sobre la abundancia y composición de las malas hierbas, así como sobre el rendimiento del arroz. Para ello, se realizó un ensayo de campo en parcelas independientes del IRTA Amposta durante las campañas de 2022 y 2023. En cada parcela se estableció una zona sin aplicación de herbicidas con el fin de evaluar la infestación natural y su impacto.

Los resultados mostraron que el manejo del agua influye significativamente en la abundancia y composición de las malas hierbas, generando respuestas diferenciadas en el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: Arroz, malas hierbas, manejo de agua.

S3. P8. Effects of water management strategies on weed abundance and rice yield

In Mediterranean rice fields, water management is a key factor influencing both crop yield and the dynamics of associated biodiversity. In the Ebro Delta, the conventional continuous flooding system creates anoxic soil conditions that affect multiple agronomic and ecological processes. In this context, weeds have become one of the main constraints to rice production in recent years due to the progressive restriction of herbicidal active ingredients and the emergence of resistant biotypes.

The implementation of new water management strategies aimed at addressing potential drought scenarios may alter soil flooding and aeration conditions, directly affecting weed emergence and competition processes. These changes may favor or limit certain species, thereby modifying weed abundance and composition and, consequently, their impact on the crop.

The aim of this study was to evaluate the effect of three water management systems—Conventional, Mid-Season Drainage, and Alternate Wetting and Drying—on weed abundance and composition, as well as their effect on rice yield. A field experiment was conducted in independent plots at IRTA Amposta during the 2022 and 2023 growing seasons. In each plot, a herbicide-free area was established to assess natural weed infestation and its impact on the crop. The results showed that water management significantly influenced weed abundance and composition, leading to differential effects on crop yield.

This study provides relevant information to support decision-making in rice crop management, contributing to the selection of more suitable water management strategies under water-deficit scenarios, with the aim of minimizing weed impact and optimizing yield.

Keywords: Rice, weeds, water management.



SESIÓN S4

Control químico y resistencia a herbicidas

S4. O1. *Amaranthus viridis* desafía al glifosato: primer caso documentado en Europa

JIMÉNEZ-MARTÍNEZ C^{1,*}, MANICARDI A¹, MORA G¹, LOZANO-JUSTE J², GIL-MONREAL M³, TORRA FARRÉ J¹

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Universidad de Lleida-AGROTEC-NIO, Lleida, España; ²Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP), Universitat Politècnica de València (UPV), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Valencia, España; ³Instituto de Investigación Multidisciplinar en Biología Aplicada (IMAB), Departamento de Ciencias, Universidad Pública de Navarra (UPNA), Campus de Arrosadía, Pamplona, España

(*E-mail: clara.jimenez@udl.cat)

Amaranthus viridis, especie nativa de América del Sur y Central, está presente en España en cultivos perennes, donde su manejo combina métodos mecánicos y el uso de glifosato. Este herbicida no selectivo inhibe la enzima EPSPS y su aplicación continuada puede favorecer la selección de poblaciones resistentes. En un campo de cítricos de Gandía (Valencia), sometido durante años a una elevada presión de selección por glifosato, se detectaron individuos capaces de sobrevivir al tratamiento. El objetivo de este trabajo fue (i) evaluar la respuesta al glifosato de poblaciones españolas de *A. viridis* sospechosas de resistencia e (ii) identificar el mecanismo implicado. Se realizaron ensayos de dosis-respuesta, cuantificación de siquimato y análisis moleculares en las poblaciones GAN y F1-GAN, procedentes del campo de cítricos, comparándolas con una población susceptible (VAL). Ante la ausencia de una población sensible de referencia de *A. viridis*, se utilizaron dos poblaciones de *A. palmeri* previamente caracterizadas: una sensible (USA) y otra resistente (MB). Los valores LD₅₀ de MB, GAN y F1-GAN superaron los 400 g e.a. ha⁻¹, mientras que USA y VAL presentaron valores de 196 y 194 g e.a. ha⁻¹. Los análisis moleculares en individuos supervivientes indican que la resistencia estaría asociada a un aumento del número de copias del gen *EPSPS*, sin detectarse mutaciones puntuales en la proteína diana. El contenido de siquimato aumentó significativamente en las poblaciones sensibles, mientras que en GAN y F1-GAN no se observó una acumulación significativa. Este trabajo constituye el primer caso de resistencia de *A. viridis* a glifosato descrito en Europa.

Palabras clave: *Amaranthus*, cítricos, inhibidores de la EPSPS, herbicida.

S4. O1. *Amaranthus viridis* challenges glyphosate: first documented case in Europe

Amaranthus viridis, a species native to South and Central America, is present in Spain in perennial crops, where its management combines mechanical methods and the use of glyphosate. This non-selective herbicide inhibits the EPSPS enzyme, and its continued application can favor the selection of resistant populations. In a citrus field in Valencia, which had been subjected to high glyphosate selection pressure for years, individuals capable of surviving the treatment were detected. The objective of this study was to (i) evaluate the response to glyphosate of Spanish *A. viridis* populations suspected of resistance and (ii) identify the mechanism involved. Dose-response assays, shikimate quantification, and molecular analyses were performed on the GAN and F1-GAN populations from the citrus crops, comparing them with a susceptible population VAL. In the absence of a reference sensitive *A. viridis* population, two previously characterized *A. palmeri* populations were used: one sensitive (USA) and one resistant (MB). The LD₅₀ values for MB, GAN, and F1-GAN exceeded 400 g a.e. ha⁻¹, while USA and VAL presented values of 196 and 194 g a.e. ha⁻¹. Molecular analyses in surviving individuals indicate that resistance is associated with an increase in the copy number of the EPSPS gene, with no point mutations detected in the target protein. Shikimate content increased significantly in the sensitive populations, whereas no significant accumulation was observed in GAN and F1-GAN. This study constitutes the first reported case of *A. viridis* resistance to glyphosate in Europe.

Keywords: *Amaranthus*, citrus crops, EPSPS inhibitors, herbicide.

S4. O2. Nuevos casos de *Bromus madritensis* resistente a glifosato en cultivos de cereal en España

MANICARDI A¹, MORA G¹, JIMÉNEZ MARTÍNEZ C¹, MONTULL JM¹, LLENES JM², TORRA FARRÉ J^{1,*}

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Centro Agrotecnio-CERCA Universidad de Lleida, Lleida, España; ²Unidad de Malherbología, Servicio de Sanidad Vegetal, DARP, Generalitat de Catalunya, Lleida, España

(*E-mail: joel.torra@udl.cat)

El género *Bromus* spp. incluye diversas especies de malas hierbas ampliamente distribuidas tanto en cereales de invierno como en cultivos perennes. A nivel global, casi más de 40 especies de este género han desarrollado resistencia a diversos modos de acción herbicida incluyendo glifosato. *Bromus madritensis* L. es una especie anual, tetraploide, autopolinizada de la cual se ha descrito un solo caso de resistencia a los inhibidores de la EPSPS a nivel global en cultivos perennes. Sin embargo, el mecanismo de resistencia hasta ahora no se ha descrito y se sospecha que poblaciones resistentes puedan encontrarse también en otros tipos de cultivos como los cereales de invierno. En este trabajo se ensaya la respuesta a glifosato en cuatro poblaciones procedentes de campos de cereales en Cataluña. En un ensayo dosis-respuesta con glifosato tres de las cuatro poblaciones ensayadas sobreviven a la dosis recomendada de campo de 800 g ea ha⁻¹, con la presencia también de individuos supervivientes a 1600 g ea ha⁻¹. Dado el historial de presión de selección y la alta incidencia de plantas supervivientes, es razonable suponer que la resistencia en esta especie está en aumento en diferentes cultivos en España. Este escenario plantea un desafío importante para la agricultura española y europea, ya que supone una expansión y continua evolución de especies con resistencia a glifosato, una importante herramienta para el control de malas hierbas en campo.

Palabras clave: Bromo, inhibidores de la EPSPS, cereales de invierno, resistencia herbicida.

S4. O2. Increase in cases of glyphosate-resistant *Bromus madritensis* in cereal crops in Spain

The genus *Bromus* spp. includes several important weed species widely distributed in both winter cereals and perennial crops. Globally, more than 40 species of this genus have developed resistance to some herbicide mode of action, including glyphosate. *Bromus madritensis* is an annual, tetraploid, self-pollinating species for which only one case of resistance to EPSPS inhibitors has been described globally in perennial crops. However, the resistance mechanism has not yet been described, and it is suspected that resistant populations may also be found in other types of crops, such as winter cereals. This study tested the response to glyphosate in four populations from cereal fields in Catalonia. In a dose-response trial with glyphosate, three of the four tested populations survived the recommended field dose of 800 g ae ha⁻¹, with some individuals also surviving at 1600 g ae ha⁻¹. Given the history of selection pressure and the high incidence of surviving plants, it is reasonable to assume that resistance in this species is increasing in various crops in Spain. This scenario poses a significant challenge for Spanish and European agriculture, as it implies an expansion and continuous evolution of glyphosate-resistant species, a crucial tool for weed control in the field.

Keywords: Brome, EPSPS inhibitor, winter cereals, herbicide resistance.

S4. O3. Evolución temporal de resistencias tipo TSR en *Echinochloa* spp. en arroz en Extremadura (2019–2024)

MÉNDEZ GRANO DE ORO L¹, GARCÍA B¹, PAVÓN G¹, PÉREZ-ROSS FJ¹, GONZALEZ-VELAZQUEZ MM¹, SANTOS M¹, PALMERIN JA², OSUNA MD^{1,*}

¹Área de Protección Vegetal, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Guadajira, Badajoz, España; ²Servicio de Sanidad Vegetal, Junta de Extremadura, Don Benito, Badajoz, España

(*E-mail: mariadolores.osuna@juntaex.es)

La resistencia a herbicidas en *Echinochloa* spp. en arroz es un problema creciente a escala mundial, principalmente a inhibidores de *ALS* y *ACCase*, favorecidos por el uso reiterado de estos modos de acción y la escasa diversificación de prácticas de manejo. Extremadura se ha consolidado como una de las principales regiones arroceras de España, superando en la campaña 2025 las 20.000 hectáreas cultivadas. El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución temporal de resistencias de tipo TSR (*Target Site Resistance*) en poblaciones de *Echinochloa* spp. procedentes de parcelas con fallos de control, así como evaluar la persistencia potencial de las poblaciones mediante estudios de germinación de semillas. Para ello se emplearon semillas recolectadas en muestreos dirigidos realizados en campos de arroz de Extremadura durante dos años: 2019 y 2024. Las poblaciones fueron sometidas a análisis moleculares para la detección de mutaciones puntuales en los genes *ALS* y *ACCase*. Paralelamente, se evaluó la viabilidad de semillas almacenadas en esas fechas, mediante el porcentaje de germinación, para estimar la longevidad del banco de semillas. Los resultados evidenciaron cambios en el período estudiado, con alternancia en el predominio de mutaciones en los genes *ALS* o *ACCase* según campaña analizada. Esta evolución se correlacionó con los distintos historiales de manejo de las parcelas, especialmente en relación con el uso de herbicidas, la implantación de variedades tolerantes y las prácticas culturales aplicadas. Además, los resultados mostraron porcentajes de germinación superiores al 85% en numerosas poblaciones estudiadas incluso en las semillas del 2019.

Palabras clave: Herbicida, *ALS*, *ACCase*, mutación, germinación.

S4. O3. Temporal evolution of TSR resistance in *Echinochloa* spp. in rice crops in Extremadura (2019–2024)

Herbicide resistance in *Echinochloa* spp. in rice is a growing global problem, primarily involving *ALS* and *ACCase* inhibitors, driven by the repeated use of these modes of action and a lack of diversification in management practices. Extremadura has established itself as one of Spain's leading rice-growing regions, with more than 20,000 hectares under cultivation in the 2025 growing season. The objective of this study was to analyze the temporal evolution of TSR (*Target Site Resistance*) in populations of *Echinochloa* spp. from fields with control failures, as well as to evaluate the potential persistence of these populations through seed germination studies. To this end, seeds collected during targeted sampling in rice fields in Extremadura over two years—2019 and 2024—were used. The populations were subjected to molecular analyses to detect point mutations in the *ALS* and *ACCase* genes. Concurrently, the viability of seeds stored during those periods was assessed using germination rates to estimate the longevity of the seed bank. The results revealed changes over the study period, with alternating predominance of mutations in the *ALS* or *ACCase* genes depending on the growing season analyzed. This trend correlated with the different management histories of the plots, particularly regarding herbicide use, the introduction of tolerant varieties, and the cultural practices applied. Furthermore, the results showed germination rates exceeding 85% in numerous populations studied, including seeds from 2019.

Keywords: Herbicide; *ALS*; *ACCase*; mutation; germination.

S4. O4. Separación de los cuatro estereoisómeros de profoxidim y evaluación de su actividad herbicida

CERVANTES-DÍAZ A¹, SANTÍN-MONTANYÁ MI², ALONSO-PRADOS JL¹, SANDÍN-ESPAÑA P^{1,*}

¹Unidad de Productos Fitosanitarios, INIA-CSIC, Madrid, España; ²Departamento de Medioambiente y Agronomía, INIA-CSIC, Madrid, España

(*E-mail: sandin@inia.csic.es)

Aproximadamente el 30% de los plaguicidas actualmente utilizados son compuestos quirales cuyos estereoisómeros pueden diferir significativamente en su actividad biológica, toxicidad y comportamiento ambiental. Sin embargo, la mayoría se comercializa como mezcla racémica debido a la complejidad de su separación. La identificación del estereoisómero con mayor actividad herbicida podría representar una estrategia prometedora para reducir las dosis de aplicación y el impacto medioambiental. Profoxidim es un herbicida ampliamente utilizado en el cultivo del arroz para el control de *Echinochloa crus-galli*. Su molécula presenta dos centros quirales, dando lugar a cuatro estereoisómeros y se comercializa como mezcla de los cuatro. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un método eficaz mediante HPLC para la separación y aislamiento de los cuatro estereoisómeros de profoxidim y evaluar su actividad herbicida frente a *E. crus-galli*.

La separación quiral se optimizó evaluando distintos parámetros cromatográficos. Las condiciones óptimas se obtuvieron empleando una columna Chiralcel OJ-H y una fase móvil heptano/etanol (80:20, v/v) con 0,05 % de ácido fórmico, a un flujo de 0,7 mL min⁻¹ y 25 °C.

La actividad herbicida del patrón y de cada estereoisómero aislado se determinó mediante bioensayos de germinación. Aunque todos los estereoisómeros mostraron actividad herbicida, se observaron diferencias entre ellos siendo el 1 y 3 los de mayor actividad.

Este trabajo constituye un avance relevante en el análisis de plaguicidas quirales, proporcionando un método robusto para la separación y aislamiento de los estereoisómeros de profoxidim y facilitando futuros estudios sobre su comportamiento ambiental y toxicológico.

Palabras clave: Profoxidim, isómeros, actividad herbicida, cromatografía líquida, quiralidad.

S4. O4. Separation of the four stereoisomers of profoxydim and evaluation of their herbicidal activity

Approximately 30 % of the pesticides currently in use are chiral compounds whose stereoisomers can differ significantly in terms of their biological activity, toxicity and environmental behaviour. However, most are marketed as racemic mixtures due to the complexity of separating them. Identifying the stereoisomer with the highest herbicidal activity could represent a promising strategy for reducing application rates.

Profoxydim is an herbicide widely used in rice cultivation for the control of *Echinochloa crus-galli*. Its molecule has two chiral centres, giving rise to four stereoisomers. The aim of this study was to develop an effective HPLC method for the separation and isolation of the four stereoisomers and to evaluate their herbicidal activity against *E. crus-galli*. Chiral separation was optimised by evaluating different chromatographic parameters. Optimal conditions were obtained using a Chiralcel OJ-H column and a heptane/ethanol mobile phase (80:20, v/v) with 0.05% formic acid, at a flow rate of 0.7 mL min⁻¹ and 25 °C.

The herbicidal activity of the standard and of each isolated stereoisomer was determined using germination bioassays. Although all the stereoisomers exhibited herbicidal activity, differences were observed among them. This work represents a significant advance in the analysis of chiral pesticides, providing a robust method for the separation of profoxydim stereoisomers and ease future studies on their environmental and toxicological behavior.

Keywords: Profoxydim, isomers, herbicidal activity, liquid chromatography, chirality.

S4. O5. La resistencia múltiple en una población de *Lolium rigidum* de Navarra está vinculada a diferentes enzimas P450

TREBOL-AIZPURUA E^{1*}, IBÁÑEZ L¹, GIL-MONREAL M¹, ROYUELA M¹, ZABALZA A¹

¹Institute for Multidisciplinary Research in Applied Biology (IMAB), Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadía, Pamplona, España

(*E-mail: eneko.trebol@unavarra.es)

Lolium rigidum Gaud. es una de las malas hierbas más problemáticas en los cereales de la península ibérica. En España se han descrito numerosas poblaciones resistentes a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) y de la acetil-CoA carboxilasa (ACCase), dos grupos fundamentales en su control químico. La resistencia puede deberse a mutaciones en los genes diana o a mecanismos no asociados al sitio de acción (NTSR), como la metabolización del herbicida mediada por enzimas citocromo P450. En este estudio se evaluó una población de *L. rigidum* de Legaria (Navarra) para confirmar la resistencia múltiple y caracterizar los mecanismos implicados. Se evaluó el efecto sobre el crecimiento en bandejas, tubos de vidrio y macetas, y además se secuenciaron los genes ACCase y ALS. Los resultados confirmaron resistencia a herbicidas inhibidores de ALS (sulfonilureas) y ACCase (pinoxaden), evidenciando un claro patrón de resistencia múltiple. Además, se observó resistencia cruzada a inhibidores de ACCase del grupo FOP, mientras que la población resistente se comportó como sensible frente a los DIM y frente a la imidazolinona imazamox. La ausencia de mutaciones conocidas en los genes diana sugiere que la resistencia no está asociada al sitio de acción. En concordancia, los ensayos con inhibidores metabólicos mostraron una mayor sensibilidad de la población resistente a los herbicidas en presencia de piperonil-butóxido y malatión. Sin embargo, el efecto diferencial de ambos compuestos apunta a la implicación de distintas isoformas del citocromo P450 en la detoxificación, lo que sugiere la coexistencia de múltiples vías metabólicas dentro de la misma población, requiriendo estrategias de manejo diversificadas para evitar su expansión.

Palabras clave: Resistencia NTS, vallico, pinoxaden, sulfonilureas, malatión.

S4. O5. Multiple resistance in a *Lolium rigidum* population from Navarra is related to different P450 enzymes

Lolium rigidum Gaud. is one of the most problematic weeds in cereal crops on the Iberian Peninsula. In Spain, many populations resistant to acetolactate synthase (ALS) and acetyl-CoA carboxylase (ACCase) inhibiting herbicides have been reported. These are two key groups in the chemical control of this weed. Resistance can be related to mutations in the target genes or from non-target site resistance (NTSR) mechanisms, such as herbicide metabolism, frequently mediated by cytochrome P450 enzymes. In this study, a population of *L. rigidum* collected in Legaria (Navarra) was studied to evaluate multiple resistance and to characterise the mechanisms involved. The effect on growth was evaluated in trays, glass tubes, and pots, and the ACCase and ALS genes were sequenced. The results confirmed resistance to ALS inhibitors (sulfonilureas) and ACCase inhibitors (pinoxaden), showing a clear pattern of multiple resistance. Furthermore, cross-resistance to ACCase inhibitors of the FOP group was observed, whilst the resistant population behaved as sensitive to DIMs and to the imidazolinone imazamox. The absence of known mutations in the target genes suggests that resistance is not associated with the site of action. Consistent with this, experiments with metabolic inhibitors showed greater sensitivity of the herbicide-resistant population in the presence of piperonyl butoxide and malathion. However, the differing effects of the two compounds suggesting the coexistence of multiple metabolic pathways within the same population, thereby requiring diversified management strategies to prevent its spread.

Keywords: NTS resistance, ryegrass, pinoxaden, sulfonylureas, malathion.

S4. P1. Caracterización de la sensibilidad a glifosato en poblaciones de *Eleusine indica* procedentes de viñedos en Cataluña, España

MORA G¹, MENENDEZ J², MANICARDI A¹, RECASENS J¹, TORRA J^{1,*}

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Universidad de Lleida - Centro CERCA Agrotecnio, Lleida, España; ²Departamento Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Huelva, España

(*E-mail: joel.torra@udl.cat)

Eleusine indica (L.) Gaertn. es una gramínea C₄ cuya presencia ha aumentado en cultivos leñosos de España, favorecida por el riego localizado y por sistemas de manejo basados en control mecánico (siegas) y químico (tratamientos herbicidas) en la fila de cultivo. En 2021 se recolectaron semillas de dos poblaciones (R2 y R3) procedentes de viñedos de Raimat-Lleida (Cataluña), supervivientes a dosis de campo de glifosato (1.080 g ia ha⁻¹), y una población susceptible de referencia (S2), originaria de Lleida (Cataluña). Los ensayos de dosis-respuesta evidenciaron una reducción de la sensibilidad a glifosato en las poblaciones R2 y R3, que requirieron 8,3 y 6,9 veces más dosis, respectivamente, para reducir la biomasa aérea en un 50% (GR50 = 391,7 y 324,8 g ia ha⁻¹), en comparación con la población S2 (GR50 = 47,23 g ia ha⁻¹). Los valores de GR90 indicaron que la población S2 (995 g i.a. ha⁻¹) fue controlada eficazmente con la dosis recomendada en campo, mientras que R2 y R3 superaron este umbral (1.346 y 1.224 g ia ha⁻¹, respectivamente), comprometiendo el control a dosis comerciales. Los análisis moleculares no detectaron mutaciones ni amplificación del gen *EPSPS* asociadas a mecanismos de resistencia en el sitio de acción. En conjunto, los resultados sugieren una reducción incipiente de la sensibilidad a glifosato en las poblaciones R2 y R3, potencialmente asociada a mecanismos fuera del sitio de acción (NTSR), lo que refuerza la necesidad de estrategias de manejo integrado para limitar su intensificación.

Palabras clave: Dosis-respuesta, inhibidores de la EPSPS, resistencia incipiente, viñedos.

S4. P1. Characterization of glyphosate sensitivity in *Eleusine indica* populations from vineyards in Catalonia, Spain

Eleusine indica (L.) Gaertn. is a C₄ grass whose occurrence has increased in woody crops in Spain, favored by localized irrigation and management systems based on mechanical control (mowing) and chemical control (herbicide applications) within the crop row. In 2021, seeds were collected from two populations (R2 and R3) from vineyards in Raimat, Lleida (Catalonia, Spain) that had survived the recommended field rate of glyphosate (1,080 g ai ha⁻¹), together with a susceptible reference population (S2) collected in Lleida (Catalonia, Spain). Dose-response assays revealed reduced sensitivity to glyphosate in populations R2 and R3, which required 7.6- and 6.4-fold higher doses, respectively, to reduce aboveground biomass by 50% (GR50 = 435.6 and 365.8 g ai ha⁻¹), compared with population S2 (GR50 = 57.4 g ai ha⁻¹). GR90 values indicated that population S2 was effectively controlled at the recommended field rate, whereas R2 and R3 exceeded this threshold (1,346 and 1,224 g ai ha⁻¹, respectively), thereby compromising control at commercial rates. Molecular analyses did not detect mutations or amplification of the EPSPS gene associated with target-site resistance mechanisms. Overall, these results suggest an incipient reduction in glyphosate sensitivity in populations R2 and R3, potentially associated with non-target-site resistance (NTSR) mechanisms, highlighting the need for integrated management strategies to limit further intensification.

Keywords: Dose-response, EPSPS inhibitors, incipient resistance, vineyards.

S4. P2. Evaluación de la respuesta a herbicidas en poblaciones de *Echinochloa crus-galli* procedentes de campos de maíz de Extremadura

MENDEZ GRANO DE ORO L¹, DE SANTIAGO A¹, PALMERIN JA², OSUNA MD^{1,*}

¹Área de Protección Vegetal, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Guadajira, Badajoz, España; ²Servicio de Sanidad Vegetal, Junta de Extremadura, Don Benito, Badajoz, España

(*E-mail: mariadolores.osuna@juntaex.es)

El maíz es un cultivo estratégico en Extremadura por su extensión y relevancia económica, ocupando en la actualidad unas 27000 has. Aunque desde el 2019 se ha producido una disminución en la superficie debido, entre otros motivos a la caída de precios, así como al aumento de costes de producción. *Echinochloa crus-galli* es una de las malas hierbas más problemáticas en diferentes cultivos debido a su elevada plasticidad ecológica y capacidad para adaptarse a distintos manejos. En Europa se han documentado resistencias a inhibidores de ALS, ACCasa y fotosistema II, y en España se confirmó en 2019 el primer caso de resistencia a ALS en zonas de maíz.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de veintinueve poblaciones de *E. crus-galli*, muestreadas aleatoriamente en campos de maíz en Extremadura, frente a los herbicidas S-metolachloro, dimetenamida-P e isoxaflutol (preemergencia) y nicosulfurón (postemergencia). El ensayo se realizó en invernadero bajo condiciones controladas. Seis semanas tras la aplicación, se determinó la biomasa fresca de las plantas supervivientes, expresada como porcentaje respecto al testigo. La reducción de biomasa fresca se empleó como indicador de resistencia. Todas las poblaciones mostraron susceptibilidad a los herbicidas de preemergencia. Sin embargo, la respuesta a nicosulfurón fue variable: dieciocho poblaciones fueron susceptibles, ocho presentaron resistencia en desarrollo, dos mostraron resistencia moderada y una de ellas fue clasificada como altamente resistente.

Este estudio constituye la primera caracterización de malas hierbas resistentes en maíz en Extremadura. Los resultados evidencian la necesidad de implementar programas de monitorización continua y estrategias de manejo integrado.

Palabras clave: Pre-emergencia, resistencia, nicosulfurón, manejo integrado de malas hierbas.

S4. P2. Evaluation of the response to herbicides in populations of *Echinochloa crus-galli* from maize fields in Extremadura

Maize is a strategic crop in Extremadura due to its extent and economic importance, currently covering some 27,000 hectares. However, since 2019, there has been a decline in the area planted, due, among other reasons, to falling prices and rising production costs.

Echinochloa crus-galli is one of the most problematic weeds in various crops due to its high ecological plasticity and its ability to adapt to different management practices. In Europe, resistance to ALS, ACCase, and photosystem II inhibitors has been documented, and in Spain, the first case of ALS resistance in corn-growing areas was confirmed in 2019.

The objective of this study was to evaluate the response of twenty-nine populations of *E. crus-galli*, randomly sampled from corn fields in Extremadura, to the herbicides S-metolachlor, dimethenamid-P, and isoxaflutole (pre-emergence) and nicosulfuron (post-emergence). The experiment was conducted in a greenhouse under controlled conditions. Six weeks after application, the fresh biomass of the surviving plants was determined, expressed as a percentage relative to control. The reduction in fresh biomass was used as an indicator of resistance. All populations showed susceptibility to the pre-emergence herbicides. However, the response to nicosulfuron varied: eighteen populations were susceptible, eight showed developing resistance, two exhibited moderate resistance, and one was classified as highly resistant.

This study represents the first characterization of resistant weeds in maize in Extremadura. The results highlight the need to implement continuous monitoring programs and integrated management strategies.

Keywords: Pre-emergence, resistance, nicosulfuron, integrated weed management.

S4. P3. Comparación de la aptitud biológica de un biotipo de *Digitaria sanguinalis* resistente a herbicidas inhibidores de la ALS y otro sensible

MAS MT^{1,*}, VERDÚ AMC¹

¹Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, Barcelona España

(*E-mail: maite.mas@upc.edu)

Digitaria sanguinalis es una gramínea anual de verano, frecuente en cultivos de regadío, de la que se conocen biotipos con diferentes mecanismos de resistencia a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS). El objetivo del estudio fue comparar la aptitud biológica de dos biotipos de *D. sanguinalis*, uno con resistencia no debida al sitio de acción y uno sensible a los herbicidas inhibidores de la ALS. Para ello en 2024 se llevó a cabo un experimento en invernadero que partió de plántulas con dos hojas situadas en macetas. El experimento tuvo un diseño de 3 bloques aleatorizados con dos efectos principales: el biotipo (resistente o sensible) y la densidad de plantas por maceta (1 ó 2). Se obtuvo el día de floración, la biomasa aérea producida por individuo y el número de inflorescencias. El biotipo resistente tuvo una biomasa media mayor al sensible a densidad baja, pero menor a densidad alta, de manera que la pérdida media atribuible al efecto de la competencia fue de un 37 % en el biotipo resistente y de un 23 % en el sensible. La pérdida en peso de la fracción reproductiva fue de un 38 % y de un 5 %, y en número de inflorescencias de un 34 % y un 11 %. Los resultados permiten concluir que el biotipo resistente tendría menor capacidad competitiva que el sensible. Si se debiera al hecho de ser resistente, ello podría tener implicaciones en el manejo de las poblaciones de esta especie en campo.

Palabras clave: DIGSA, garranchuelo, capacidad reproductiva, competencia intraespecífica.

S4. P3. Comparison of the fitness between two biotypes of *Digitaria sanguinalis*, one resistant and the other sensitive to ALS-inhibiting herbicides

Digitaria sanguinalis is a summer annual grass, common in irrigated crops, for which biotypes with different resistance mechanisms to acetolactate synthase (ALS) inhibitor herbicides are known. The objective of this study was to compare the fitness of two *D. sanguinalis* biotypes: one non-target site resistant to ALS-inhibiting herbicides, and one sensitive. A greenhouse experiment was conducted in 2024, starting with two-leaf seedlings planted in pots. The experiment followed a randomized block design with two main effects: biotype (resistant or sensitive) and plant density (1 or 2 plants per pot). The flowering date the aboveground biomass produced per individual and the number of inflorescences were obtained. The resistant biotype had a higher mean biomass than the sensitive biotype at low density, but lower at high density, such that the average loss attributable to competition was 37 % in the resistant biotype and 23 % in the sensitive biotype. Weight loss in the reproductive fraction was 38 % and 5 %, respectively, and in the number of inflorescences was 34 % and 11 %, respectively. The results suggest that the herbicide-resistant biotype has lower competitive ability than the sensitive biotype. If this is due to its resistance, it could have implications for managing populations of this species in the field.

Keywords: DIGSA, large crabgrass, reproductive capacity, intraspecific competition.

S4. P4. Resistencia cruzada por metabolismo a distintos herbicidas inhibidores de ALS en *Amaranthus palmeri* y papel de las enzimas P450 y GSTs

TRÉBOL-AIZPURUA E¹, ROYUELA M¹, ZABALZA A¹, GIL-MONREAL M^{1,*}

¹Institute for Multidisciplinary Research in Applied Biology (IMAB), Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadía, Pamplona, España

(*E-mail: mirian.gil@unavarra.es)

La resistencia no relacionada con la diana (NTSR) en *Amaranthus palmeri* constituye un desafío creciente para la gestión de herbicidas. En las resistencias a herbicidas inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS), los mecanismos dependientes de la diana (TSR) suelen originarse por mutaciones puntuales en el gen ALS. Por el contrario, los mecanismos de resistencia no relacionados con la diana (NTSR), asociados a la metabolización del herbicida, implican procesos de detoxificación enzimática —principalmente mediados por citocromos P450 monooxigenasas (P450) y glutatión S transferasas (GSTs)— capaces de transformar o inactivar las moléculas antes de que alcancen su sitio de acción. Estos mecanismos NTSR pueden conferir resistencias de amplio espectro. Los objetivos del estudio fueron caracterizar la resistencia cruzada de una población (KSR) ya caracterizada como resistente a nicosulfuron por metabolización a través de P450 y GSTs frente a otros herbicidas inhibidores de ALS, incluyendo distintas familias químicas, y evaluar la participación de P450 y GSTs en la resistencia. La metodología combinó bioensayos en placas Petri, evaluando el crecimiento radicular tras tratamientos con tifensulfuron-metil e imazamox, con y sin inhibidores de P450 y GSTs, junto con ensayos hidropónicos. Los resultados mostraron que KSR es resistente también a otra sulfonilurea, tifensulfuron-metil. La aplicación de malatión, un inhibidor de P450 redujo de manera consistente la resistencia a tifensulfuron-metil, confirmando una fuerte implicación de este tipo de enzimas. La población KSR mostró una moderada resistencia a la imidazolinona imazamox, evidenciando resistencia cruzada entre familias químicas de inhibidores de ALS y basada en mecanismos NTS.

Palabras clave: Metabolización, imazamox, tifensulfuron-metil, nicosulfuron, P450.

S4. P4. Cross resistance to different ALS-inhibiting herbicides due to metabolism-based mechanisms and role of P450 and GST enzymes

Non-target-specific resistance (NTSR) in *Amaranthus palmeri* poses a growing challenge for herbicide management. In resistance to acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides, target-specific resistance (TSR) mechanisms are usually related to point mutations in the ALS gene. In contrast, non-target-site resistance (NTSR) mechanisms, associated with herbicide metabolism, involve enzymatic detoxification processes—primarily mediated by cytochrome P450 monooxygenases (P450) and glutathione S-transferases (GSTs)—capable of transforming or inactivating the herbicide before they reach their site of action. These NTSR mechanisms can confer broad-spectrum resistance. The objectives of the study were to characterise the cross-resistance of a population (KSR) (already characterised as resistant to nicosulfuron via metabolism by P450 and GSTs) against other ALS-inhibiting herbicides, including different chemical families, and to evaluate the involvement of P450 and GSTs in resistance. The methodology combined Petri dish bioassays, evaluating root growth following treatments with thifensulfuron-methyl and imazamox, with and without P450 and GST inhibitors, alongside hydroponic assays. The results showed that KSR is also resistant to thifensulfuron-methyl, another sulfonilurea herbicide. The application of malathion, a P450 inhibitor, consistently reduced resistance to thifensulfuron-methyl. The KSR population showed moderate resistance to the imidazolinone imazamox, indicating cross-resistance between the chemical classes of ALS inhibitors due to NTS-based mechanisms.

Keywords: Metabolism, imazamox, thifensulfuron-methyl, nicosulfuron, P450.



SESIÓN S5

Biología y manejo de especies invasoras

S5. O1. Evaluación de la eficacia sobre *Amaranthus palmeri* y la selectividad en maíz del herbicida Diflufenican y sus mezclas

MONTULL JM^{1,*}, LLOP JM¹, LLENES JM²

¹Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Centro Agrotecnio-CERCA Universidad de Lleida, Lleida, España; ² Unidad de Malherbología, Servicio de Sanidad Vegetal, DARP, Generalitat de Catalunya, Lleida, España

(*E-mail: josemaria.montull@udl.cat)

Amaranthus palmeri es una mala hierba invasora que afecta a cultivos de verano como el maíz. Esta especie ha desarrollado resistencia a la mayor parte de familias químicas actualmente autorizadas. Asimismo, es importante poder ofrecer alternativas de tratamiento a técnicos y agricultores. Es por esto que en el momento que se vio que un formulado del herbicida diflufenican estaba autorizado en el cultivo del maíz se planteó la posibilidad de recomendarlo para el control de esta mala hierba. Al tratarse de un herbicida residual utilizado en preemergencia del cultivo se desconocía la eficacia y la selectividad si se utilizaba en combinación con otros herbicidas persistentes eficaces para el control de esta mala hierba. Así, el objetivo del trabajo es evaluar la eficacia y selectividad de varias mezclas de diflufenican y otros herbicidas frente a *A. palmeri*.

Se plantea un ensayo en macetas, en invernadero, y se evalúa diflufenican solo y en mezcla a dosis máxima autorizada como referencia (1X), a un medio de la dosis (0,5X) y al doble de la dosis (2X) simulando un solape. Los resultados obtenidos muestran que la eficacia ha sido cercana al 100% ya con diflufenican aplicado solo a 0,5X y la selectividad buena cuando se aplican los tres herbicidas en mezcla a dosis 1X. Sin embargo, la mezcla de los 3 herbicidas a la dosis 2X ha mostrado síntomas de fitotoxicidad, aunque tolerables. Así, el uso del herbicida diflufenican en maíz se considera suficientemente seguro y ofrece una alternativa de tratamiento muy eficaz para el control de *A. palmeri* sensible o incluso resistente a otros mecanismos de acción.

Palabras clave: Diflufenican, *Amaranthus palmeri*, selectividad, eficacia.

S5. O1. Efficacy on *Amaranthus palmeri* and selectivity in maize of diflufenican and its herbicide mixtures

Amaranthus palmeri is an invasive weed that affects summer crops such as corn. This species has developed resistance to most chemical families currently authorized for this crop; therefore, it is essential to identify all possible alternatives to improve management and reduce the risk of further resistance development. Furthermore, it is important to offer treatment alternatives to technicians and farmers.

Based on trials conducted by the Plant Health Service of the Generalitat de Catalunya, the efficacy of diflufenican against *A. palmeri* was already known. Consequently, once a specific formulation of the herbicide diflufenican was authorized for corn, the possibility of recommending it for the control of this weed was raised.

As it is a residual herbicide used in pre-emergence, its efficacy and selectivity when used in combination with other persistent herbicides effective against this weed were unknown. Thus, the objective of this work is to evaluate the efficacy and selectivity of various mixtures of diflufenican and other herbicides against *A. palmeri*.

A greenhouse pot trial was conducted to evaluate diflufenican both alone and in mixture with isoxaflutole and dimethenamid-P. Application rates included the maximum registered dose (1X), half the dose (0.5X), and double the dose (2X) to simulate spray overlap. The results indicate that efficacy reached nearly 100% even with diflufenican applied alone at 0.5X, while crop selectivity was high when the three-way mixture was applied at the 1X dose. However, the three-herbicide mixture at the 2X dose exhibited symptoms of phytotoxicity, though these remained within tolerable levels. In conclusion, the use of diflufenican in maize is considered sufficiently safe and offers a highly effective treatment alternative for controlling *A. palmeri*, whether sensitive or resistant to other modes of action.

Keywords: Diflufenican, *Amaranthus palmeri*, selectivity, efficacy.

S5. O2. La amenaza silenciosa avanza: perfil de resistencia del *Amaranthus palmeri* recién detectado en Navarra

ALFONSO-CAMPILLO A¹, GIL-MONREAL M¹, TREBOL-AIZPURUA E¹, MARÍ A², GARNICA I³, ROYUELA M¹, ZABALZA A^{1,*}

¹Instituto de Investigación Multidisciplinar en Biología Aplicada (IMAB), Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadía, Pamplona, España; ²Dpto. SAFMA, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España; ³Experimentación y fincas, INTIA, Tudela, España

(*E-mail: ana.zabalza@unavarra.es)

Amaranthus palmeri es una de las malas hierbas invasoras más problemáticas para la agricultura española, especialmente en cultivos estivales como el maíz, debido a su rápido crecimiento, alta producción de semillas y fuerte competencia por recursos. Detectada por primera vez en España en 2007 fuera de campos de cultivo (Huesca y Lleida), se ha expandido con rapidez desde 2018 por las principales zonas maiceras y otras regiones, incluyendo Extremadura. En otoño de 2025 se confirmó su presencia por primera vez en el sur de Navarra. La preocupación aumenta porque esta especie suele introducirse con resistencias a herbicidas, sobre todo a los inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS) y, en algunos casos, al glifosato o con resistencias múltiples, como ya se ha observado en Cataluña y Aragón. En este contexto, se recolectaron semillas de cuatro parcelas navarras infestadas para evaluar su crecimiento y su respuesta a glifosato y a los inhibidores de ALS: la imadazolinona imazamox y la sulfonilurea tifensulfurón-metil. Los ensayos mostraron que todas las poblaciones fueron sensibles al glifosato, ya que todas las plantas tratadas murieron y se acumuló siquimato en pruebas de discos foliares, descartándose resistencia a este herbicida. Sin embargo, tres de las cuatro poblaciones evaluadas mostraron resistencia a inhibidores de ALS, con patrones diferentes: dos resistentes a ambos herbicidas y una resistente solo a tifensulfurón-metil. Aún queda por determinar el mecanismo de resistencia, pero los resultados confirman que *A. palmeri* llega a Navarra con resistencias establecidas, lo que exige especial cautela en su manejo.

Palabras clave: Glifosato, tifensulfurón-metil, imazamox, resistencia, invasora.

S5. O2. The silent threat advances: resistance profile of the *Amaranthus palmeri* populations recently detected in Navarre (Spain)

Amaranthus palmeri is one of the most problematic invasive weeds for Spanish agriculture, particularly in summer crops such as maize, due to its rapid growth, high seed production and its high competitiveness for resources. First detected in Spain in 2007 (Huesca and Lleida), it has spread rapidly since 2018 across the main maize-growing areas and other regions, including Extremadura. In autumn 2025, its presence was confirmed for the first time in the south of Navarre. The problem is exacerbated because this species is often introduced with herbicide resistance, particularly to acetolactate synthase (ALS) inhibitors and, in some cases, to glyphosate, or with multiple resistances, as has already been observed in Catalonia and Aragon. In this context, seeds were collected from four infested plots in Navarre to assess their response to glyphosate and to the ALS inhibitors: the imidazolinone imazamox and the sulfonilurea thifensulfuron-methyl. The trials showed that all populations were sensitive to glyphosate, as all treated plants died and shikimate was accumulated in glyphosate-incubated leaf discs, discarding resistance to this herbicide. However, three of the four populations that were evaluated showed resistance to ALS inhibitors, with different patterns: two were resistant to both herbicides and one was resistant only to thifensulfuron-methyl. The mechanism resistance has yet to be determined, but the results confirm that *A. palmeri* has arrived in Navarre with established resistance, which requires particular caution in its management.

Keywords: Glyphosate, thifensulfuron-methyl, imazamox, resistance, invasive.

S5. O3. Seguimiento y gestión de plantas invasoras en un olivar silvestre de alto valor en Lisboa (Portugal)

AGUIAR FC^{1,*}, FORTE P², FERREIRA V², CABRAL AIR¹

¹Forest Research Centre, School of Agriculture, Associate Laboratory TERRA, University of Lisbon, Lisbon, Portugal; ²School of Agriculture, University of Lisbon, Lisbon, Portugal

(*E-mail: fraguiar@isa.ulisboa.pt)

La Reserva Botánica Natural Dom António Xavier Pereira Coutinho, ubicada en Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal, ha sido fuertemente afectada por especies exóticas invasoras (EEI), particularmente *Opuntia stricta*, *Opuntia ficus-indica* y *Chasmanthe aethiopica*. Establecida en 1923, la reserva de c. 5 ha es un remanente del acebuchal típico de la región de Lisboa. A pesar de su pequeño tamaño, alberga flora y fauna endémicas, así como otros taxones de alto valor para la conservación, lo que la convierte en un hábitat importante para la investigación ecológica, la conservación y la educación ambiental. Durante las últimas dos décadas, los repetidos esfuerzos de control mecánico y químico no lograron contener a largo plazo las poblaciones de EEI. En 2024, la Reserva recibió apoyo del Fondo Ambiental para la Acción Climática, lo que permitió la remoción de poblaciones de especies invasoras y el desarrollo de un marco de monitoreo y gestión a largo plazo para las comunidades vegetales nativas y exóticas. Los trabajos de campo realizados en 2024, 2025 y 2026 utilizaron una cuadrícula sistemática de puntos con un espaciamiento de 30 m para evaluar la vegetación antes y después de las acciones de control. Estos estudios se complementaron con análisis derivados de UAV (vehículos aéreos no tripulados) para evaluar el estado de la vegetación y seguir la eficacia de la remoción de EEI. En total, se retiraron 480 m³ de biomasa de *Opuntia* spp. y *C. aethiopica*, promoviendo la restauración pasiva y los primeros signos de recuperación del hábitat. Sin embargo, la riqueza y diversidad florísticas siguen siendo inferiores a los niveles registrados en los estudios de la década de 1940. El rebrote renovado de EEI detectado a finales de 2025 motivó acciones adicionales de control basadas en voluntariado, destacando la importancia del monitoreo continuo, la gestión adaptativa y la integración de estudios de campo con técnicas de teledetección.

Palabras clave: Invasión, control, reserva natural, dinámica de la vegetación, teledetección.

S5. O3. Monitoring and managing invasive plants in a high-value wild olive grove, Lisbon, Portugal

The Natural Botanical Reserve Dom António Xavier Pereira Coutinho, located in Tapada da Ajuda, Lisbon, Portugal, has been strongly affected by invasive alien plant species (IAS), particularly *Opuntia stricta*, *Opuntia ficus-indica*, and *Chasmanthe aethiopica*. Established in 1923, the c. 5-ha reserve is a remnant of the wild olive woodland (*zambujal* in the Portuguese language) typical of the Lisbon region. Despite its small size, it hosts endemic flora and fauna, as well as other taxa of high conservation value, making it an important site for ecological research, conservation, and environmental education. Over the past two decades, repeated mechanical and chemical control efforts failed to achieve long-term containment of IAS populations. In 2024, the Reserve received support from the Environmental Fund for Climate Action, enabling invasive species removal and the development of a long-term monitoring and management framework for native and alien plant communities. Field surveys conducted in 2024, 2025 and 2026 used a systematic grid of points with a 30-m spacing to assess vegetation before and after control actions. UAV-derived analyses complemented these surveys to evaluate vegetation conditions and track the effectiveness of IAS removal. A total of 480 m³ of biomass from *Opuntia* spp. and *C. aethiopica* was removed, promoting passive restoration and early signs of habitat recovery. However, floristic richness and diversity remain below levels recorded in surveys from the 1940s. Renewed IAS regrowth detected in late 2025 prompted additional volunteer-based control actions, highlighting the importance of continuous monitoring, adaptive management, and integrating field surveys with remote sensing techniques.

Keywords: Invasion, control, natural reserve, vegetation dynamics, remote sensing.

S5. O4. Caracterización ambiental de la dinámica espacial y distribución de *Amaranthus palmeri* a escala nacional

LÁZARO-LÓPEZ A¹, RUEDA-AYALA C¹, PEÑA JM², LOBATO-VEGA N¹, MARÍ-LEÓN AI³, LLENES JM⁴, OSUNA MD⁵, RODRÍGUEZ MARTÍN JA¹, DE CASTRO A^{1,*}

¹Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, España; ²Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC). Madrid, España; ³Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medioambiente, Zaragoza, España; ⁴Servicio de Sanidad Vegetal, Generalitat de Catalunya, Lleida, España; ⁵Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, Protección Vegetal, Badajoz, España

(*E-mail: ana.decastro@csic.es)

Las infestaciones de *Amaranthus palmeri* suponen una grave amenaza para el rendimiento de los cultivos y la biodiversidad de los ecosistemas debido a su alta tasa de crecimiento, plasticidad ecológica y habilidad para desarrollar resistencia a herbicidas. Su presencia ha sido reportada en varios países de la cuenca mediterránea, incluyendo España. Ante este desafío, es fundamental disponer de herramientas de detección rápida y de gran cobertura espacial. El presente trabajo persigue identificar los factores ambientales clave que influyen en la presencia y propagación de *A. palmeri*, monitorear su expansión y definir las áreas agrícolas de mayor riesgo potencial mediante modelización geoespacial. Para ello, se calcularon parámetros morfométricos, hidrológicos y climáticos derivados del modelo digital del terreno, series climáticas y de imágenes de teledetección en forma de matrices de superficies continuas. Posteriormente, se realizaron análisis multivariados y se modelizó la distribución potencial mediante modelos ecológicos de presencia. Esta metodología se basa en técnicas de *Big Data*, teledetección y Sistemas de Información Geográfica, considerando las limitaciones derivadas de los efectos borde en el cálculo de las superficies, así como las agregaciones temporales de series de tiempo multiescala, con el fin de facilitar su adaptación a diferentes escenarios de escala y resolución. Esta novedosa aproximación permite establecer relaciones entre la dinámica geoespacial de *A. palmeri* y factores ambientales y agrícolas, identificando áreas potenciales de distribución a través de predicciones basadas en mapas de riesgo de infestación. La metodología desarrollada resulta esencial para establecer medidas de prevención, contribuyendo tanto a la reducción del uso de herbicidas como a la preservación de la biodiversidad.

Palabras clave: Mapa de riesgo, modelización ambiental, *Big Data*, SIG, teledetección.

S5. O4. Environmental characterization of the spatial dynamics and distribution of *Amaranthus palmeri* throughout Spain

Amaranthus palmeri infestations pose a serious threat to crop yields and ecosystem biodiversity due to their high growth rate, ecological plasticity, and ability to develop herbicide resistance. It has been reported in several countries in the Mediterranean Basin, including Spain. In light of this challenge, it is key to develop fast detection tools with broad spatial coverage. This study aims to identify the key environmental factors influencing the presence and spread of *A. palmeri*, monitor its expansion, and define the agricultural areas of greatest potential risk through geospatial modelling. To this end, morphometric, hydrological, and climatic parameters were calculated from the digital elevation model, climate time series, and remote sensing imagery in the form of continuous surface matrices. Multivariate analyses and potential distribution modelling were then performed using an ecological only-presence model, MaxEnt. This methodology integrates Big Data, remote sensing, and Geographic Information Systems (GIS) techniques, and takes into account the limitations of edge effects in the areas of interest and the temporal aggregations of time series to adapt it to different scale and resolution scenarios. This innovative approach provides a way to connect the geospatial dynamics of *A. palmeri* with environmental and agricultural factors, identifying potential areas of distribution through predictions based on infestation risk maps. This methodology is instrumental in establishing preventive measures, helping both to reduce herbicide use and to preserve biodiversity.

Keywords: Risk mapping, environmental modeling, Big Data, GIS, remote sensing.

S5. O5. Discriminación de *Amaranthus palmeri*, *A. hybridus* y *A. retroflexus* a lo largo de su ciclo fenológico mediante información espectral

RUEDA-AYALA C¹, PEÑA JM², DORADO J², CAMPOS D², LOBATO-VEGA N¹, ANDÚJAR D³, DE CASTRO A^{1,*}

¹Departamento de Medio Ambiente y Agronomía, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, España; ²Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICAC-SIC), Madrid, España; ³Centro de Automática y Robótica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Arganda del Rey, Madrid, España

(*E-mail: ana.decastro@csic.es)

La detección temprana y precisa de *Amaranthus palmeri* S. Watson es prioritaria para su manejo localizado en agroecosistemas, donde esta invasora supone una amenaza por su elevada competitividad, abundante producción de semillas y rápida evolución de resistencia a herbicidas. Esta problemática se agrava en estados iniciales de desarrollo, cuando *A. palmeri* presenta una morfología similar a otras malas hierbas comunes en cultivos españoles, como *A. hybridus* y *A. retroflexus*, dificultando su identificación y la aplicación oportuna de medidas de control.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la capacidad de discriminación de las tres especies de *Amaranthus* en estados fenológicos tempranos a partir de firmas espectrales foliares adquiridas con espectrorradiómetro de campo, así como estimar el potencial de uso de sensores multispectrales, mediante el remuestreo de dichas firmas a sus bandas multispectrales. Para ello, se adquirieron firmas hiperespectrales (400–2500 nm) foliares de *A. palmeri*, *A. hybridus* y *A. retroflexus* en varios estados de desarrollo con espectrorradiómetro de campo en condiciones controladas. El análisis se realizó siguiendo varios enfoques: 1) valores espectrales promediados a un ancho de 10 nm, 2) curva de ajuste mediante segunda derivada de Savitzky-Golay (SG-d2) cada 10 nm y 3) remuestreo (simulación) del sensor multispectral MicaSense RedEdge-P Dual. Los resultados mostraron la capacidad de discriminación entre las especies *A. hybridus*, *A. palmeri* y *A. retroflexus* en estados muy tempranos de desarrollo con información espectral, si bien, ésta varió con el desarrollo de la planta. En particular, se evidenció el potencial del sensor MicaSense RedEdge-P Dual para discriminar estas especies a los 34 días después de la siembra.

Palabras clave: Agricultura de precisión, invasoras, teledetección, espectroradiometría, detección temprana.

S5. O5. Environmental characterization of the spatial dynamics and distribution of *Amaranthus palmeri* throughout Spain

Early and accurate detection of *Amaranthus palmeri* S. Watson is a priority for site-specific management in agroecosystems, where this invasive weed poses a major threat due to its high competitiveness, prolific seed production, and rapid evolution of herbicide resistance. This challenge is particularly relevant at early growth stages, when *A. palmeri* exhibits morphological similarities to other common weed species in Spanish cropping systems, such as *A. hybridus* and *A. retroflexus*, thereby hindering reliable identification and the timely implementation of control measures.

The objective of this study was to evaluate the discriminatory capacity among these three *Amaranthus* species at early phenological stages based on leaf spectral signatures acquired with a field spectroradiometer and to assess the potential use of multispectral sensors by resampling these signatures to their multispectral bands. To this end, leaf hyperspectral signatures (400–2500 nm) of *A. palmeri*, *A. hybridus*, and *A. retroflexus* were acquired at different developmental stages using a field spectroradiometer under controlled conditions. The analysis followed several approaches: spectral reflectance values averaged to a 10 nm bandwidth, the Savitzky-Golay second derivative (SG-d2) at 10 nm, and spectral resampling to simulate the widely used commercial multispectral sensor MicaSense RedEdge-P Dual. The results demonstrate that spectral information enables discrimination among *A. hybridus*, *A. palmeri*, and *A. retroflexus* at very early developmental stages, although discriminatory performance varied according to plant development. In particular, the findings highlight the potential of the MicaSense RedEdge-P Dual sensor to discriminate these species at 34 days after sowing.

Keywords: Precision agriculture, invasive weeds, remote sensing, spectroradiometry, early detection.

S5. P1. Primeiros registos de *Amaranthus palmeri* S. Wats em campos de milho em Portugal

CALHA IM¹, PORTUGAL J^{2,3,*}

¹Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Oeiras, Portugal; ²Departamento de Bio-ciências, Instituto Politécnico de Beja, Beja, Portugal; ³MED Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE Global Change and Sustainability, Évora, Portugal

(*E-mail: jportugal@ipbeja.pt)

A identificação da presença da espécie *Amaranthus palmeri* S. Watson em Portugal Continental representa uma ameaça de “risco elevado” para os agroecossistemas nacionais. Identificada como uma das infestantes mais problemáticas e economicamente prejudiciais a nível global, a espécie foi recentemente detetada em campos de milho na região do Ribatejo e Alentejo. A sua dispersão assenta numa combinação de características bioecológicas que são particularmente favoráveis à sua dispersão e por desenvolver facilmente resistência a múltiplos herbicidas. A natureza dióica da planta implica que a polinização seja cruzada e a rápida disseminação de genes de resistência adquirida aos herbicidas, tornando o controlo químico uma estratégia insustentável a longo prazo. A rápida expansão em Espanha, onde a espécie foi detetada em 2007 e a existência de populações resistentes a famílias de herbicidas relevantes como são os inibidores de ALS e o glifosato, servem de alerta para o potencial evolutivo desta infestante em Portugal. Na fase atual a abordagem ao problema deve ser dada à erradicação dos focos iniciais para prevenir o estabelecimento e a dispersão generalizada. A inação poderá resultar em perdas de rendimento significativas e em desafios económicos e de gestão de longo prazo.

Palavras chave: Crescimento rápido, disseminação, resistência a herbicidas, tolerância zero.

S5. P1. First records of *Amaranthus palmeri* S. Wats in maize fields in Portugal

The identification of the presence of the species *Amaranthus palmeri* S. Watson in Portugal poses a ‘high-risk’ threat to national agroecosystems. Identified as one of the most problematic and economically damaging weeds globally, the species was recently detected in maize fields in the Ribatejo and Alentejo regions. Its spread is based on a combination of bioecological characteristics that are particularly conducive to its dispersal and its ability to readily develop resistance to multiple herbicides.

The dioecious nature of the plant requires cross-pollination and facilitates the rapid spread of herbicide resistance genes, making chemical control an unsustainable strategy in the long term. Its expansion in Spain, where the species was detected in 2007, revealed the rapid emergence of resistant populations within key herbicide families such as ALS inhibitors and glyphosate, serving as a warning of this weed’s potential evolution in Portugal.

At this stage, the approach to the problem should focus on the eradication of initial outbreaks to prevent establishment and widespread dispersal. Inaction could result in significant yield losses and long-term economic and management challenges.

Keywords: Rapid growth, spread, herbicide resistance, zero tolerance.

S5. P2. *Amaranthus tuberculatus* potencial ameaça de culturas regadas em Portugal

CALHA IM^{1,2*}, TORRA J³, PORTUGAL J^{4,5}

¹Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Oeiras, Portugal; ²Green-IT Sustainability for Crops, Universidade Nova, Oeiras, Portugal; ³Universidad de Lleida, Lleida, España; ⁴Departamento de Biociências, Instituto Politécnico de Beja, Beja, Portugal; ⁵ MED Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE Global Change and Sustainability, Évora, Portugal

(*E-mail: isabel.calha@iniav.pt)

Amaranthus tuberculatus (Mog.) J. D. Sauer é considerado como sinónimo de *Amaranthus rudis* J. D. Sauer, com base no facto de representarem os extremos morfológicos do continuum de uma única espécie. *Amaranthus tuberculatus* var. *tuberculatus* é o objeto deste estudo e será designada, de forma abreviada, por *A. tuberculatus*. *A. tuberculatus* é uma planta herbácea, anual e invasora em ecossistemas temperados. Cresce habitualmente em zonas húmidas e margens de rios (nome comum «waterhemp»), mas pode invadir campos irrigados de culturas de primavera. Nos EUA, esta espécie foi detectada em plantações de milho e soja, bem como terrenos baldios. Características como crescimento rápido, o transporte do pólen pelo ar e dispersão das sementes pela água são fatores que facilitam a invasão desta espécie em novos habitats. Além disso, cada planta produz um grande número de sementes pequenas (35.000-1.200.000), que são dispersas com sucesso através de margens de rios e canais de irrigação, uma vez que tanto as sementes como os frutos flutuam facilmente. Atualmente, é considerada uma infestante muito problemática nos EUA, cada vez mais difícil de controlar devido à evolução de resistência aos herbicidas nos últimos 10 anos. A nível mundial, existem populações resistentes a sete modos de ação diferentes, com resistência única ou múltipla a inibidores de ALS, PSII, EPSP, PPO e VLCH, bem como a inibidores de HPPO (apenas resistência múltipla). Na Europa, está atualmente naturalizada nos países nórdicos e da Europa-central, Rússia e Ucrânia, nas Balcãs, nos países mediterrânicos, em particular Itália, Espanha e agora Portugal. Foi detetada pela primeira vez em 2024 na bacia do Tejo (Ribatejo, Centro de Portugal), ao longo das margens dos rios Tejo, Almonda e Sorraia. Até ao momento, não há relatos da presença da espécie em campos de milho. No entanto, no Ribatejo, a proximidade das margens dos rios torna o *A. tuberculatus* uma grande ameaça para as culturas de primavera, com o desafio da invasão de populações já resistentes a vários herbicidas. Esta espécie e *A. palmeri* (recentemente introduzido em Portugal) são as duas únicas espécies dioicas de *Amaranthus* em Portugal e podem ser facilmente distinguidas, na maturidade, de outras espécies monóicas. Apresenta-se a sua caracterização morfológica de *A. tuberculatus*, a sua distribuição e os riscos que representa para Portugal.

Palavras chave: Infestante, planta invasora, *Amaranthus*, Portugal, galerias ripícolas, resistência.

S5. P2. *Amaranthus tuberculatus* a potencial threat to irrigated crops in Portugal

Amaranthus tuberculatus (Mog.) J. D. Sauer is synonymy of *Amaranthus rudis* J.D. Sauer on the basis that they represent the morphological extremes of a simple species continuum. The variety under study is *Amaranthus tuberculatus* var. *tuberculatus*. *A. tuberculatus* is a herbaceous, annual, invasive weed in temperate ecosystems. It commonly grows in wetlands and river banks (common name ‘waterhemp’) but could invade irrigated fields of Spring crops. In The US this species has been recorded invading maize and soybean plantations as well as waste places. Features such as fast-growing, weed behaviour, airborne pollen, and water dispersed seeds are facts facilitating the invasion of this species into new habitats. In addition each plant produces large number of small seeds (35,000-1,200,000), which are successfully dispersed through water banks and irrigation channels as both seeds and fruits can float easily. Currently, it is considered a very troublesome weed in US, where it become increasingly difficult to control during the last past 10 years due to herbicide resistance. Worldwide, there are populations resistant to seven different modes of action with single or multiple resistance to ALS-, PSII-, EPSP-, PPO- and VLCH-inhibitors and also to HPPO-inhibitors (only multiple resistance). In Europe, it is currently naturalized in Italy, Croatia, Serbia, Spain, Israel and now Portugal. It was first detected in 2024 in Tagus basin (Ribatejo, Center Portugal), along river banks of Tagus, Almondegas and Sorraia. So far, there are no reports of the species inside crop fields. However in Ribatejo, the vicinity of water banks makes *A. tuberculatus* a major threat to Spring crops with the challenge of invasion of populations already resistant to several herbicides. *A. tuberculatus* and *A. palmeri* (recently introduced in Portugal) are the two only dioecious *Amaranthus* species in Portugal and could be easily distinguished at maturity from other monoecious species. The morphological characterization and distribution of *A. tuberculatus* in Portugal is presented.

Keywords: Alien plant species, Amaranth, waterhemp, Portugal, riparian habitats, weed.

Acreditación BPE 87/14

- Ensayos de eficacia/selectividad.
- Ensayos OPEX (exposición al operario y transeúnte).
- Ensayos Deriva medioambiental (Drift).
- Aplicaciones **terrestres** como con **UAS** (dron).
- Campos demostrativos.
- A nivel nacional (Andalucía, Extremadura y Castilla Y León)

“Le ayudamos a desarrollar sus soluciones para el campo”

Axial® Pro



**EL HERBICIDA LÍDER
EN EL CONTROL
DE HOJA ESTRECHA
PARA TODO EL CEREAL
EFICAZ, FLEXIBLE
Y SEGURO**



© Syngenta. Todos los derechos reservados.
™ y ® son marcas comerciales del
Grupo Syngenta.

Use los productos fitosanitarios de manera segura.
Lea siempre la etiqueta y la información sobre el
producto antes de usarlo.

PROTECCIÓN **360°** PARA CEREAL

Axial® Pro

syngenta.

Promise®
HERBICIDA

SUMITOMO CHEMICAL
Creative Hybrid Chemistry
For a Better Tomorrow

**Control sostenible
y duradero de
malas hierbas.**

**Comprometidos
con el Olivo.**

KENOGARD
CULTIVAMOS LA INVESTIGACIÓN · 研究を創る
by SUMITOMO CHEMICAL

HERBICIDA
Select® NG

La originalidad no se copia. Evoluciona

EVOLUCIÓN DE TERCERA GENERACIÓN

Máxima eficacia contra malas hierbas gramíneas, incluso en escenarios de resistencias
Evolución de la originalidad, formulación lista para usar con gran poder de disolución y estabilidad
Máxima sostenibilidad y eficiencia, lo que ofrece una rentabilidad optimizada para el agricultor
Seguridad en la aplicación y selectividad total para el cultivo
Ampliación de usos en cultivos clave



Escanee para
ver nuestro
catálogo



@upl_beria

UPLberia

@upl_beria

www.uplcorp.com/es

Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales. Use los productos fitosanitarios de manera segura. Lea siempre la etiqueta del producto antes de usarlo.

UPL



INNOVACIÓN GLOBAL PARA UNA AGRICULTURA QUE NO DEJA DE CRECER

Creamos soluciones avanzadas para proteger los cultivos y **mejorar el rendimiento de la agricultura.**

Innovación, tecnología y conocimiento técnico se combinan para desarrollar productos eficaces, competitivos y preparados para responder a los **retos reales del campo.**



100+
países



3
centros de I+D



380+
patentes



5.000+
formulaciones



9.400+
registros

#GrowingTogether

rainbowagro.com



Protegiendo esta campaña. Preparado para la siguiente.



Desarrollamos soluciones agrícolas contrastadas y respaldadas por la ciencia, diseñadas para responder a las necesidades de cada agricultor y del cultivo.



Avadex[®] Factor

Tu cinturón de seguridad frente a las malas hierbas

La elección natural contra las resistencias

Gowan[®]
ESPAÑA





NOTAS

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible][illegible]

[illegible]