

# Estrategias agroecológicas para el manejo sostenible de malas hierbas en cultivos europeos de relevancia económica (AGROSUS)

## Agroecological strategies for sustainable weed management in key European crops

Adela M. Sánchez-Moreiras<sup>1,3,\*</sup>, Yedra Vieites-Álvarez<sup>1,3</sup>, David Fernández Calviño<sup>2,3</sup>, Claudia Campillo<sup>2,3</sup>, Pablo Gonzalez-de-Santos<sup>4</sup>, Tamara Rodríguez Silva<sup>5</sup>, Tetiana Fedoniuk<sup>6</sup>, Agnieszka Synowiec<sup>7</sup>, Miguel Ângelo Almeida Pinheiro de Carvalho<sup>8</sup>, Andrea Vityi<sup>9</sup>, Fabrizio Araniti<sup>10</sup>, Javier Nacher<sup>11</sup>, İbrahim Bolat<sup>12</sup>, Raúl Zornoza<sup>13</sup>, Mercedes Verdeguer<sup>14</sup>, Merrit Shanskiy<sup>15</sup>, Holger Reinhardt-Weik<sup>16</sup>, Helgi Jóhannesson<sup>17</sup> & Liliana Piron<sup>18</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Vigo, Faculdade de Biología, Vigo, España

<sup>2</sup> Universidade de Vigo, Faculdade de Ciências, Ourense, España

<sup>3</sup> Instituto de Agroecología y Alimentación (IAA) de la Universidade de Vigo, Vigo, España

<sup>4</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España

<sup>5</sup> Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA), Santiago de Compostela, España

<sup>6</sup> Polissia National University, Zhitomir, Ucrania

<sup>7</sup> University of Agriculture in Krakow, Cracovia, Polonia

<sup>8</sup> University of Madeira, Madeira, Portugal

<sup>9</sup> University of Sopron, Sopron, Hungría

<sup>10</sup> Università degli Studi di Milano, Milán, Italia

<sup>11</sup> SEIPASA, Valencia, España

<sup>12</sup> Malatya Turgut Özal University, Malatya, Turquía

<sup>13</sup> Technical University of Cartagena, Cartagena, España

<sup>14</sup> Universitat Politècnica de València, Valencia, España

<sup>15</sup> Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia

<sup>16</sup> Agrarunternehmen Starbach-Sachsen eG (ASS), Sachsen, Alemania

<sup>17</sup> Icelandic Agricultural Advising Center (RML), Reikiavik, Islandia

<sup>18</sup> League of Agricultural Producers Associations in Romania (LAPAR), Bucarest, Rumanía

(\*E-mail: adela@uvigo.gal)

<https://doi.org/10.19084/rca.34857>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

## RESUMEN

El proyecto europeo AGROSUS identificará herramientas y estrategias agroecológicas para prevenir y manejar la aparición de malas hierbas en los cultivos económicamente más relevantes de las once regiones biogeográficas de Europa (Continental–Mediterránea–Atlántica–Macaronésica–Panónica–Anatolia–Ártica– Mar Negro–Boreal–Alpina–Estéptica), al tiempo que reducirá la liberación de herbicidas sintéticos al medio ambiente, aumentando la biodiversidad y la salud de los agroecosistemas. Las herramientas y estrategias agroecológicas diseñadas se desarrollarán, para las malas hierbas más problemáticas de las diferentes regiones, en colaboración con las partes interesadas (agricultores, asesores, vendedores, asociaciones, políticos, etc.), y se implementarán en los cultivos de mayor relevancia económica en las 11 regiones biogeográficas de Europa y en sistemas de agricultura convencional, orgánica y mixta. Además, en todos los casos, se compararán las estrategias agroecológicas implementadas en los campos de estudio con el control químico clásico, mediante el uso de herbicidas, valorando la salud de las plantas de cultivo, la calidad de los productos agrícolas, y la calidad y salud del suelo. Asimismo, el impacto ambiental, los costes económicos y sociales y los beneficios de las estrategias agroecológicas combinadas para el control de malas hierbas se evaluarán a corto, medio y largo plazo en los distintos campos de ensayo.

**Palabras-clave:** agroecología, agrobiodiversidad, malas hierbas, protección de cultivos, manejo sostenible.

## ABSTRACT

Agroecological tools and strategies will be identified in the European project AGROSUS, to prevent and manage the occurrence of weeds in the most economically relevant crops in the eleven biogeographical regions of Europe (Continental–Mediterranean–Atlantic–Macaronesian–Pannonian–Anatolian–Black Sea–Boreal–Alpine–Septic–Arctic), while reducing the release of synthetic herbicides into the environment, increasing biodiversity and agroecosystems' health. The designed agroecological tools and strategies will be developed in collaboration with stakeholders (farmers, advisors, small sellers, associations, policy-makers, etc.). These strategies will be implemented in the most economically relevant crops in the 11 biogeographical regions of Europe in conventional, organic and mixed farming systems. In addition, agroecological strategies will be compared with classical chemical control, assessing the health of crop plants, the quality of agricultural products, and the quality and health of the soil. Also, the environmental impact, economic and social costs and benefits of the combined agroecological strategies will be evaluated in short, medium and long-term in different trial fields.

**Keywords:** agroecology, agrobiodiversity, weeds, crop protection, sustainable management.

## INTRODUCCIÓN

Los monocultivos industriales a gran escala, que son muy vulnerables a las infestaciones de malas hierbas debido a su escasa diversidad ecológica y homogeneidad genética, siguen ocupando la mayor parte de la superficie agrícola en Europa, que además depende, principalmente, del uso de herbicidas sintéticos. Los herbicidas sintéticos se han utilizado para eliminar especies no deseadas en los ecosistemas agrícolas desde hace un siglo, pero su uso masivo e indiscriminado en las últimas décadas ha aumentado la contaminación del ecosistema y la aparición de malas hierbas resistentes, lo que ha provocado un aumento de los costes y graves problemas para el ecosistema y la salud humana (Ramírez-Morales *et al.*, 2021). Al mismo tiempo, existe una falta de información sobre las malas hierbas más problemáticas y resistentes en las tierras agrícolas europeas y su impacto local en la producción de los cultivos, lo que complica el rediseño de la agricultura hacia sistemas locales sostenibles en cada región biogeográfica. Por otro lado, los agricultores europeos ya han perdido el 60% de las sustancias disponibles en 1991, que, a falta de alternativas, aún no han sido sustituidas, aunque sigue habiendo una dependencia extrema del uso de herbicidas para la gestión de las malas hierbas en algunos cultivos europeos de importancia económica como los cereales, la patata, el olivo, etc., donde los herbicidas se aplican habitualmente con un calendario establecido, independientemente del riesgo de malas hierbas.

Así mismo, el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico y de la temperatura, relacionado con el cambio climático,

también afectará a la productividad agrícola, la sostenibilidad, la disponibilidad de agua y, por tanto, la seguridad alimentaria (Chauhan *et al.*, 2014). Las malas hierbas modificarán su patrón biológico y ecológico, y su capacidad para interferir con los cultivos (Ramesh *et al.*, 2017), lo que dará lugar a complejas interacciones entre los cultivos y las malas hierbas y hará necesarias estrategias alternativas para su control. Como ya se ha demostrado (Manea *et al.*, 2011), factores como las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> o la temperatura modifican la solubilidad, captación y transporte de herbicidas por parte de las malas hierbas, debido a modificaciones morfofisiológicas y anatómicas, pero también a las características físico-químicas de los herbicidas que se modifican en este tipo de situaciones. Los estudios realizados con herbicidas convencionales, y el efecto que el cambio climático tiene sobre su eficacia en el control de las malas hierbas, han dado resultados sorprendentes que sugieren la pérdida de eficacia de los herbicidas convencionales en condiciones de cambio climático (Ziska y Bunce, 2007).

La agroecología (AE) es la aplicación de la ciencia ecológica al estudio y diseño de una agricultura sostenible desde una perspectiva local (Altieri, 1996), y tiene como objetivo optimizar los procesos ecológicos, la salud y el bienestar ambiental, y minimizar los costes sociales y ecológicos de la agricultura, como la degradación del suelo, la contaminación del agua, las emisiones de gases de efecto invernadero, el agotamiento de recursos no renovables y las estructuras sociales no equitativas. El cambio de paradigma en el manejo de las malas hierbas, que incluya la eficiencia (de la tierra y

las prácticas agrícolas), la sustitución (de insumos químicos) y el rediseño (con estrategias agroecológicas) debe ser logrado, reduciendo el impacto negativo de estas especies y conservando algunos de los beneficios ecológicos de estas plantas espontáneas en el campo de cultivo; dos objetivos que podrían reforzarse mutuamente (Riemens *et al.*, 2022). Para conseguir este cambio de paradigma, los agricultores tienen que erradicar la idea de “tolerancia cero con las malas hierbas” (Wilson *et al.*, 2009), por lo que es necesario aumentar sus conocimientos sobre los beneficios de las malas hierbas (mejora de la estructura del suelo, aumento de la biodiversidad, reducción de enfermedades, protección contra la erosión del suelo, etc.) y convencerles de que puede haber un nivel aceptable de flora espontánea mientras se gestiona su presencia en el campo (Adeux *et al.*, 2019).

Es por ello, que el proyecto AGROSUS, financiado por el programa Horizonte Europa de la Unión Europea (HORIZON-CL6-2022-FARM2FORK-02-01; Proposal ID: 101084084), tiene el foco en el manejo agroecológico de las malas hierbas en todas las regiones biogeográficas de Europa, reduciendo al mismo tiempo la dependencia de los herbicidas sintéticos y aumentando la biodiversidad de los ecosistemas y la resiliencia de la agricultura.

## ENFOQUE METODOLÓGICO

### Conexión de las partes interesadas con los socios de AGROSUS para un enfoque multi-actor

Las partes interesadas son una parte fundamental del proyecto, tanto dentro como fuera del consorcio. Además de la investigación, algunos de los socios del consorcio AGROSUS son asociaciones de agricultores (LAPAR), asesores (RML) o empresas privadas (SEIPASA, ASS). Además, cada socio de AGROSUS está en contacto con agricultores locales, asesores y otros actores de la cadena alimentaria para obtener aportaciones y comentarios a lo largo de todo el proyecto a través de encuestas, talleres y diferentes actividades de difusión y formación. AGROSUS implicará directamente a más de 500 agricultores y asesores en el proceso de co-creación con el fin de obtener conocimientos fundamentales sobre la gestión actual de las malas hierbas y conocer el impacto socioeconómico de los enfoques agroecológicos. Los avances del proyecto llegarán a medio plazo a unos 10.000 usuarios finales potenciales, a través de la estrategia de comunicación y difusión de AGROSUS utilizando las redes de los socios y los vínculos con otros proyectos e iniciativas.



**Figura 1 -** Planteamiento multi-actor para el desarrollo del AGROSUS, en las distintas fases de implantación del proyecto (co-creación y co-validación).

Así, el establecimiento de flujos de conocimiento eficientes será uno de los objetivos más importantes de AGROSUS (Figura 1). Se realizará un análisis eco-toxicológico y socio-económico de los enfoques agroecológicos propuestos para mostrar los beneficios reales para los agricultores y la sociedad. Además, la eficiencia y el impacto del enfoque agroecológico será comparado con el uso de herbicidas sintéticos para ampliar el conocimiento entre las partes interesadas de los efectos nocivos de los herbicidas y los beneficios de la agroecología.

Las partes interesadas aportarán la experiencia en las explotaciones, los conocimientos locales sobre los problemas a resolver y la información necesaria para dirigir el trabajo de investigación hacia resultados tangibles, con vínculos con organizaciones internacionales como el COPA/COGECA, los institutos de investigación y las asociaciones de agricultores para la agricultura sostenible. Las redes locales, denominadas "Comunidades de las partes interesadas y sus representantes" (RSC)

(por ejemplo, agricultores y asociaciones de agricultores, asesores, contratistas, vendedores locales, etc.) serán creadas por cada socio de AGROSUS encargado de la aplicación del enfoque agroecológico en cada región biogeográfica. Por lo tanto, se construirán 14 RSC en las 11 regiones biogeográficas. Además, se crearán 24 Grupos Vinculados a los Cultivos (CLG) de partes interesadas clave, es decir, agricultores, asesores u otro tipo de actores con un nivel de implicación más alto, se integrarán en cada RSC, en función de su experiencia en un tipo de cultivo, para realizar encuestas, entrevistas en persona o talleres en relación con las unidades experimentales situadas en cada región (Figura 1).

### Características de los sistemas agrícolas estudiados para medir el impacto a corto, medio y largo plazo de los enfoques agroecológicos

Se analizarán los sistemas de explotación a corto, medio y largo plazo, y se considerarán 83 unidades

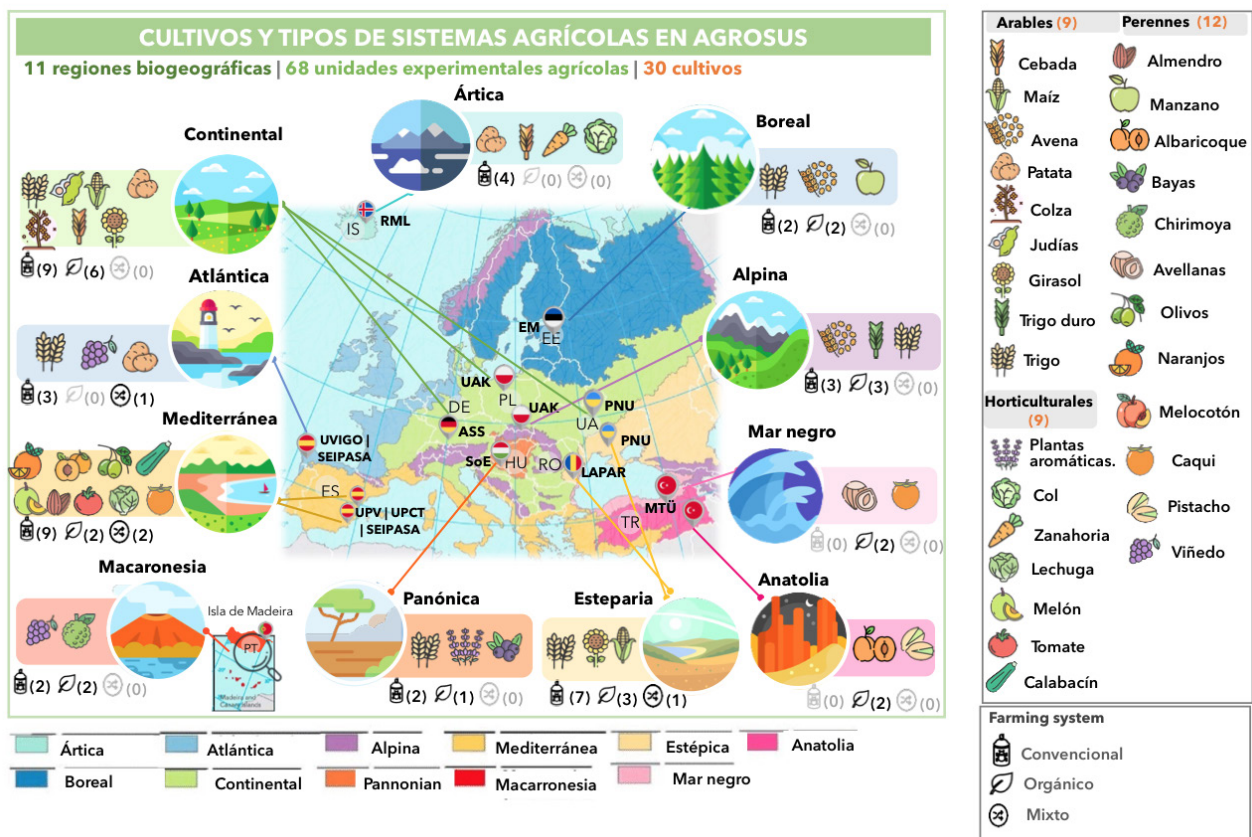


Figura 2 - Cultivos y tipos de sistemas agrícolas que serán estudiados en las once regiones biogeográficas de Europa en el marco del proyecto europeo AGROSUS.

experimentales (68 a corto plazo + 15 a medio y largo plazo) correspondientes a las 11 regiones biogeográficas europeas. El impacto a corto plazo se medirá en unidades experimentales desarrolladas por los diferentes socios en sistemas de explotación convencionales, orgánicos o mixtos (Figura 2), con una combinación de técnicas de gestión de las malas hierbas culturales, mecánicas, biológicas y biotecnológicas, que serán co-decuidas con las partes interesadas y probadas en escenarios reales en 30 cultivos diferentes en unidades experimentales convencionales, orgánicas y/o mixtas, y se tomarán diferentes medidas para evaluar la calidad de los cultivos, el control de las malas hierbas, la salud del suelo y el impacto ecotoxicológico, medioambiental y socioeconómico. (Figura 2). Además, el impacto a medio y largo plazo se medirá también en 15 campos que ya se cultivan desde hace años con estrategias exclusivamente agroecológicas. Así mismo, las nuevas tecnologías emergentes, como la digitalización de la agricultura (por ejemplo, el uso de robots autónomos o drones para la detección temprana de las malas hierbas) y el desarrollo de herbicidas de base biológica (procedentes de aceites esenciales, extractos botánicos o compuestos naturales aislados) serán implementados y/o validados en AGROSUS.

Durante los primeros seis meses del proyecto, se realizarán al menos 50 encuestas a agricultores, y de 12 a 20 entrevistas en persona que se llevarán a cabo en cada uno de los grupos vinculados a los cultivos (CLG) de cada comunidad regional de interesados (RSC). Esto permitirá obtener información sobre malas hierbas problemáticas, herbicidas utilizados, problemas encontrados al aplicar estrategias agroecológicas, etc. Sucesivamente, se organizará un taller de co-creación con al menos 40-50 actores para co-decidir el mejor enfoque agroecológico para cada cultivo. Se probarán al menos tres enfoques agroecológicos (que pueden

incluir una o más estrategias agroecológicas) en dos ciclos de cultivo en cada región biogeográfica, y se compararán con el tratamiento herbicida clásico para evaluar la eficiencia y el impacto ambiental y socioeconómico de los diferentes enfoques. Las estrategias que se debatirán con las partes interesadas en el taller de co-creación que se probarán en AGROSUS incluirán i) **métodos culturales**, centrados en el diseño de los sistemas de cultivo, la gestión del suelo y el conocimiento de la biología de las malas hierbas (rotación de cultivos, cultivos intercalados y uso de cultivos de cobertura, gestión de la dosis de siembra, fertilización de los cultivos y riego y uso de variedades competitivas); ii) **métodos mecánicos y físicos** (uso de labranza, acolchado, solarización, escarda mecánica, aplicación de llamas dirigidas y aplicación de vermicompost); iii) **estrategias de gestión biológica y biotecnológica** de las malas hierbas, como el uso de animales, cultivos aleloquímicos, y aplicación de herbicidas de base biológica (aceites esenciales de plantas, extractos acuosos y compuestos naturales aislados con propiedades fitotóxicas); y iv) **estrategias preventivas** basadas en la digitalización y la tecnología (detección temprana de malas hierbas y sectorización del tratamiento). Después de ejecutar cada ciclo de cultivo, se medirán diferentes parámetros relacionados con la calidad y la productividad de los cultivos, la densidad y diversidad de las malas hierbas y la salud del suelo. Los resultados obtenidos serán compartidos por cada socio de AGROSUS con la Comunidad Regional de partes interesadas (RSC) en dos talleres de co-validación organizados al final de cada ciclo de cultivo. El debate con las partes interesadas permitirá mejorar el enfoque agroecológico entre el primer y el segundo ciclo de cultivo. También se evaluará el impacto socioeconómico de estos enfoques implementados, y se informará a las partes interesadas a través de diferentes medios, tales como resúmenes de prácticas, talleres especializados, talleres políticos, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeux, G.; Vieren, E.; Carlesi, S.; Bàrberi, P.; Munier-Jolain, N. & Cordeau, S. (2019) - Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nature Sustainability*, vol. 2, p. 1018-1026. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0415-y>
- Altieri, M.A. (1996) - *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429495465>
- Chauhan, B.S.; Mahajan, G.; Randhawa, R.K.; Singh, H. & Kang, M.S. (2014) - Global warming and its possible impact on agriculture in India. *Advances in Agronomy*, vol. 123, p. 65-121. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420225-2.00002-9>
- Manea, A.; Leishman, M.R. & Downey, P.O. (2011) - Exotic C4 grasses have increased tolerance to glyphosate under elevated carbon dioxide. *Weed Science*, vol. 59, n. 1, p. 28-36. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00080.1>
- Ramesh, K.; Matloob, A.; Aslam, F.; Florentine, S.K. & Chauhan, B.S. (2017) - Weeds in a changing climate: vulnerabilities, consequences, and implications for future weed management. *Frontiers in Plant Science*, vol. 8, art. 95. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00095>
- Ramírez-Morales, D.; Pérez-Villanueva, M.E.; Chin-Pampillo, J.S.; Aguilar-Mora, P.; Arias-Mora, V. & Masís-Mora, M. (2021) - Pesticide occurrence and water quality assessment from an agriculturally influenced Latin-American tropical region. *Chemosphere*, vol. 262, art. 127851. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127851>
- Riemens, M.; Sønderkov, M.; Moonen, A.C.; Storkey, J. & Kudsk, P. (2022) - An integrated weed management framework: a pan-European perspective. *European Journal of Agronomy*, vol. 133, art. 126443. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443>
- Wilson, R.S.; Hooker, N.; Tucker, M.; LeJeune, J. & Doohan, D. (2009) - Targeting the farmer decision making process: a pathway to increased adoption of integrated weed management. *Crop Protection*, vol. 28, n. 9, p. 756-764. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.05.013>
- Ziska, L.H. & Bunce, J.A. (2007) - Predicting the impact of changing CO<sub>2</sub> on crop yields: some thoughts on food. *New Phytologist*, vol. 175, n. 4, p. 607-618. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02180.x>