

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
DEL MEDIO NATURAL



GESTIÓN INTEGRADA DE LOLIUM RIGIDUM

TRABAJO FIN DE GRADO ETSIAMN

INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNA: Claudia Cortijo González

TUTORA: MERCEDES VERDEGUER SANCHO

Curso Académico: 2019-2020

VALENCIA, 27 de julio de 2020

RESUMEN

Lolium rigidum es una mala hierba muy problemática en numerosos cultivos a nivel mundial, cuyo manejo y control es muy complicado por sus características biológicas. Además, ha desarrollado resistencias a numerosos herbicidas, siendo la primera mala hierba a nivel mundial en la clasificación de malas hierbas resistentes a herbicidas, al presentar resistencia a 13 modos de acción distintos. Uno de los desafíos de la agricultura actual es incrementar la producción agrícola, siendo respetuosos con el medio ambiente. Se prevé que la población mundial llegue a los 9 billones de personas en 2050, a la vez que los recursos naturales, como la tierra arable disponible, el agua, el suelo de calidad, sean cada vez menores. Además, se debe afrontar el desafío del cambio climático, que contribuye a la proliferación de diferentes plagas, incluyendo las malas hierbas. La problemática de las malas hierbas es debida a que compiten con los cultivos por los recursos disponibles (agua, luz y nutrientes), pudiendo llegar a disminuir sus rendimientos en un 50% si se dejan descontroladas. Es por ello muy importante plantear estrategias de manejo de los cultivos que sean respetuosas con el medio ambiente, especialmente en cuanto a la protección de los mismos. El uso de herbicidas ha sido el método más utilizado para el control de malas hierbas, desde su gran desarrollo en los años 40, tras la Segunda Guerra Mundial, por su gran eficacia y facilidad de uso. Pero con los años se ha visto que el uso excesivo de herbicidas provoca daños al medio ambiente y los seres vivos, así como promueve la aparición de biotipos de malas hierbas resistentes. Es necesario adoptar nuevas estrategias de control más respetuosas con el medio ambiente. En la Unión Europea, la legislación sobre la comercialización y el uso de productos sanitarios cambió en 2009, para lograr un uso más sostenible de los mismos, promoviendo la gestión integrada de plagas. En este trabajo, se pretende explicar la problemática que supone el manejo de *Lolium rigidum*, debido a sus características biológicas, los problemas que puede causar en los diferentes cultivos que puede afectar, y plantear una estrategia de manejo integrado, mediante las diferentes técnicas que se podrían utilizar para su control de forma sostenible. Se revisarán experiencias con diferentes métodos de control de *Lolium rigidum* y se recomendarán los más exitosos, dentro de una estrategia integrada.

Palabras clave:

Lolium rigidum, medio ambiente, herbicidas, estrategia integrada.

ABSTRACT

Lolium rigidum is a very problematic weed in many crops worldwide, whose management and control is very complicated due to its biological characteristics. It has also developed resistance to numerous herbicides, being the first weed worldwide in the classification of herbicide-resistant weeds, presenting resistance to 13 different modes of action. One of the challenges of agriculture today is to increase agricultural production, while being respectful of the environment. The world population is estimated to reach 9 billion people by 2050. Natural resources, such as available arable land, water and soil, are decreasing. In addition, it is necessary to face climate change, which contributes to the proliferation of different pests, including weeds. Weeds compete with crops for the available resources (water, light and nutrients), and crop yields could decrease by 50% if they are left uncontrolled. For this reason, it is very important to propose crop management strategies respectful of the environment, especially regarding crop protection. The use of herbicides has been the most widely used method for weed control, since its great development in the 1940s, after the Second World War, due to its great efficiency and easy use. But over the years it has been verified that the excessive use of herbicides causes damage to the environment and living beings, as well as promotes the emergence of resistant weed biotypes. It is necessary to adopt new control strategies that are more respectful with the environment. In the European Union, the legislation on the marketing and use of pesticides changed in 2009, to achieve a more sustainable use of them, promoting integrated pest management. In this work, the aim is to explain the problems involved in managing *Lolium rigidum*, due to its biological characteristics, the problems it can cause in the different crops it can affect, and to propose an integrated weed management strategy, using the different techniques that could be effective for its control in a sustainable way. Experiences with different *Lolium rigidum* control methods will be reviewed and the most successful ones will be recommended, within an integrated weed management strategy.

Key words:

Lolium rigidum, environment, herbicides, integrated weed management strategy

ÍNDICE

ÍNDICE	4
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 PANORAMA ACTUAL: PROBLEMÁTICA CAUSADA POR <i>LOLIUM RIGIDUM</i>	7
1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y MORFOLÓGICA DEL GÉNERO <i>LOLIUM</i>	11
1.2.1 Descripción morfológica de la especie <i>Lolium Rigidum</i>	13
1.3 NORMATIVA Y LEGISLACIÓN	15
1.4 MÉTODOS DE CONTROL DE MALAS HIERBAS.....	19
1.4.1. Métodos culturales.....	19
1.4.2 Métodos físicos y mecánicos	20
1.4.3 Métodos biológicos y bioquímicos.....	22
1.4.4 Métodos biotecnológicos.....	23
1.4.5 Métodos químicos.....	23
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE <i>LOLIUM RIGIDUM</i>	26
4.1.1 Laboreo	26
4.1.2 Rotación de cultivos.....	26
4.1.3 Animales herbívoros	27
4.1.4 Control químico.....	28
4.1.5 Alelopatía.....	30
4.1.6 Organismos plaga.....	31
4.2 PROPUESTA DE GESTIÓN INTEGRADA.....	33
5. CONCLUSIÓN.....	34
6. REFERENCIAS	34

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de cultivos. Adaptado de MAPA (2019)	7
Tabla 2: Serie histórica de producción y valor de cereales grano. Adaptado de MAPA (2019).....	8
Tabla 3: Listado de las cinco especies de malas hierbas que presentan mayor número de resistencias a herbicidas (Heap, 2020).....	11
Tabla 4: Características morfológicas de las diferentes especies del género <i>Lolium</i> . Elaboración propia adaptado de (Terrel, 1968).....	12
Tabla 5: Taxonomía de <i>L. rigidum</i>	13
Tabla 6: Porcentaje de semillas viables de <i>L. rigidum</i> durante varios meses de entierro en el suelo, a dos profundidades distintas (Torra <i>et al.</i> , 2003).....	27
Tabla 7: Número medio de plantas por m ² de las especies de malas hierbas encontradas en un cultivo de cebada del centro de España bajo diferentes sistemas de manejo (media de los períodos 1993/94 y 1994/95) (Dorado <i>et al.</i> , 1997).....	28
Tabla 8: Cantidad de semilla consumida (g) en función del sexo de la codorniz. (Guerrero <i>et al.</i> , 2015).....	29
Tabla 9: Tratamientos herbicidas aplicados contra <i>L. rigidum</i> (Fernández <i>et al.</i> , 2015).....	30
Tabla 10: Listado de los 19 componentes principales de los aceites esenciales utilizados en el ensayo y sus nombres químicos (Vasilakoglou <i>et al.</i> , 2013).....	31
Tabla 11: Nombres científicos de las especies de plantas de las que se extrajeron los aislamientos bacterianos (Pérez-Fernández <i>et al.</i> , 2004).....	32
Tabla 12: Propuesta de gestión integrada contra <i>L. rigidum</i> . Elaboración propia...	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de las resistencias a herbicidas a nivel mundial (Heap, 2020).....	9
Figura 2: Aumento cronológico de malas hierbas resistentes a herbicidas a nivel mundial (Heap, 2020).....	10
Figura 3: Grupos de herbicidas a los que las malas hierbas presentan resistencias (Heap, 2020)	10
Figura 4: Ilustración Botánica de <i>L. rigidum</i> , <i>L. perenne</i> y <i>L. multiflorum</i> . (Roché, 2020).....	12
Figura 5: Fotografía de <i>Lolium rigidum</i> (Qatar e-Nature, 2020).....	14
Figura 6. Evolución de la producción integrada en España (MAPA, 2015).....	16
Figura 7: Diagrama de los distintos métodos de control de malas hierbas. Elaboración propia.....	25
Figura 8: Longitud promedio de plántulas de <i>L. rigidum</i> germinadas en placas Petri después de la inoculación con 20 extractos bacterianos (Pérez-Fernández et al., 2004).....	33

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PANORAMA ACTUAL: PROBLEMÁTICA CAUSADA POR *LOLIUM RIGIDUM*

Lolium rigidum Gaud., también llamado comúnmente como vallico, margall, luello, cizaña, etc., es una de las principales plantas arvenses presente en los cereales que provoca grandes pérdidas de rendimiento, este hecho provoca pérdidas económicas en toda la agricultura mundial.

Por ello es conveniente actuar frente a esta mala hierba ya que, en España, la mayor superficie y extensión de hectáreas desde los últimos años está dedicada al cultivo de cereales (Tabla 1).

Tabla 1: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de cultivos. Adaptado de MAPA (2019).

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cereales grano	6.491.273	6.473.150	6.419.243	6.294.934	6.179.983	6.061.021	6.143.006
Leguminosas grano	290.154	378.909	386.587	406.704	466.420	361.727	364.703
Tubérculos	57.619	56.742	55.702	59.857	62.605	47.171	57.436
Industriales	1.068.619	1.025.873	1.007.421	1.014.879	986.596	960.947	955.331
Forrajeras	986.451	974.960	1.006.357	1.004.088	1.029.178	929.522	976.397
Hortalizas y flores	219.743	229.038	233.830	236.017	252.959	270.545	243.685
Barbecho	2.784.782	2.740.129	2.743.368	2.772.944	2.756.661	3.028.993	2.824.893
Frutales cítricos	303.028	299.478	299.518	297.535	297.016	304.619	307.560
Frutales no cítricos	1.015.704	1.023.426	1.044.759	1.093.462	1.142.334	1.171.066	1.201.569
Viñedo	965.094	963.644	967.733	968.769	966.962	974.550	967.234
Olivar	2.584.067	2.593.523	2.605.252	2.623.156	2.650.801	2.697.445	2.733.620
Otros cultivos leñosos	46.691	45.610	44.718	44.210	42.718	43.434	43.502
Viveros	19.988	23.134	21.182	22.808	23.418	23.886	21.676

En los últimos años ha aumentado la producción y el valor en euros de los cereales, tal y como se puede comprobar en la Tabla 2. Es imprescindible plantear estrategias para el control de *L. rigidum*, ya que puede llegar a producir enormes pérdidas de rendimiento. Por ejemplo, según menciona Castellanos-Fría *et al.* (2015), en campos de cebada, cuando la infestación alcanza 1240 plantas por m², tal y como dice (Izquierdo *et al.*, 2003) esta puede causar pérdidas de hasta un 83% o de un 40% de la cosecha cuando la infestación de las parcelas es de más de 700 plantas por m² (Taberner, 1998).

Tabla 2: Serie histórica de producción y valor de cereales grano. Adaptado de MAPA (2018).

	2014	2015	2016	2017	2018
Producción (miles de toneladas)	20.579	20.141	24.115	16.659	24.491
Valor (miles de euros)	3.681.432	3.702.937	3.964.711	2.902.062	4.348.687

Según datos aportados por el *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC (2019) el cambio climático ya está perjudicando a la seguridad alimentaria mediante los cambios de patrones en las precipitaciones debido, en gran parte, a la mayor frecuencia de fenómenos extremos y al aumento de las temperaturas. Este hecho provoca que, en muchas partes del Mediterráneo, se hayan producido efectos negativos de rendimiento causados principalmente por el secado que se ha agravado por el calentamiento global.

Por el contrario, la utilización de prácticas como la producción integrada pueden ampliarse y optimizarse para progresar en la adaptación del sistema alimentario (IPCC, 2019).

De acuerdo con un estudio presentado en el XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología (Castellanos *et al.*, 2015), sobre el efecto que podría tener el cambio climático en *L. rigidum*, se puso en relieve que existía un incremento mundial de la superficie idónea para el crecimiento de esta planta arvense, expandiéndose esta, desde las zonas que ocupa actualmente hacia las zonas polares. Siendo Europa, América del Norte y América del Sur los continentes más afectados.

Además, se presenta un importante problema en la actualidad, el de las resistencias. Entendemos por resistencia de las malas hierbas a los herbicidas, al efecto secundario que se produce después del uso repetitivo de un mismo herbicida, de modo que el herbicida deja de ser efectivo contra la mala hierba. Este hecho como mencionan Taberner *et al.* (2007) pone de manifiesto que una población de malas hierbas no puede ser controlada de la misma manera y con la misma eficacia por un único herbicida que en condiciones normales de uso, en un cultivo y con una dosis determinada, desempeñaría un manejo adecuado de las mismas.

La aparición de resistencias implica que se debe reducir el uso de un herbicida concreto, este deberá ser reemplazado por otro herbicida con diferente mecanismo de acción, o bien, por distintos métodos de manejo que no impliquen utilizar herbicidas para mantener un control adecuado de las malas hierbas en los campos de cultivo.

Tal y como dice Taberner *et al.* (2007), con el fin de prevenir la aparición de resistencias, se deben adoptar estrategias de control integrado de malas hierbas, ya que ningún método es capaz de controlarlas de forma sostenible y adecuadamente por sí solo.

Con el paso de los años, han ido apareciendo un mayor número de biotipos de malas hierbas resistentes en el mundo (Figura 1). Siendo Australia, América del Norte y Europa las regiones más afectadas y estando también afectadas China, América del Sur y algunas zonas de África.

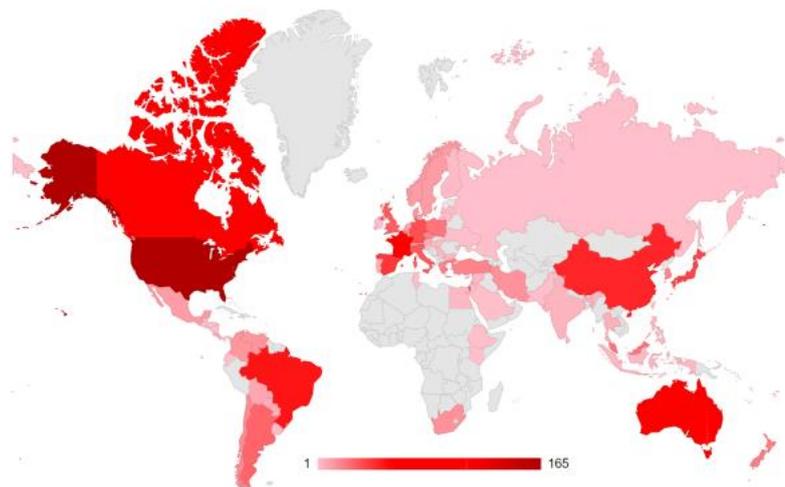


Figura 1: Distribución de las resistencias a herbicidas a nivel mundial (Heap, 2020).

En la actualidad, hay 514 casos de malas hierbas a nivel mundial resistentes a herbicidas (Figura 2), con 262 especies (110 monocotiledóneas y 152 dicotiledóneas). Las malezas han creado resistencias a 23 de 26 modos de acción conocidos y a 167 herbicidas distintos.

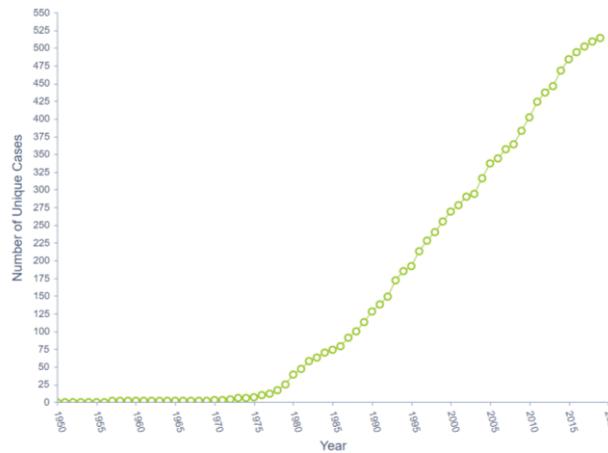


Figura 2: Aumento cronológico de malas hierbas resistentes a herbicidas a nivel mundial (Heap, 2020).

Se puede observar que los grupos de herbicidas en los que han aparecido más resistencias son los inhibidores ALs y ACCasa, triacinas y glicinas tal y como muestra la siguiente figura.

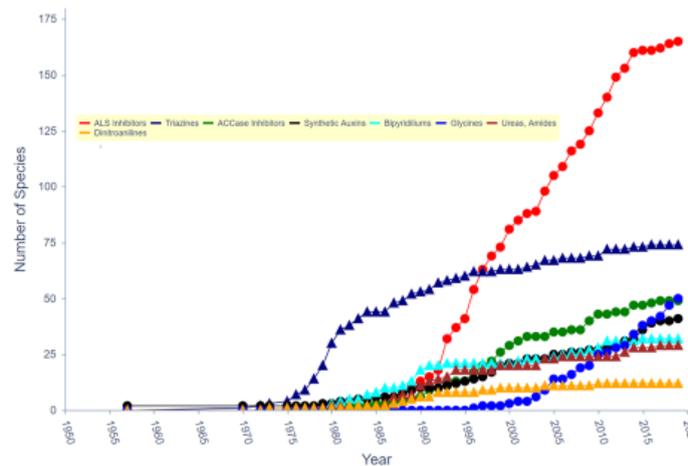


Figura 3: Grupos de herbicidas a los que las malas hierbas presentan resistencias (Heap, 2020).

En la siguiente tabla (Tabla 3) se muestran las especies de malas hierbas que más problemas de resistencia tienen y que presentan resistencia a un mayor número de modos de acción de los herbicidas.

Tabla 3: Listado de las cinco especies de malas hierbas que presentan mayor número de resistencias a herbicidas (Heap, 2020).

Especie	Nombre común
1. <i>Lolium rigidum</i>	Vallico
2. <i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	-
3. <i>Poa annua</i>	Poa
4. <i>Avena fatua</i>	Avena loca
5. <i>Amaranthus palmeri</i>	Bledo

1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y MORFOLÓGICA DEL GÉNERO LOLIUM

El género *Lolium* pertenece a la familia de las gramíneas o Poaceae e incluye 8 especies (*L. canariense*, *L. remotum*, *L. multiflorum*, *L. perenne*, *L. rigidum*, *L. persicum*, *L. subulatum* y *L. temulentum*) (Terrel, 1968). Todas las especies se caracterizan por su particular espiga en la que sus espiguillas son plurifloras, solitarias y se encuentran de forma alterna y de lado a lo largo del raquis. Las espiguillas tienen una única gluma a excepción de la terminal que tiene dos. La espiguilla tiene entre 2 y 22 flores hermafroditas (Stace y Cotton, 1980) con tres estambres. La cariósida está adherida a las glumelas y es oblonga. Además, todas las especies son diploides ($2n=14$), a excepción de algunas especies cultivadas como el ryegrass italiano o inglés, en las que pueden existir especies tetraploides (Inda, 2005).

Se puede hacer una clasificación de dos grandes grupos según su reproducción: alógamas (*L. perenne*, *L. multiflorum*, *L. rigidum*, *L. canariense*) y autógamas (*L. temulentum*, *L. remotum*, *L. persicum*). Las plantas autógamas tienen menos flores por espiguilla, las plantas son más pequeñas y las espigas emergen antes que las plantas alógamas (Inda, 2005). Las diferencias entre las 8 especies se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4: Características morfológicas de las diferentes especies del género *Lolium*.

Elaboración propia adaptado de (Terrel, 1968)

	<i>L. perenne</i>	<i>L. temulentum</i>	<i>L. multiflorum</i>	<i>L. remotum</i>	<i>L. rigidum</i>	<i>L. subulatum</i>	<i>L. persicum</i>	<i>L. canariense</i>
Aristas	no	si	si	no	no	no	si	si
Reproducción	alógama	autógama	alógama	autógama	alógama	autógama	autógama	alógama
Altura (cm)	8-90	20-122	25-127	23-104	18-43	14-65	17-59	28-67
Ancho hojas (mm)	2 a 4	3 a 10	3 a 8	1 a 6,5	0,5 a 5	2 a 4,5	1,5 a 7	3 a 8
Duración	Perenne	Anual	Anual/bienal	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual
Hábitat	Campos, praderas, caminos	Arvense de campos de trigo y otros	Mala hierba o se cultiva	Mala hierba de campos de lino y yernos	Mala hierba	Campos	Zonas embarradas, campos, riveras	Praderas, campos

En cuanto al origen del género *Lolium*, es autóctono de Europa, el norte de África, el Asia templada y las tierras del norte Atlántico. Desde esas zonas se ha ido distribuyendo por todo el mundo. Este género contiene especies que se utilizan para forraje de ganadería o césped (*L. perenne* y *L. multiflorum*) con gran importancia económica, otras especies se utilizan para el control de la erosión del suelo y otras se han convertido en malas hierbas (*L. rigidum*).

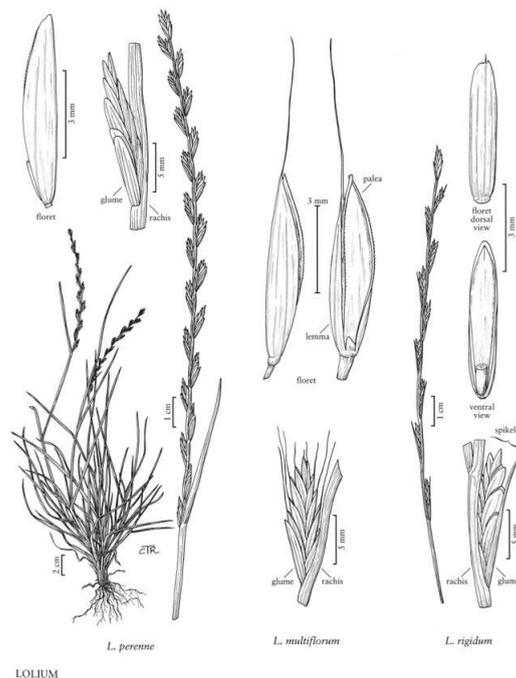


Figura 4: Ilustración Botánica de *L. rigidum*, *L. perenne* y *L. multiflorum* (Roché, 2020).

1.2.1 Descripción morfológica de la especie *Lolium Rigidum*

En la Tabla 5 podemos observar la clasificación taxonómica de *L. rigidum*.

Tabla 5: Taxonomía de *L. rigidum*.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Poeae
Subtribu	Loliinae
Género	Lolium
Especie	L.Rigidum

Lolium rigidum Gaud fue añadido al género en 1811 por Gaudim. Es una planta anual que se puede distinguir fácilmente de otras gramíneas cultivadas o de arvenses como *Bromus*, *Poa*, *Alopecurus* y *Avena*, por los tonos rojizos que presenta en la base del tallo y la estrechez de sus hojas respecto a las del trigo o la cebada (Taberner, 1998).

La distribución mundial de esta planta arvense se puede estimar en $7,9 \times 10^6$ km², siendo el clima de las áreas del mediterráneo junto con Europa y Oceanía, las óptimas para el desarrollo de esta especie (Castellanos *et al.*, 2015).

Lolium rigidum compete por agua, luz y suelo frente a los cultivos. Otra problemática que presenta es que tiene una alta capacidad para la producción de semillas (900-1500 por planta) y éstas tienen una tasa de nascencia superior al 75%. Además, tiene una alta densidad de infestación y una alta diversidad genética lo que provoca que la frecuencia de individuos sea mayor que en otras especies (Díaz & Gorrochategui, 2005).

Pero la mayor problemática que presenta esta especie es que ha desarrollado resistencias a un numeroso número de herbicidas. Según la clasificación a nivel mundial de malas hierbas resistentes a herbicidas, *Lolium rigidum* se lleva el primer puesto siendo resistente a 13 modos distintos de acción (Heap, 2020). La resistencia es un problema importante ya que se producen pérdidas de eficacia de los herbicidas, con menor control de las malas hierbas, que dan resultados negativos en el rendimiento de los cultivos, todo ello provocado por sucesivas aplicaciones de un mismo herbicida, sin ninguna rotación durante varios años. Hasta la década de los 90, las ureas y cloro-s-triazinas fueron los herbicidas más empleados por los agricultores. El glifosato se empezó a comercializar en 1974, y en la actualidad es un herbicida muy utilizado en España para el manejo de malas hierbas antes de la siembra,

en cultivos perennes y también en zonas no agrícolas como áreas industriales, márgenes de carreteras, etc. (Fernández *et al.*, 2015).

Por otra parte, algunos aspectos de la biología de *L. rigidum* pueden servir para su control, como su concentrado periodo de nascencia, es decir, el 90 % de sus semillas nacen entre los 15 y 45 días después de la siembra del cereal. Además, solamente entre un 20% y 30% de las semillas son viables tras haber pasado un año después de ser enterradas (Díaz & Gorrochategui, 2005).

En la cuenca media del Ebro, *L. rigidum* es usada como una planta forrajera, ya que funciona como especie de autorresiembrado, puesto que su periodo va de otoño a primavera y coincide con la época de mayor agua disponible en el suelo. Estas inician su crecimiento en otoño y son capaces de desarrollarse a bajas temperaturas y diseminar la semilla en primavera, de modo que no vuelve a brotar hasta que no se den las condiciones idóneas (Delgado, 2012).



Figura 5: Fotografía de *Lolium rigidum* (Qatar e-Nature, 2020).

1.3 NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

'La gestión integrada de plagas resalta el crecimiento de un cultivo sano con la mínima alteración posible de los agroecosistemas y promueve los mecanismos naturales de control de plagas' (Taberner, 2011).

Se entiende por gestión integrada al cuidadoso examen de los métodos para la protección vegetal disponible y posterior integración de medidas adecuadas para evitar el desarrollo de poblaciones nocivas y mantener el uso de productos fitosanitarios y otras formas de intervención en niveles que estén económica y ecológicamente justificados y que reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el medioambiente (RAE, 2020).

La producción integrada llega a Europa en el año 1976, de la mano de la reunión de cinco entomólogos de la Organización Internacional de la Lucha Biológica (OILB), para establecer las bases de una nueva concepción de la producción agrícola basada en el manejo racional de los componentes del ecosistema y en el control integrado, aprovechando la experiencia y la práctica del control integrado de plagas, malas hierbas y enfermedades (Benet, 2002).

En España, este tipo de producción se comenzó a poner en práctica a principios de los años 80 cuando se estableció un programa de actuación a través de una Orden Ministerial en 1983, mediante Agrupaciones para Tratamientos Integrados en Agricultura (ATRIAS), con las que se pretendían atender y establecer técnicas pertenecientes al control integrado y al uso sostenible de fitosanitarios, además de formar al personal de las explotaciones agrarias (Producción Integrada en la Agricultura, 2009).

Hasta el 2002, cada comunidad autónoma era la reguladora de la producción integrada, como un sistema de certificación particular, produciéndose así una heterogeneidad entre los reglamentos. A partir del 2002, se regula la producción integrada a nivel de estado mediante el Real Decreto 1201/2002. Cada comunidad conserva una normativa propia que se ha adaptado a las condiciones básicas implantadas por la normativa nacional, conservando su distintivo logotipo de producción integrada (Forastero, 2009).

En el territorio nacional, la producción integrada de productos agrícolas está regulada por el Real Decreto 1201/2002, que tiene como objeto: (MAPA, 2020)

- *El establecimiento de las normas de producción y requisitos generales que deben cumplir los operadores que se acojan a los sistemas de producción integrada. En ellas se establecen, dentro de cada fase del ciclo productivo, las prácticas consideradas obligatorias y aquellas que se prohíben expresamente.*
- *La regulación del uso de la identificación de garantía que diferencie estos productos ante el consumidor.*

- *El reconocimiento de las Agrupaciones de Producción Integrada en Agricultura, para el fomento de dicha producción.*
- *La creación de la Comisión Nacional de Producción Integrada encargada del asesoramiento y coordinación en materia de producción integrada.*

Tal y como se puede observar en la *Figura 6*, desde el año 2005 al año 2014 se ha producido un incremento del 363% de la superficie dedicada a la producción integrada, por lo que se puede decir que, si bien se cumple la legislación al respecto, estas políticas de producción integrada deben de mantenerse, porque es notorio que su desarrollo no es suficiente para la nueva realidad agrícola. Teniendo en cuenta que en la actualidad aspectos como el cambio climático, la desertización de los suelos, la contaminación, la escasez de recursos como el agua o la calidad de la tierra hace imprescindible una revisión de las políticas medioambientales y agrarias.

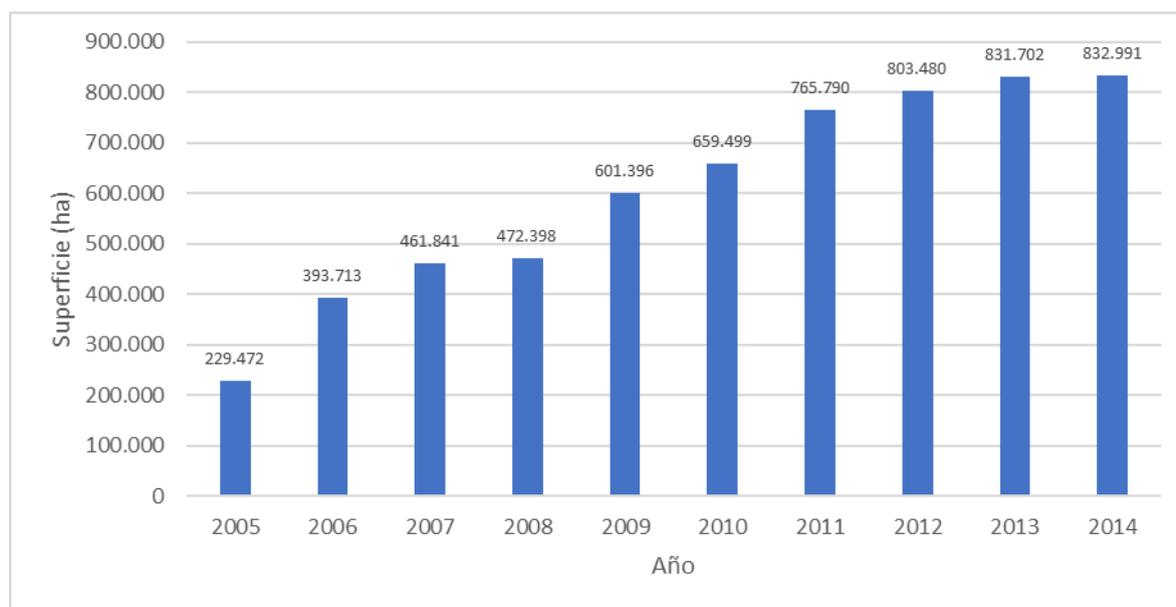


Figura 6: Evolución de la producción integrada en España (MAPA, 2015).

Por otro lado, se establece en la Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, un marco para alcanzar el uso sostenible de los plaguicidas a través de la minimización de los riesgos y efectos del uso de plaguicidas para el medio ambiente y la salud humana y promover la gestión integrada de plagas (GIP) con alternativas no químicas (Aepla, 2017).

Esta Directiva se transpone a la legislación española mediante el Real Decreto 1311/2012, por el cual se determina el marco de actuación para alcanzar el uso sostenible de productos

fitosanitarios y el Real Decreto 1702/2011 de inspecciones regulares de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios (Forastero, 2013).

Asimismo, se elaboró un Plan de Acción Nacional (PAN) en el que se fijan las metas, objetivos cuantitativos, calendarios, indicadores y medidas, que tienen por objeto reducir los efectos y los riesgos de la utilización de plaguicidas en el medio ambiente y la salud humana, así como fomentar la gestión integrada de plagas y plantear técnicas alternativas no químicas como los métodos biológicos para el control de plagas (Forastero, 2013).

Su periodo de validez terminó el 31 de diciembre de 2017 y se realizó una actualización y revisión para la elaboración de un nuevo Plan de Acción Nacional de 2018 hasta 2022, teniendo en cuenta los resultados del Plan 2013-2017, los informes anuales, los comentarios del sector y las recomendaciones de la Comisión Europea.

Los objetivos generales del nuevo PAN son: (MAPAMA, 2017)

- 1- *Fomentar la Gestión Integrada de Plagas (GIP), para preservar un sector agrícola, forestal y alimentario prospero, que asegure una contribución positiva al medio ambiente, mediante un modelo sostenible de producción compatible con la utilización racional de productos fitosanitarios.*
- 2- *Reducir los riesgos y efectos derivados de la utilización de productos fitosanitarios, especialmente en el ámbito de la salud humana y del medio ambiente.*

Y como objetivos específicos: (MAPAMA, 2017)

- 1- *Mejorar la formación e información sobre el uso sostenible y seguro de productos fitosanitarios*
- 2- *Fomentar la investigación, innovación y la transferencia tecnológica en la gestión integrada de plagas y en el uso sostenible de productos fitosanitarios*
- 3- *Fomentar la Gestión Integrada de Plagas para conseguir un uso racional de los productos fitosanitarios*
- 4- *Promover la disponibilidad de productos fitosanitarios eficaces en el control de plagas, enfermedades y malas hierbas, a la vez que respetuosos con la salud y el medioambiente*
- 5- *Fomentar técnicas que minimicen el riesgo de la utilización de productos fitosanitarios*
- 6- *Intensificar la vigilancia sobre la comercialización de los productos fitosanitarios*
- 7- *Mejorar el control del uso de productos fitosanitarios*
- 8- *Reducir el riesgo derivado de la utilización de productos fitosanitarios en zonas específicas*

9- Mejorar y generalizar los avisos fitosanitarios a la ciudadanía y a la población vulnerable y sensible

La GIP es una estrategia de control que consiste en aplicar una combinación de medidas culturales, biotecnológicas, químicas o biológicas para mantener los niveles de poblaciones de plagas por debajo del umbral de daños económicos y que el uso de productos fitosanitarios se limite al mínimo necesario (Forastero, 2013).

Cuando el agricultor descubre que su explotación está afectada por una enfermedad o plaga, debe consultar la guía de gestión integrada de su cultivo. Posteriormente se deberá hacer un monitoreo para conocer la gravedad y extensión del problema y, por último, consultar con un asesor para decidir cómo actuar. Todas estas actuaciones deben de quedar reflejadas en el cuaderno de explotación o en la documentación de asesoramiento de la explotación.

El objetivo del cuaderno es proporcionar un modelo para facilitar el cumplimiento de las normativas sobre la utilización de productos fitosanitarios y, asegurar la recopilación de datos para la gestión de la explotación a los agricultores que lo deseen.

Se presenta también una guía de buenas prácticas para la mezcla de productos fitosanitarios en campo, con recomendaciones e instrucciones de uso, en la que se recoge lo estipulado en el Real Decreto 1311/2012, que establece el marco de actuación para alcanzar un uso de los productos fitosanitarios sostenibles. Los principales motivos para realizar mezclas en campo son, entre otros, que mejora la eficacia, la agrupación en una única aplicación para el control de más de una enfermedad, malas hierbas o plaga, reduce el número de intervenciones y este hecho minimiza el impacto medioambiental. Por último se trata una mayor superficie en un menor tiempo, etc. (MAGRAMA, 2015).

1.4 MÉTODOS DE CONTROL DE MALAS HIERBAS

Como hemos visto anteriormente la legislación vigente (Directiva 2009/128/CE) promueve la gestión integrada de plagas que consiste en el uso del método más adecuado de control disponible en cada momento.

En el manejo o control de malas hierbas se deberían integrar más de un método y utilizar la combinación de varios de ellos (Bàrberi, 2004).

Los diferentes métodos para el control de arvenses se pueden agrupar en: métodos culturales, métodos físicos y mecánicos, métodos biológicos y bioquímicos, métodos biotecnológicos, y métodos químicos.

1.4.1. Métodos culturales

En los métodos culturales se realizan acciones que sirven para disminuir el desarrollo de arvenses, favorecer el desarrollo del cultivo o ambas.

- **Utilización de semillas de cultivo limpias:** es necesario utilizar semillas de cultivo que no estén contaminadas de malas hierbas. Inicialmente es un gasto económico, pero con el paso del tiempo estará compensado al no aparecer arvenses en el cultivo. Lo que garantiza la semilla limpia y pura es comprar semillas certificadas (Ubillos, 2000).
- **Limpieza de maquinaria:** es frecuente que en los aperos queden restos de semillas de malas hierbas que puedan infestar nuevos campos de cultivo y que podrían llegar a germinar, por lo que es importante limpiar la maquinaria después de su uso (Ubillos, 2000).
- **Limpieza de márgenes:** hay que hacer con gran precaución la limpieza de los bordes de caminos, acequias, lindes, márgenes de cultivos, etc. para que especies de malas hierbas no lleguen al interior de los cultivos (Ubillos, 2000). aplicar cuando las temperaturas son altas y que el suelo durante un tiempo tiene que estar libre de cultivos.
- **Rotación de cultivos:** cada especie de cultivo tiene su propio ciclo biológico, características fisiológicas y morfológicas para su desarrollo, si crece de manera continua, puede llegar a ser invadido con el tiempo por especies potenciales del área, que están adaptadas a ese cultivo. Con la rotación de diferentes cultivos, se crean competencias, hay posibilidades de disminuir la incidencia de malas hierbas utilizando rotaciones con cultivos que tengan propiedades alelopáticas, como el girasol, además los diferentes cultivos tienen diferentes demandas del medio, distintos ciclos biológicos, etc, que evitan la proliferación y predominancia de una mala hierba específica (Liebman y Davis, 2000).

- **Barbecho:** consiste en dejar sin cultivar la tierra durante un periodo de tiempo suficiente, en el que se realizan labores que tienen como objetivo el control de las malas hierbas y preparar la tierra para el siguiente cultivo, para mejorar la disponibilidad de nutrientes y agua. En cuanto al manejo de malas hierbas, se promueve su germinación para más adelante eliminarlas antes de que vuelvan a producir semillas.

Mantener y manejar la flora arvense por debajo de umbrales de daño, produce beneficios al sistema, ya que promueve zonas de refugio y alimentación a la fauna y evitan la erosión del suelo (Giralt, 2018).

- **Cultivos competitivos:** algunos cultivos tienen características que los hacen más competitivos con las malas hierbas, como un follaje denso (patata y alfalfa), un desarrollo y germinación rápida, densidades elevadas, efectos alelopáticos (girasol) y superficie foliar grande.
- **Fertilización:** con la fertilización se puede conseguir estimular el crecimiento del cultivo principal a través de la elección del momento idóneo para aplicar el abono de cobertera y de esta manera no favorecer el crecimiento de malezas que absorban los nutrientes.

1.4.2 Métodos físicos y mecánicos

A través de estos métodos de control, se impide el desarrollo, emergencia y germinación de malas hierbas mediante la utilización de medios físicos.

- **Laboreo:** Con el laboreo se persigue crear una buena estructura y porosidad del suelo para el desarrollo del cultivo y además, otra de las principales funciones es la eliminación de malas hierbas. Los aperos más utilizados para la eliminación de malas hierbas son la fresadora y la vertedera, ya que la vegetación que se desarrolla en la superficie queda enterrada. Los aporcadores se emplean para enterrar las malas hierbas pequeñas de cultivos en línea y las gradas o las rejas son útiles para combatir malas hierbas muy pequeñas, realizando una labor superficial.

Por el contrario, a través del laboreo también se puede producir la diseminación de órganos vegetativos de multiplicación de las malas hierbas o pueden ascender semillas que al estar en profundidad no germinaban. En estas ocasiones, se debe reiterar con frecuencia estas labores hasta agotar los elementos de propagación.

- **Escarda manual:** Es el método más antiguo de eliminación de las malas hierbas. Se suele utilizar en explotaciones familiares y en países subdesarrollados. Se

puede realizar con herramientas como azadón y azadilla, o directamente a mano, dependiendo de la superficie y las características del cultivo (Ponce, 2006).

Una de las ventajas de este método es que no tiene un impacto negativo medioambiental, pero tiene grandes inconvenientes, como que su eficiencia es muy baja ya que se necesitan entre 200 y 400 horas por hectárea y hombre para limpiar el terreno de malas hierbas, además, es difícil de realizar en condiciones húmedas del suelo y en los estadios iniciales del crecimiento se puede llegar a confundir la mala hierba con el propio cultivo (Ponce, 2006).

- **Siega:** se utiliza cuando las malas hierbas ya han alcanzado un tamaño excesivo para poder ser labradas o cuando ya están entremezcladas con el cultivo. Para estos casos se cortan las malas hierbas a cierta altura del suelo para evitar que las especies anuales vuelvan a infestar el campo de cultivo con sus semillas. (Ponce, 2006). Los equipos que se utilizan accionados por el tractor son las segadoras y trituradoras, y los equipos manuales son las desbrozadoras de hilo con motor eléctrico o térmico (IVIA, 2016).
- **Quema:** Puede ser selectiva o no selectiva. Cuando la vegetación está más seca se consiguen mejores resultados. En la quema no selectiva se elimina toda la vegetación que existe en el terreno para diferentes fines como por ejemplo hacer una limpieza general, mientras que, en la quema selectiva, se busca destruir las malas hierbas y sus semillas, pero sin afectar al cultivo presente (Ponce, 2006). En la actualidad esta práctica se desaconseja ya que es muy perjudicial para el medio ambiente.
- **Acolchado:** consiste en cubrir partes o zonas del terreno con diferentes materiales inertes (Mulch) que además de retener la humedad del suelo, también previene la germinación y el desarrollo de malas hierbas ya que impide que la luz llegue a ellas. Los materiales que se utilizan pueden ser orgánicos (paja, cortezas de árbol, serrín, etc.) o materiales artificiales (plásticos negros).
- **Solarización:** consiste en cubrir el terreno con plásticos transparentes después de haber regado para elevar la temperatura del suelo en profundidad, generando calor a través de la energía solar para eliminar insectos, patógenos y hacer que las semillas pierdan la capacidad de germinación o que tras germinar estas mueran. Es un método de control térmico que puede llegar a alcanzar temperaturas de 50°C a 10 cm de la superficie.

Las ventajas de este método son que no altera las propiedades físicas del suelo, es un método sencillo, el control es eficaz y de bajo riesgo de contaminación si después de ser utilizados se retiran correctamente los plásticos. Los principales inconvenientes son que se utiliza en terrenos de tamaño reducido, solo se puede

1.4.3 Métodos biológicos y bioquímicos

Consiste en el uso de agentes biológicos o los productos que segregan para la eliminación de las malas hierbas. Algunos de estos métodos están en proceso de investigación, pero presentan un amplio futuro dentro de la agricultura sostenible, ya que son compatibles con el medio ambiente.

- **Animales herbívoros:** a través del pastoreo, animales herbívoros como el ganado vacuno, ovino, caprino, etc. se alimentan de malas hierbas y previenen la infestación de las semillas de plantas arvenses en el terreno. Es un método de control directo que se puede realizar tanto en cubiertas vegetales, prados o campos de especies leñosas. En otros países, se utilizan animales como patos, gansos y ocas en cultivos intensivos para el control de arvenses.
- **Alelopatía:** es la interacción que se produce entre plantas a través de la liberación de aleloquímicos (compuestos químicos) al ambiente (Molisch, 1937). La liberación de aleloquímicos se puede producir mediante lixiviación y volatilización desde las hojas, exudación de raíces y descomposición de tejidos vegetales (Jabran *et al.*, 2015). Los compuestos aleloquímicos presentan una naturaleza muy diversa, incluyen terpenoides, cumarinas, compuestos fenólicos, etc. Algunos cultivos como girasol, trigo, centeno, etc., producen aleloquímicos que tienen efectos negativos sobre las malas hierbas.

Existen distintas formas para el control de malas hierbas a través del uso de la alelopatía, entre ellas las rotaciones de cultivos, cubiertas, residuos de plantas alelopáticas o el uso de estas sustancias para desarrollar herbicidas naturales (Jabran *et al.*, 2015).

- **Organismos plaga:** las malas hierbas poseen enemigos naturales, ya sean alóctonos o autóctonos, que pueden llegar a eliminarlas o disminuir su población. Normalmente los organismos son introducidos de otros hábitats y son capaces de establecerse para no tener que hacer incorporaciones en años. Diferentes tipos de organismos pueden ser enemigos naturales, como hongos, bacterias, virus, insectos o nematodos, aunque la mayoría de agentes que se utilizan para el control biológico de arvenses son los insectos.

1.4.4 Métodos biotecnológicos

Incluyen los mecanismos de defensa de las plantas endógenos, que proporcionan tolerancia a herbicidas de amplio espectro, poco o nada selectivos, de manera que ya no puede provocar toxicidad sobre el organismo (Camacho, 2014).

Existen diversas tecnologías como:

- Variedades que se han obtenido de poblaciones de especies próximas o de la misma especie, que toleran herbicidas específicos como por ejemplo algunas variedades de colza que son tolerantes a triazinas.
- Variedades obtenidas a través de la selección de cultivos sometidos a agentes mutagénicos. Variedades *Clearfield* se han obtenido de esta forma son tolerantes a las imidazolinonas.
- Variedades que son transgénicas ya que se les ha inducido un gen de resistencia al glifosato. Estas variedades son conocidas con el nombre de *Roundup Ready*.

1.4.5 Métodos químicos

Algunas materias activas o moléculas son absorbidas por la planta a través de órganos subterráneos, partes aéreas (tallos y hojas) o raíces. Dichas moléculas son capaces de interferir en el metabolismo de algunas plantas y llegan a causar la muerte. Se les denomina herbicidas, ya que la gran mayoría de especies de malas hierbas son de consistencia herbácea.

Estos pueden ser herbicidas sintéticos cuando son desarrollados en la industria química o herbicidas naturales.

El método químico es el más utilizado en la actualidad y los herbicidas más utilizados son los sintéticos.

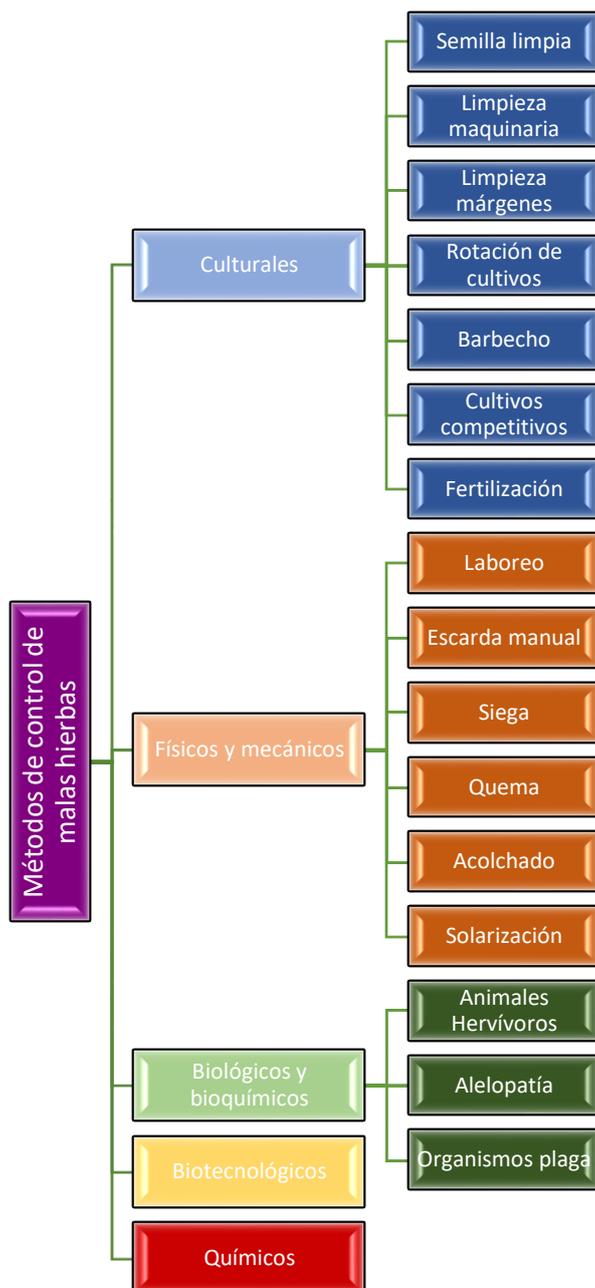


Figura 7: Diagrama de los distintos métodos de control de malas hierbas. Elaboración propia

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El uso de herbicidas ha sido el método más empleado para el manejo de malas hierbas desde su gran desarrollo en los años 40, pero con el tiempo se ha comprobado que el uso excesivo de éstos provoca la aparición de resistencias, perjudica el medio ambiente y a los seres vivos. Es por esto que se buscan nuevas estrategias y métodos de control que sean más sostenibles, y más respetuosos con el medio ambiente.

En este trabajo, se explica la problemática que causa la mala hierba *Lolium rigidum* en los campos de cultivo, debido a sus particulares características biológicas y las numerosas resistencias a herbicidas que posee y se plantea como objetivo, proponer una estrategia de control integrado contra esta mala hierba y recomendar los métodos de control más adecuados, mediante técnicas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Se trata de un trabajo de recopilación bibliográfica de diferentes estudios específicos sobre la biología de *Lolium rigidum* y estrategias para su control, que pretende proponer soluciones efectivas contra *Lolium rigidum* mediante estrategias de control integrado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de una investigación bibliográfica mediante la revisión de artículos relacionados con las características biológicas y ecológicas de *Lolium rigidum*, su problemática en diferentes cultivos y su control con diferentes técnicas para extraer conclusiones y proponer recomendaciones en cuanto al control de esta mala hierba que puedan ser útiles para el sector agrícola, con especial enfoque a un control integrado, dada la problemática de manejo de esta mala hierba.

Una investigación bibliográfica como esta, dentro del ámbito de la agronomía, supone una mejoría y progreso hacia un futuro más limpio, ecológico y sostenible ya que, como se ha explicado en la introducción, el cambio climático producirá estragos en la producción agroalimentaria, a causa de épocas de sequía, desertización, etc. Además, esta investigación presenta métodos que pueden utilizar los agricultores para combatir la mala hierba *Lolium rigidum*, que provoca graves problemas de rendimiento en los cultivos de cereales alrededor del mundo, por la gran cantidad de resistencias que presenta a distintas formas de acción de herbicidas convencionales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el control de *L. rigidum* se utilizan principalmente herbicidas de síntesis que tienen efectos perjudiciales tanto para el medio ambiente como para su manejo creando resistencias. Además, a medida que esta mala hierba se encuentra más desarrollada, el manejo se vuelve más deficiente, independientemente del herbicida que se utilice, aunque los más acusados son los derivados de la urea (Taberner, 1996).

En este apartado se revisan distintos métodos empleados para el control integrado de *L. rigidum* a través de diferentes investigaciones, desde el punto de vista de la eficacia.

Se pueden crear nuevas estrategias de control integrado de *L. rigidum* mediante el uso de distintos métodos o la combinación de varios de ellos.

4.1 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LOLIUM RIGIDUM

4.1.1 Laboreo

Dentro del control mecánico y físico se comprueba la eficacia del laboreo ya que, dada la rápida pérdida de viabilidad, el entierro a mayor profundidad del banco de semillas suele resultar una estrategia eficaz en la disminución de poblaciones australianas de *L. rigidum* resistentes a herbicidas, como muestran Gill y Holmes (1997) en su estudio sobre la influencia de las labores del suelo en poblaciones de *Papaver rhoeas* y *L. rigidum* resistentes a herbicidas.

Se han realizado estudios sobre cuál es el efecto óptimo para la diseminación de poblaciones de *L. rigidum* resistentes a herbicidas a través de diferentes sistemas de laboreo, comparando el laboreo con vertedera y el laboreo con chisel (Torra *et al.*, 2003). Se detectó un descenso mayor en la densidad de plántulas de las poblaciones de *L. rigidum* en las parcelas sometidas a labores de vertedera que en aquellas labradas con chisel. Además, también hubo un descenso de la viabilidad con el paso del tiempo (19 meses), manteniéndose viables solo el 5% de la población tanto en superficie (0,5 cm) como en profundidad (20 cm) (Tabla 6).

Tabla 6: Porcentaje de semillas viables de *L. rigidum* durante varios meses de entierro en el suelo, a dos profundidades distintas (Torra *et al.*, 2003).

nº de meses	<i>Lolium rigidum</i>							
	0	5	7	9	10	13	16	19
0,5 cms	75,8	13,1	15,1	12,6	14,3	16,3	5,8	5,0
20 cms	75,8	39,0	34,0	23,2	23,0	9,4	3,9	4,5

4.1.2 Rotación de cultivos

En otro estudio realizado sobre los efectos de la rotación de cultivos y los sistemas de laboreo sobre la flora arvense, se comprobó que el número medio de plantas por m² de la especie *L. rigidum* en un cultivo de cebada situado en el centro de España, disminuía con la rotación de cultivos en lugar de monocultivo y además, también disminuía con sistema de laboreo en lugar de no-laboreo tal y como se puede apreciar en la Tabla 7.

Tabla 7: Número medio de plantas por m² de las especies de malas hierbas encontradas en un cultivo de cebada del centro de España bajo diferentes sistemas de manejo (media de los períodos 1993/94 y 1994/95) (Dorado et al., 1997).

Nombre científico	Secuencia de cultivos			Sistema de laboreo	
	C→V	C→G	C→C	NL	LC
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	0,2 b	0,3 b	1,8 a	1,3 a	0,2 b
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	2,4 a	0,4 b	0,2 b	1,7 a	0,3 b
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	0,2 a	0,2 a	0,1 a	0,2 a	0,0 b
<i>Draba verna</i> L. + <i>Arabidopsis thaliana</i> (L) Heynh.	0,3 a	1,0 a	0,0 a	0,8 a	0,0 b
<i>Filago pyramidata</i> L.	0,7 b	0,4 b	1,1 a	1,4 a	0,1 b
<i>Lactuca serriola</i> L.	2,0 a	1,4 a	0,7 b	2,3 a	0,5 b
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	0,1 b	0,2 b	2,1 a	1,0 a	0,6 b
<i>Papaver rhoeas</i> L.	8,5 a	3,2 b	0,6 c	6,1 a	2,1 b
<i>Polygonum aviculare</i> L.	49,4 b	12,8 c	86,8 a	19,7 b	79,6 a
<i>Scandix pecten-veneris</i> L.	0,0 b	0,0 b	42,0 a	27,9 a	0,0 b
<i>Torilis nodosa</i> Gaertn.	1,5 b	1,2 b	5,0 a	4,7 a	0,4 b
<i>Veronica triphyllos</i> L.	3,9 a	0,5 b	0,5 b	2,4 a	0,8 b

C→V= cebada→veza, C→G= cebada→girasol, C→C= monocultivo de cebada, NL= no-laboreo, LC= laboreo convencional. Para cada tratamiento, las cifras de una fila seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes.

4.1.3 Animales herbívoros

La utilización de animales herbívoros para el control de arvenses también tiene efecto sobre las semillas de *L. rigidum*. En un estudio se quiso comprobar si la utilización de aves como la codorniz (*Coturnix coturnix*) en campos de cultivo de España podía tener una labor importante en la predación de semillas de malas hierbas (Guerrero et al., 2015).

Se estudiaron 30 individuos de codorniz y 7 especies de malas hierbas, entre ellas del género *Lolium*, en concreto *L. rigidum*. El resultado de este estudio reveló que la codorniz consume las 7 semillas de las especies estudiadas, aunque existe diferencias en las cantidades consumidas de cada semilla (siendo *Centaurea cyanus* la más consumida) (Tabla 8). Además, también se comprobó que las codornices hembra son más voraces que los machos.

Tabla 8: Cantidad de semilla consumida (g) en función del sexo de la codorniz
 (Guerrero *et al.*, 2015).

EPPPO	Hembra ^(a)	Macho ^(a)
CHYCO	0,76 ± 0,10 a	0,25 ± 0,04 b
LOLRI	0,30 ± 0,03 a	0,13 ± 0,04 b
PHAPA	0,45 ± 0,04 a	0,21 ± 0,04 b
RUMCR	0,44 ± 0,07 a	0,15 ± 0,04 b
MALSS	1,19 ± 0,16 a	0,52 ± 0,08 b

^(a)Se indica el valor medio en gramos ± el error estándar, y letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test Tukey HSD.

Este hecho puede ser útil para el control de *L. rigidum* ya que, en España la codorniz es un ave típica que se puede encontrar de forma natural en las zonas de cultivos que ocupa gran variedad de hábitats tal y como menciona (Ballesteros, 1998).

En Australia, el *ryegrass* se cultivaba originalmente como pasto en grandes áreas para las ovejas ya que éstas las pastan fácilmente en las distintas fases de desarrollo. Así pues, también se puede utilizar el pastoreo como método de control para minimizar la cantidad de semillas en los campos de cultivo. Se comprobó, que 15 ovejas por hectárea, podían llegar a reducir *L. rigidum* hasta un 80% (Gill y Holmes, 1997).

4.1.4 Control químico

El método más utilizado para el control de *L. rigidum* es el químico. Los herbicidas que más se han utilizado son *diclofop*, *tralkoxidim* (Grupo A) y los herbicidas de la familia de las sulfonilureas (Grupo B) (Hermoso y Martin, 2012).

Además, los derivados de urea tienen una eficacia variable, pero en algunos casos es suficiente para solucionar el problema. Es necesario ajustar la dosis según el tipo de suelo y con densidades altas de *L. rigidum* se pueden combinar con distintos herbicidas foliares. (Hermoso y Martin, 2012)

El proflusfocarb ha sido uno de los mejores herbicidas para el control de *L. rigidum*, su aplicación óptima es en pre-emergencia aunque también se puede aplicar en post-emergencia sin que *L. rigidum* supere el estado de dos hojas. La eficacia de este herbicida, se ve marcada por la humedad presente en el suelo, de modo que, si no llueve después de su aplicación, su eficacia se verá reducida. (Hermoso y Martin, 2012)

Flufenacet puede reducir poblaciones de *L. rigidum* al nivel similar de los derivados de urea y su momento óptimo de aplicación es entre una y dos hojas. Además, admite la combinación con otros herbicidas. (Hermoso y Martin, 2012).

El glifosato es un herbicida utilizado de uso continuo en toda la geografía española. El uso repetido de este herbicida ha provocado resistencias en biotipos de *L. rigidum* (Las malas hierbas aprenden a defenderse del glifosato, 2017)

En un estudio realizado en una finca de olivos de Jaén, probaron distintos tratamientos de herbicidas aplicados *contra L. rigidum* (Tabla 9), no obstante, cletodim y cicloxidim no están autorizados para olivar.

El glifosato es un herbicida no selectivo sin o con poca actividad en el suelo que es capaz de inhibir la enzima EPSPS (5-enolpiruvil shikimato 3 fosfato sintasa) inmovilizando la ruta del ácido shiquímico, deteniendo la síntesis de proteínas (Nandula *et al.*, 2007; Steinrucken y Amrhein, 1980). Es el herbicida más utilizado a nivel mundial. *L. rigidum* ha desarrollado resistencia a este herbicida provocando pérdidas de rendimiento en los cultivos.

Tabla 9: Tratamientos herbicidas aplicados *contra L. rigidum* (Fernández *et al.*, 2015).

Tratamiento	Materia activa	g ia ha ⁻¹
1 (control)	-	-
2	glifosato	1080
3	cicloxidim + glifosato	250 + 1080
4	cletodim + glifosato	100 + 1080
5	quizalofop-p-ethyl + glifosato	125 + 1080
6	flazasulfuron + glifosato	50 + 1080

Los resultados fueron exitosos para el tratamiento de flazasulfuron+glifosato con un 97% de eficacia respecto al control no tratado, además, el tratamiento de cicloxidim+glifosato obtuvo un 92% de eficacia y por último, cletodim+glifosato y quizalofop-p-ethyl+glifosato, obtuvieron ambos una eficacia del 87%. Por el contrario, el campo en el que únicamente se utilizó glifosato tan solo mostró una eficacia del 33,66% debido a la resistencia que *L. rigidum* ha desarrollado según explica (Fernández *et al.*, 2015).

Además, se proponen dos estrategias, la primera se aplica cuando las plántulas todavía están poco desarrolladas, para afianzar una menor exposición a escapes y cuando la pluviometría no es excesiva, durante los meses de otoño a invierno. Se emplean herbicidas de preemergencia y post-emergencia, como flazasulfuron en época temprana (octubre a noviembre), eliminando así las semillas que ya han germinado o las plántulas que están por nacer, y más adelante (febrero a marzo) se aconseja realizar otra aplicación combinando materias activas, pero sin volver a aplicar las de los meses de otoño (glifosato + quizalofop-p-ethyl). La segunda estrategia, se aconseja utilizarla cuando la pluviometría es elevada o para el repaso de rodales, consiste en utilizar materias activas como antigramíneos autorizados y sustituir los tratamientos de los meses de otoño-invierno por la aplicación en los meses de mayo a junio (Fernández *et al.*, 2015).

4.1.5 Alelopatía

Los aceites esenciales de las plantas aromáticas tienen diferentes usos, por ejemplo, como aromatizantes en la industria alimentaria o como fragancias en perfumería, pero investigaciones recientes han verificado que los aceites esenciales pueden tener propiedades bactericidas, fungicidas o insecticidas.

En un estudio se quiso comprobar el efecto sobre la germinación y la longitud de la raíz de *L. rigidum* producido por la aplicación de 19 compuestos aislados, que forman parte de la composición de aceites esenciales de diferentes especies (Tabla 10) (*p*-cimeno, *trans*-anetol, β -pineno, timol, α -pineno, linalol, mirceno, carvacrol, limoneno, carvona, ocimeno, fenchona, eucaliptol, tujona, metil cinamato, eugenol, *trans*-2-decenal, estragol y decanal) a distintas concentraciones (0, 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 y 640 nL/cm³) y también se estudió la sinergia entre algunos de ellos.

Tabla 10: Listado de los 19 componentes principales de los aceites esenciales utilizados en el ensayo y sus nombres químicos (Vasilakoglou et al., 2013).

a/a	Essential oil component	Chemical name
1	trans-Anethole (98%) ^a	1-Methoxy-4-[1-propenyl]benzene
2	Thymol (98%) ^a	2-Isopropyl-5-methylphenol
3	Linalool (97%) ^a	2,6-Dimethyl-2,7-octadien-6-ol
4	Carvacrol (98%) ^b	5-Isopropyl-2-methylphenol
5	(+)-Carvone ($\geq 98.5\%$) ^b	2-Methyl-5-(1-methylethenyl)-2-cyclohexenone
6	(+)-Fenchone (98%) ^a	1,3,3-Trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one
7	Estragole ($\geq 98.5\%$) ^b	4-Allylanisole
8	Thujone ($\geq 99\%$) ^b	[1S,4,5R]-4-Methyl-1-[propan-2-yl]bicyclo[3.1.0]hexan-3-one
9	Eugenol (99%) ^a	4-Allyl-2-methoxyphenol
10	trans-2-Decenal (97%) ^a	Decenaldehyde (synonym)
11	Decanal (96%) ^a	Aldehyde C-10 (synonym)
12	Methyl cinnamate, predominantly trans (99%) ^a	Methyl [E]-3-Phenylprop-2-enoate
13	Eucalyptol ($\geq 98.0\%$) ^b	1,3,3-Trimethyl- 2-oxabicyclo[2,2,2]octane
14	Ocimene ($\geq 90\%$) ^b	3,7-Dimethyl-1,3,7-octatriene; 3,7-dimethyl-1,3,6-octatriene
15	(+/-)-Limonene (96%) ^a	1-Methyl-4-[1-methylethenyl]-cyclohexene
16	Myrcene ($\geq 95.0\%$) ^b	7-Methyl-3-methylene-1,6-octadiene
17	(+)- α -Pinene (98%) ^a	[1R,5R]-2,6,6-Trimethyl bicyclo[3.1.1]hept-2-ene ((-)- α -Pinene)
18	(1S)-(-)- β -Pinene (99%) ^a	6,6-Dimethyl- 2-methylenebicyclo [3.1.1] heptane
19	p-Cymene (97%) ^a	1-Methyl-4-[1-methylethyl]benzene

Los resultados demostraron que los aceites esenciales que causaron un mayor efecto de inhibición en la longitud de la raíz y en la germinación de semillas fueron carvona, linalol, carvacrol, timol y *trans*-anetol, en comparación con el resto de compuestos. Además, se inhibió por completo la germinación y la longitud de raíz a la concentración de 160 nL/cm³. A esta misma concentración, los compuestos trans-2-decenal, tujona, fenchona, estragol y eugenol tuvieron una inhibición intermedia. Por último, mircenol, p-cimeno, β -pineno, ocimeno, α -pineno y limoneno tuvieron efectos fitotóxicos ligeros.

Respecto a los efectos de la combinación de los distintos compuestos, se comprobó que timol, linalol, carvacrol o *trans*-anetol con fenchona, carvona, eucaliptol, tujona o eugenol presentan sinergia entre ellos.

Estos resultados demuestran que los compuestos de aceites esenciales o la combinación de ellos a elevadas concentraciones podrían usarse en un futuro como herbicidas naturales aplicándolos previamente o después de nuevas estrategias para el manejo de malas hierbas (Vasilakogloua *et al.*, 2013).

4.1.6 Organismos plaga

Existen pocas investigaciones acerca de las relaciones entre las plantas y organismos vivos presentes en el suelo y las rizobacterias. En una investigación, se quiso estudiar el efecto de las rizobacterias en el crecimiento y germinación de dos especies anuales: *L. rigidum* y *Raphanus raphanistrum*. Recolectaron diferentes especies de plantas adultas de poblaciones del centro-oeste de España (Tabla 11), además de tres muestras de suelo (Suelo A, Suelo B y Suelo C).

Tabla 11: *Nombres científicos de las especies de plantas de las que se extrajeron los aislamientos bacterianos. Los nombres de los distintos aislamientos siguen los nombres científicos de las diferentes especies (Pérez-Fernández et al., 2004).*

Plant species	Family	Bacterial isolates
<i>Hymenocapsa hispanicus</i> Lassen	Fabaceae	Hyhis 1; Hyhis 2
<i>Trifolium arvense</i> L.	Fabaceae	Trarv 1; Trarv 2
<i>Trifolium chusii</i> L.	Fabaceae	Trclu 1; Trclu
<i>Ornithopus compressus</i> L.	Fabaceae	Orcom
<i>Avena sterilis</i> L.	Poaceae	Avste
<i>Briza maxima</i> L.	Poaceae	Brmax 1; Brmax 2
<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae	Brtec 1; Brtec 2
<i>Holcus lanatus</i> L.	Poaceae	Holan 1; Holan 2
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Poaceae	Lorig
<i>Poa bulbosa</i> L.	Poaceae	Pobul
<i>Rumex bucephalophorus</i> (Steinh)Reich.fil.	Poligonaceae	Rubuc

De 20 aislamientos bacterianos aplicados a plántulas y semillas de *L. rigidum*, el resultado mostró distintas relaciones de mutualismo y competencia. Se observaron diferencias en el crecimiento de las plántulas en función de los inoculantes (Figura 7). Seis inoculantes aplicados sobre *L. rigidum* (Rubuc, Hyhis 1, Holan 1, Trarv 1, Brtec 2 y Brtec1) no mostraron diferencias significativas en el crecimiento de las plántulas en comparación con el control, por el contrario, Brmax1, Orcon, Brmax2, Pobul y Trarv2 redujeron de modo significativo el crecimiento y los inóculos restantes tuvieron valores intermedios.

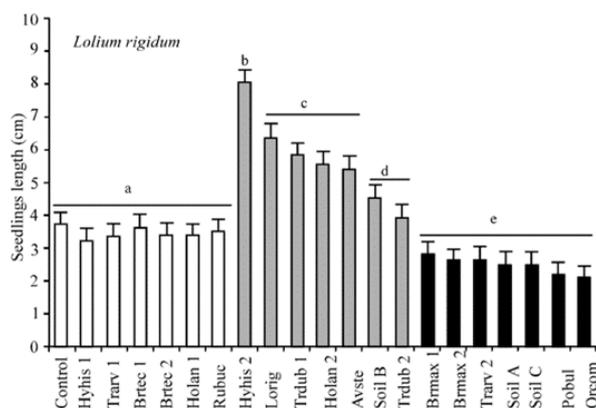


Figura 8: Longitud promedio de plántulas de *L. rigidum*, germinadas en placas Petri después de la inoculación con 20 extractos bacterianos (Pérez-Fernández *et al.*, 2004).

Se podrían utilizar algunos de estos inóculos capaces de inhibir el crecimiento de las raíces como herbicidas naturales para el control biológico de plagas (Pérez-Fernández *et al.*, 2004).

4.2 PROPUESTA DE GESTIÓN INTEGRADA

Se propone una estrategia de gestión integrada en base a los artículos y bibliografía estudiada a lo largo del proyecto, todo ello recuperado en la siguiente tabla.

Para una mayor eficacia, se recomienda la combinación de todos los métodos posibles

Tabla 12: Propuesta de gestión integrada contra *L. rigidum*. Elaboración propia

Mala hierba	<i>Lolium rigidum</i> (vallico, margall, luello)
Momento intervención	15 plantas/m ²
Métodos culturales	<ul style="list-style-type: none"> -Evitar que semillas de <i>L. rigidum</i> entren al campo con la limpieza de maquinaria y de márgenes de caminos o bordes. -Barbecho para provocar la nascencia y posteriormente eliminación de las plantas antes de que vuelvan a producir semillas. -Rotación de cultivos en lugar de monocultivo para disminuir el número por m² de plantas.
Métodos físicos y mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> -Laboreo con vertedera que implique que la semilla quede enterrada en profundidad. -Acolchado con plásticos negros o materiales orgánicos que impidan la germinación y desarrollo de las plantas. -Siega de plantas antes de que fructifiquen para evitar que el campo se vuelva a infestar de semillas. -Solarización en verano cuando las temperaturas son elevadas y después de haber regado el campo para que las semillas pierdan la capacidad de germinación.
Métodos biológicos	<ul style="list-style-type: none"> -Utilización de codornices hembra para la predación de semillas o de ovejas para el pastoreo. -En un futuro, el uso de herbicidas naturales que contengan compuestos fitotóxicos presentes en aceites esenciales, como timol, carvacrol, trans-anetol, carvona o el uso de algunos de ellos combinados para aprovechar sus sinergias, como inhibidores de la germinación de semillas o del desarrollo de plántulas. -Se está desarrollando el uso de extractos bacterianos que ayuden en la inhibición de la germinación y la reducción de la longitud de raíces.
Métodos químicos	<ul style="list-style-type: none"> -Se pueden utilizar aquellos productos fitosanitarios que estén autorizados en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. -Cuando las plántulas están poco desarrolladas, en los meses de octubre a noviembre, aplicación de flazasulfuron y de febrero a marzo hacer aplicación de glifosato + quizalofop-p-ethyl. -Cuando la pluviometría es elevada utilizar antigramíneos y sustituir la aplicación de los meses de otoño-invierno por los meses de mayo a junio -Para evitar la aparición de resistencias, es aconsejable diversificar los herbicidas anualmente y con distintos métodos de acción para el conjunto de una rotación con distintos cultivos. -Preferentemente realizar aplicaciones precoces.

5. CONCLUSIÓN

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica de los distintos métodos de control del *Lolium rigidum*. Esta revisión ha permitido realizar una propuesta de gestión integrada basada en la combinación de distintos métodos como:

- Los métodos culturales
- Los métodos de control físicos
- Los métodos de control biológicos
- Los métodos químicos

Con la integración de estos métodos se ha buscado conseguir un uso sostenible de los plaguicidas a través de la minimización de los riesgos para el medio ambiente y los seres vivos, y teniendo en cuenta los efectos nocivos del uso de plaguicidas tanto para el medio ambiente como para la salud humana. Además, se ha comprobado que mediante la combinación de los distintos métodos dentro de una estrategia de gestión integrada se minimiza el riesgo de aparición de resistencias.

6. REFERENCIAS

Aepa. Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas. (2017). Inicio.

Accedido el 9 de julio del 2020 de: <http://www.aepla.es>

Aramendía, L. Á. I. (2005). El género *Lotium*: Claves dicotómicas. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, (60), 143-155. Accedido el 7 de julio del 2020 de:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1419865>

Ballesteros, F (1998) Las especies de caza en España (Ed. Estudio y Gestión del Medio), Oviedo, 162-169.

Bàrberi, P. (2004). Métodos preventivos y culturales para el manejo de malezas. *Labrada, R.(Ed)*, 197-213. Accedido el 4 de julio del 2020 de:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3180.2004.00388.x>

Benet, F. M. (2002). Situación actual de la Producción Integrada en España. *Vida Rural*, (147), 27-34. Accedido el 7 de julio del 2020 de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=211257>

Camacho, J. (2014). *Biología Aplicada al control de malas hierbas*. Accedido el 14 julio del 2020 de: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-pablo-de-olavide/biologia-vegetal/apuntes/tema-8-biologia-aplicada-al-control-de-malas-hierbas/3980201/view>

Castellanos Frías, E., García de León, D., Bastida, F., & González Andújar, J. L. (2015). Predicción de la distribución geográfica global de " *Lolium rigidum*" bajo condiciones de cambio climático. In XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología: La Malherbología y la transferencia tecnológica: Sevilla, 19-22 octubre 2015, 297-302. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Accedido el 9 de julio del 2020 de: <https://idus.us.es/handle/11441/32566>

Davies S. L., Storrie A. M., Cook A. S., Latta R. A., Swan A. D., Peoples M. B. (2006) Factors influencing herbicide efficacy when removing lucerne prior to cropping. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **46**, 1301-1311. Accedido el 6 de julio del 2020 de: <https://www.publish.csiro.au/an/ea05220>

Delgado Enguita, I. (2012). Abandono de tierras y cubiertas vegetales orientadas a la producción de pastos en zonas áridas y semiáridas de la cuenca media del Ebro. *Rosa María Canals Tresserras, Leticia San Emeterio Garcíandía (eds): Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción= Abeltzaintza estentsiboaren erronka berriak: galtzeko arriskuan dagoen kontserbazio eragilea. 51 Reunion Científica de la SEEP. Pamplona, 14-18 de mayo de 2002.*

Díaz, E., & Gorrochategui, A. (2005). Manejo de poblaciones de *Lolium rigidum* resistentes a herbicidas. Accedido el 4 de Julio del 2020, de: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/173-noviembre-2005/manejo-de-poblaciones-de-lolium-rigidum-resistentes-a-herbicidas>

Dorado, J., Raynaud, C., & Guereñu, J. (1997). Efectos de la rotación de cultivos y los sistemas de laboreo sobre la flora arvense en ambiente semiárido. Accedido el 14 Julio del 2020, de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=563885>

Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE): resultados de años anteriores. (2020). Accedido el 3 de julio del 2020 de: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-anteriores/>

Fernández, P., Román, R., Vilamajó, J., & Amián, R. (2015). Alternativas para el control químico de "Lolium rigidum" resistente a glifosato en olivar. Accedido el 14 Julio del 2020, de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4999092>

Fernández-Moreno, PT; Bastida, F; De Prado, R. Universidad de Córdoba (2020). Las malas hierbas aprenden a defenderse del glifosato. Accedido el 18 de julio del 2020 de: <https://www.uco.es/ucci/es/noticias-gen/item/1790-las-malas-hierbas-aprenden-a-defenderse-del-glifosato>

Forastero, M. (2013). Gestión integrada de plagas. Accedido el 18 julio del 2020, de: <https://www.insst.es/documents/94886/214929/MANUEL+FORASTERO/f5952ad0-acce-4a49-b0cb-2c07a2a6d18b>

Gill, G. S., & Holmes, J. E. (1997). Efficacy of cultural control methods for combating herbicide-resistant *Lolium rigidum*. *Pesticide Science*, 51(3), 352-358. Accedido el 9 de julio del 2020 de: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199711\)51:3%3C352::AID-PS648%3E3.0.CO;2-M](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1096-9063(199711)51:3%3C352::AID-PS648%3E3.0.CO;2-M)

Girart, D., Robleño, I., Estrada, J., Mañosa, S., Morales, M. B., Traba, J., & Cabau, G. B. (2018). *Manual de gestión de barbechos para la conservación de aves esteparias*. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. Accedido el 10 de julio del 2020 de: <http://www.ctfc.cat/docs/l libre%20barbecho%20per%20web.pdf>

Guerrero, L., López-Navarro, P., González-Redondo, P., & Urbano, J. M. (2015, October). Papel de la codorniz en la agroecología de malas hierbas (I). Consumo de semillas. In *Proceedings XV Congreso de la SEMh* (pp. 20-21). Accedido el 7 de julio del 2020 de: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Urbano3/publication/283515703_PAPEL_D_E_LA_CODORNIZ_EN_LA_AGROECOLOGIA_DE_MALAS_HIERBAS_I_CONSUMO_DE_SEMILLAS/links/563cf13908ae8d65c0117677.pdf

Heap. (2020). Weedscience. Accedido el 29 de junio del 2020, de: <http://www.weedscience.org/Home.aspx>

Hermoso, I. G., & San Martín, J. A. L. (2012). Control de malas hierbas en cereal de invierno: resultados de la experimentación. *Navarra agraria*, (194), 21-30. Accedido el 6 de julio de: <http://www.nolaboreo.es/fotosbd/herbis-web.pdf>

Inda, L. (2005). El género *Lolium*. Claves dicotómicas. *Real Academia de Ciencias, Zaragoza*, 60, 143-155. Accedido el 29 de junio de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1419865>

IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change. (2020). Accedido el 30 de Junio del 2020, de: <https://www.ipcc.ch/>

Izquierdo i Figarola, J., Recasens i Guinjuan, J., Fernández-Quintanilla, C., & Gill, G. (2003). Effects of crop and weed densities on the interactions between barley and *Lolium rigidum* in several Mediterranean locations. *Agronomie*, 2003, vol. 23, núm. 7, p. 529-536. Accedido el 18 de junio de: <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/10988>

Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., & Chauhan, B. S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57-65. Accedido el 9 de julio del 2020 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219415000782>

Jareño, M. L. B. (2010). La Gestión Integrada de Plagas en el marco de la Directiva 2009/128/CE, sobre Uso Sostenible de los Plaguicidas. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, (222), 91-92. Accedido el 5 de julio de 2020 de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3314064>

Liebman, M., & Davis, A. S. (2000). Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *WEED RESEARCH-OXFORD-*, 40(1), 27-48. Accedido el 3 de julio del 2020 de: <https://pdfs.semanticscholar.org/4b5a/0d1151086970535ca77f898daa7c036ec053.pdf>

MAGRAMA. Guía de buenas prácticas mezclas final (2015). Accedido el 4 de julio del 2020 de: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiabuenaspracticamezclasfinalcorregido_tcm30-57931.pdf

Maria A. Perez-Fernandez, M. Lopez-Martin, R. Flores-Vargas, E. Calvo-Magro and G. O'Hara, 2004. Screening of Soil Micro-organisms and Their Influence in the Establishment of Annual Herbaceous Species. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3: 532-538. Accedido de: <https://scialert.net/abstract/?doi=ajps.2004.532.538> el 15 de julio del 2020.

Molisch, H. (1937). The influence of one plant on another allelopathy. Accedido el 2 de julio de 2020 de: <https://www.researchgate.net/publication/322011286>

Nandula, V. K., Reddy, K. N., Rimando, A. M., Duke, S. O., & Poston, D. H. (2007). Glyphosate-resistant and-susceptible soybean (*Glycine max*) and canola (*Brassica napus*) dose response and metabolism relationships with glyphosate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(9), 3540-3545. Accedido el 2 de julio del 2020 de: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf063568l>

Plan de acción nacional para el uso sostenible de productos fitosanitarios. MAPAMA (2017). Accedido el 5 de julio del 2020 de:

https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/plandeaccionnacional2018-2022_tcm30-437711.pdf

Pérez-Fernández, M. A., Lopez-Martin, M., Flores-Vargas, R., Calvo-Magro, E., & O'Hara, G. (2004). Screening of soil micro-organisms and their influence in the establishment of annual herbaceous species. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(4), 532-538. Accedido el 13 de julio de 2020 de:

https://www.researchgate.net/publication/45946336_Screening_of_Soil_Micro-organisms_and_Their_Influence_in_the_Establishment_of_Annual_Herbaceous_Species

Ponce, R. G. (2006). Métodos para el control de malas hierbas: Culturales. (I). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General Técnica. Accedido el 10 de julio de 2020 de:

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2006_2119-2120.pdf

Portela, A. (2009). Producción Integrada en la Agricultura. Accedido el 30 de junio de 2020 de

<http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=003511d8-73f9-4278-9be9-3833b72f7bfa>.

Qatar e-Nature (2020). Rye grass. Accedido el 3 de junio del 2020 de:

<https://www.enature.qa/specie/rye-grass/>.

RAE. Definición de gestión integrada de plagas. Diccionario panhispánico del español jurídico (2020). Accedido el 2 de julio del 2020 de:

<https://dpej.rae.es/lema/gesti%C3%B3n-integrada-de-plagas>

Rallo, P., Dorado, G., de la Rosa, R., Díaz, A., Ballesteros, J., & Martín, A. Desarrollo y utilización de marcadores microsatélites de olivo (CAO98-001-C3-2). Accedido el 9 de julio del 2020 de :

https://www.researchgate.net/publication/332209735_DESARROLLO_Y_UTILIZACION_DE_MARCADORES_MICROSATELITES_DE_OLIVO_CAO98-001-C3-2_FORO_DEL_OLIVAR_Y_EL_MEDIO_AMBIENTE_RESUMEN

Roché, C. (2020). File: FNA24 P178 Lolium pg 457.jpeg - FNA. Accedido el 26 de junio del 2020, de:

http://beta.semanticfna.org/File:FNA24_P178_Lolium_pg_457.jpeg#filelinks

Stace, CA y Cotton, R. (1980). *Lolium* L. – W: TUTIN TG, HEYWOOD VH, BURGESS NA, MOORE DM, VALENTINE DH, WALTERS SM, WEBB DA (rojo). *Flora Europaea*, 5, 153-154. 1980 Cambridge. Cambridge University Press.

Steinrücken, H.C. & Amrhein, N. 1980. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimate acid-3-phosphate synthase. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 94(4), 1207-1212. Accedido el 29 de junio del 2020 de: https://media.ellinikahoaxes.gr/uploads/2018/08/steinrucken1980.pdf?_cf_chl_jschl_tk=_ea29ff096d525e8e1262c5b5c9038fa97133c102-1595659452-0-AdJs03AHVQKcFckNe2p6m2j7zb8tyUWdlvZSpv6vUuxf-kgRDYY7wPWc9yxacpioaUPjGTI8JPYkFF4Hqs_twuazTI7YOpX5yxvPPbvYWaawaKqhqCm3g-BzK-uh3NVJCL_snZrs-Er0iCn65gr_Heka8QzHkAVGsFzJzX-n-YLRLd2f_Yn0roD-RFqxPTMyXSJSsp7jDnai89OtX1-xCIYTdjjiTHp96Cj0aV-kVMkGzcPNSKFycsjqZzKJXY739Gykp1yFsrLA0nhzFpCkHrLeAmn0lhezszqLsnXIQ52Y6z7F_NFRmapwMq8sGySiX7fJM1dh3FYJMOUuybEBa_AZmTC32_G_xFMVj2n6O2UdedbMED-5gS6geh5B1AkaA

Taberner Palou, A. (1996). *Biología de Lolium rigidum* Gaud. Como planta infestante del cultivo de cebada. Aplicación al establecimiento de métodos de control (Doctoral dissertation, Universitat de Lleida). Accedido el 3 de julio de 2020 de: <http://www.cervantesvirtual.com/obras/autor/taberner-palou-andreu-1888>

Taberner Palou, A., Cirujeda Ranzemberger, A., & Zaragoza Larios, C. (2007). Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. 100 preguntas sobre resistencias. Terrell, E.E. (1968). *Una revisión taxonómica del género Lolium* (Vol. 1392). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Accedido el 21 de junio del 2020 de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iMEj3lelY0kC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Taxonomic+Revision+of+the+Genus+Lolium+Lolium+rigidum&ots=ElYcCbsnOF&sig=eGoEmz-85JWm-2JXv0wH4jwRJ7E#v=onepage&q=Taxonomic%20Revision%20of%20the%20Genus%20Lolium%20Lolium%20rigidum&f=false>

Torra, J., Cirujeda, A., Planes, J., Aibar, J., Taberner, A., & Recasens, J. (2003). Persistencia del banco de semillas e influencia de las labores del suelo en poblaciones de *Papaver rhoeas* y *Lolium rigidum* resistentes a herbicidas. In *Proceedings Congreso* (pp. 74-78). Accedido el 11 de julio del 2020 de: <http://semh.net/descarga/ACTAS/ActasSEMh2003.pdf#page=84>

Ubillos, M. Á. M. (2000). Visión general sobre las malas hierbas. In Investigación humanística y científica en La Rioja: homenaje a Julio Luis Fernández Sevilla y Mayela Balmaseda Aróspide (pp. 381-390). Instituto de Estudios Riojanos. Accedido el 11 de julio de 2020 de: dialnet.unirioja.es

Vasilakoglou I, Dhima K, Paschalidis K. & Ritzoulis C. (2013) Herbicidal potential on *Lolium rigidum* of nineteen major essential oil components and their synergy, Journal of Essential Oil Research, 25:1, 1-10. Accedido el 7 de julio del 2020 de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10412905.2012.751054>

Weedscience. Accedido el 6 de julio de 2020 <http://weedscience.org/Home.aspx>