

04-029

**CAMELINA CULTURE (CAMELINA SATIVA (L.) CRANTZ) IN COLD ZONES OF SPAIN:
VIABILITY PILOT PROJECT.**

Mostaza Colado, David ⁽¹⁾; Mauri Ablanque, Pedro Vicente ⁽¹⁾; García Arlegui, Alejandro ⁽²⁾;
Díaz Fuentes, Lidia ⁽²⁾; Capuano, Anibal ⁽³⁾

⁽¹⁾ IMIDRA, ⁽²⁾ IMIDRA-UA, ⁽³⁾ CAMELINA Company España

Within the framework of Operational Group projects financed by IMIDRA (PDR GO), the CAMEVAR project (PDR18-CAMEVAR) presents results from camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) culture in cold and semi-arid zones of the central Spain area. We used several camelina varieties provided by Camelina Company Spain for this assessment; seeded in microplots and plots (direct seeding and tillage) in an autumn-winter crop cycle. In addition, and at the same time, we performed germination tests in a refrigeration chamber to simulate frosts (in Petri dishes), in a greenhouse and outdoors (in pots). Based on the study of the development of these varieties in this cold and semi-arid climate environment, it will be possible to determine those that show better growth and resistance and that offer a higher production yield. Therefore, aiming to promote its cultivation in the central area of Spain and surrounding areas (Community of Madrid and plateaus) in rotation with other cereals, to encourage sustainable soil conservation and promote the rural sector.

Keywords: Operational groups; agro-energy crops; biomass; alternative crops.

**CULTIVO DE CAMELINA (*Camelina sativa* (L.) Crantz) EN ZONAS FRÍAS DE ESPAÑA:
PROYECTO PILOTO PARA ESTUDIAR SU VIABILIDAD.**

En el marco de proyectos de grupos operativos financiados por IMIDRA (PDR GO), el proyecto CAMEVAR (PDR18-CAMEVAR) presenta los resultados relativos al cultivo de camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) en zonas frías y semi-áridas del centro de España. Para este ensayo se contó con diversas variedades de camelina proporcionadas por Camelina Company España. Se sembraron en microparcels y parcelas (de siembra directa y con laboreo) en un ciclo de cultivo de secano en otoño-invierno. Además, y en paralelo, se ejecutaron ensayos de germinación en cámara frigorífica para simular heladas (en placa Petri), en invernadero y en exterior (en macetas). A partir del estudio del desarrollo de estas variedades en este entorno de clima frío y semi-árido se podrá determinar aquellas que presentan un mejor crecimiento y resistencia y que ofrecen un mayor rendimiento de producción. Todo ello con el objetivo de fomentar su cultivo en la zona centro de España y alrededores (Comunidad de Madrid y mesetas) en rotación con otros cereales, de manera que se fomente la conservación sostenible del suelo y se promueva el sector rural.

Palabras claves: Grupos operativos; cultivos agroenergéticos; biomasa; cultivos alternativos.

Correspondencia: Pedro V. Mauri Ablanque pedro.mauri@madrid.org

Agradecimientos: Este trabajo se ha realizado con la financiación de IMIDRA y FEADER con el proyecto PDR18-CAMEVAR.



© 2021 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El cambio climático global es inequívoco. Se trata de un proceso que está teniendo lugar actualmente y que continuará en las próximas décadas. Como consecuencia de este fenómeno la temperatura global ha incrementado en los últimos años y seguirá haciéndolo de no tomarse medidas al respecto. En el caso concreto de España, a lo largo del siglo XX se ha observado este incremento de temperaturas, además de aumentar la frecuencia de eventos extremos como las olas de calor, los vendavales, las precipitaciones torrenciales y las heladas tardías (Herrero & Zavala, 2016). Si bien es cierto que el cambio es algo consustancial al planeta Tierra, puesto que a lo largo de sus miles de millones de años de historia ha experimentado cambios mucho más intensos que los que se avecinan; hay dos características del cambio global que hacen que los cambios asociados sean únicos en la historia del planeta: en primer lugar, la rapidez con la que está teniendo lugar, con variaciones notables en espacios de tiempo muy cortos; y en segundo lugar, el hecho de que el hombre como única especie sea el motor de todos estos cambios (Duarte et al., 2007).

En la actualidad la preocupación por el cambio climático está relacionada principalmente con las actividades antrópicas, puesto que han aumentado significativamente las concentraciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto ha conllevado al aumento de la temperatura global y a consecuencias negativas para el ser humano; tanto para su desarrollo como para sectores importantes de la economía de los países tales como la agricultura, la pesca o la silvicultura (Alloza et al., 2007; De Castro et al., 2005).

Por ello, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC), en su Sexto Informe de Evaluación (IE6, 2016), acordó que en 2022 tendría lugar el primer balance mundial de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Llegado este momento, los países examinarán los progresos realizados para lograr el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de los 2 °C, a la vez que proseguirán los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C.

Las instituciones públicas no son ajenas a este hecho y por ello llevan fomentando medidas que mitiguen los efectos del cambio climático global. Un ejemplo de ello son los proyectos cofinanciados por la Unión Europea a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) – “Europa invierte en zonas rurales”, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y la Comunidad de Madrid a través del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA) en el marco del PDR-CM 2014-2020. Debido a la afección del cambio climático global a la agricultura, es conveniente la investigación y el fomento del desarrollo de nuevas prácticas agrícolas como medida de adaptación a las nuevas condiciones globales. Como consecuencia de este hecho surge el proyecto PDR18-CAMEVAR, con el objetivo de fomentar el cultivo de la especie *Camelina sativa* (L.) Crantz en la zona central de España en rotación con otros cultivos.

Los cultivos oleaginosos como el de la camelina forman uno de los grandes grupos vegetales de mayor producción, investigación, experimentación y comercialización del mundo (Zhang et al., 2021; Zubr, 1997). Se trata de una especie nativa del Centro de Asia que pertenece a la familia de las Brassicaceae. Genera un fruto en forma de pequeñas silicuas que contienen entre seis y dieciséis semillas (Figura 1). El grano de camelina contiene aproximadamente un 42 % de grasa total y un 25 % de proteína, lo que permite la obtención de aceite y harina de camelina, de gran valor en el mercado industrial y de alimentación animal. El fomento de la producción de este cultivo se hace, por tanto, para contribuir con las políticas energéticas y ambientales que se exigen a nivel mundial, puesto que se trata de una especie de crecimiento rápido que permite obtener materias primas de calidad que sirven como precursores de las cadenas de producción de las economías mundiales (Russ W Gesch et al., 2018; R. W. Gesch & Archer, 2013; Hotton et al., 2020; Johnson & Gesch, 2013; Robinson, 1987; Zanetti et al.,

2020). Algunos de los usos más habituales de la camelina son la fabricación de piensos animales, la fabricación de aceites para uso animal, fabricación de aceites para uso alimentario, y en las industrias cosmética y farmacéutica. Por otro lado, cabe destacar su potencialidad como precursor de biocombustibles, hecho fundamental para la reducción del uso de combustibles fósiles y para alcanzar un balance neutro de generación de CO₂ (Sindelar et al., 2017; Šípalová et al., 2011; Vollmann & Eynck, 2015).

Figura 1. Inflorescencia de la planta de camelina y grano.



La rentabilidad y versatilidad del cultivo de camelina reside en todo lo anterior y en su dureza y aguante ante las variaciones climáticas y el estrés hídrico, lo que la hace idónea para zonas semiáridas como la zona central de España o la cuenca del Mediterráneo; y más teniendo en cuenta la situación actual de cambio climático global (Iskandarov et al., 2014; Leclère et al., 2019; Neupane, 2019). Destaca por su resistencia a la sequía y la reducida necesidad de insumos para su cultivo, por esto puede ser una excelente alternativa a otros cultivos de secano que tengan requerimientos más exigentes. Además, este cultivo puede emplearse en rotación con otras especies vegetales, ya que puede desarrollarse sin o con escasa fertilización, aprovechando los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio residuales que permanecen en el suelo del anterior cultivo. Se trata por tanto de un cultivo de temporada corta, adaptado a climas más fríos, en los cuales no hay un calor excesivo durante la floración, como podría ser la zona central de España y la Comunidad de Madrid.

2. Objetivos

El objetivo general del proyecto PDR18-CAMEVAR “Variedades de camelina mejor adaptadas para el cultivo en Madrid” del Grupo Operativo (GO) CAMELINA, es el desarrollo de ensayos con variedades alternativas de camelina que permitan tener criterio y rigor para la toma de decisiones mediante la adquisición y análisis de datos en campo y laboratorio durante tres campañas agrícolas.

El proyecto CAMEVAR afronta actualmente su tercera anualidad centrada en el estudio de determinadas variedades de camelina para determinar aquellas que presentan un mejor crecimiento y resistencia y que ofrecen un mayor rendimiento de producción en la zona de la Comunidad de Madrid. Para ello se han ensayado estas variedades en condiciones reales de campo de manera que se pueda analizar su comportamiento y desarrollo.

Con esto se pretende fomentar el cultivo de determinadas variedades en la zona centro de España y alrededores en rotación con otros cereales, de manera que se fomente la conservación sostenible del suelo y se promueva el fomento del sector rural; todo ello en el

marco de nuevas prácticas agrícolas como medida de adaptación y mitigación del cambio climático global.

3. Metodología

Para el desarrollo del proyecto piloto para el estudio de la viabilidad del cultivo de camelina en zonas frías del centro peninsular se plantearon una serie de ensayos con 7 variedades diferentes de camelina, proporcionadas por Camelina Company España (CCE): V3, V4, V6, V9, V10, V11 y V13.

El primero de los ensayos se ejecutó en macetas de pequeño tamaño (11x11x14 cm), con sustrato POTPLANT 020 P5 de granulometría media, libre de patógenos y de semillas de malas hierbas; compuesto por un 95% de turba rubia media y 5% de perlita. Previamente a la siembra se humedeció el sustrato para asegurar la imbibición de la semilla y un correcto germinado (Delgado Arroyo et al., 2020). El 23 de diciembre de 2020 se sembraron nueve semillas por maceta, sembrando un total de 42 macetas. Se realizaron 6 réplicas por cada variedad de semilla (Figura 2). Este primer ensayo se realizó en invernadero, con condiciones de elevada humedad y una temperatura media de 8,8 °C, con valores máximos de 23 °C y mínimos de 4,5 °C; para estudiar el comportamiento de la semilla y la viabilidad de la germinación en temperaturas impropias del invierno. El riego se realizó con aspersores de manera regular. Una semana después de la fecha de siembra se realizó un conteo y revisión del estado del cultivo para determinar la cantidad de semillas germinadas y el estado vegetativo de las plántulas.

El segundo ensayo se ejecutó en macetas al aire libre de pequeño tamaño (11x11x14 cm), con sustrato POTPLANT 020 P5 de granulometría media, libre de patógenos y de semillas de malas hierbas; compuesto por un 95% de turba rubia media y 5% de perlita. Previamente a la siembra se humedeció el sustrato para asegurar la imbibición de la semilla y un correcto germinado (Delgado Arroyo et al., 2020). El 1 de febrero de 2021, se sembraron nueve semillas por maceta, sembrando un total de 35 macetas (Figura 2). Se realizaron 5 réplicas por cada variedad de semilla. El cultivo se regó únicamente cuando las precipitaciones fueron nulas o la insolación elevada, para mantener el sustrato ligeramente húmedo. La temperatura media registrada durante este ensayo fue de 10,35 °C, con valores máximos de 30,05 °C y mínimos de -0,5 °C. Se realizó un conteo de número de semillas germinadas junto con un seguimiento del estado fenológico de periodicidad semanal para analizar la velocidad de crecimiento de cada variedad.

El tercero de los ensayos se ejecutó en laboratorio, sembrando las semillas en condiciones in-vitro en placas Petri y conservándolas en una cámara frigorífica para estudiar el proceso de germinación de la camelina a bajas temperaturas. Las placas se prepararon con una fina lámina de algodón en la base (para mantener la humedad), sobre la que se colocó un papel de filtro en el que se depositaron 50 semillas de forma regularmente espaciada (Figura 3). En este caso, se realizaron 5 réplicas para cada variedad, obteniendo un total de 35 placas Petri. Que se conservaron en una cámara frigorífica controlada a una temperatura media de 4,7 °C, con valores máximos de 8,6 °C y mínimos de 4,3 °C; durante 9 días. La cámara contaba con luces fluorescentes tipo GROLUX y blanco a proporciones iguales con un ciclo de encendido/apagado de 8/16 horas (Motsa et al., 2015). Pasados los 9 días de germinación se contaron las semillas viables (aquellas con radícula).

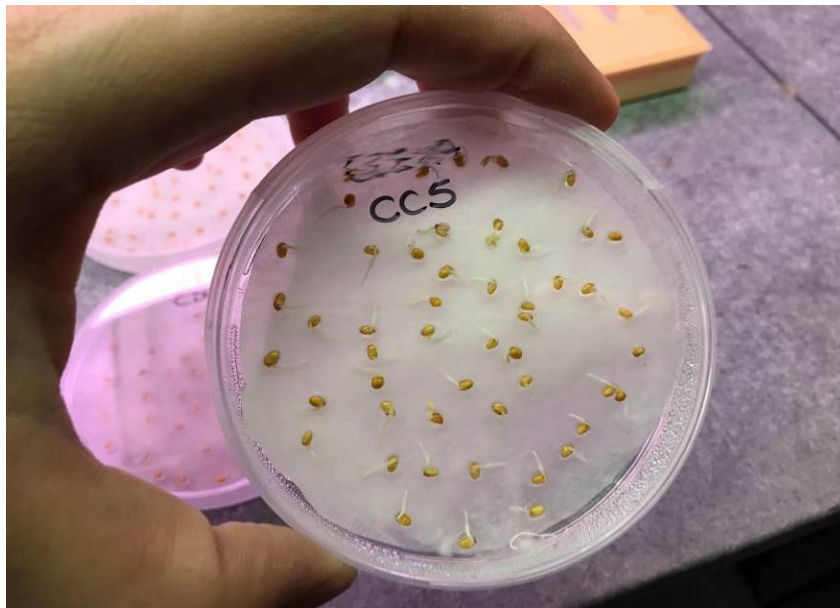
Los datos de porcentaje de germinación de semillas en placas Petri y macetas, se analizaron con el método estadístico ANOVA, mediante el programa SPSS Statistics (IBM Corp., 2017). Se consideró semilla germinada o viable aquella con radícula y cotiledones (en el caso de las

macetas); por el contrario, toda aquella semilla que tuviese alguna malformación (falta de cotiledones u otro elemento funcional para el desarrollo) se consideró como aborto.

Figura 2. Macetas del ensayo de germinación de camelina. Izquierda, en invernadero y derecha en el exterior.



Figura 3. Placa Petri del ensayo de germinación de camelina en cámara fría.



El cuarto ensayo se ejecutó a escala piloto de cultivo en campo. Para ello se sembraron superficies de una hectárea (1 ha) de cada una de las variedades de camelina, en la primera quincena de diciembre de 2020 (Figura 4). Para la preparación del terreno se comenzó con un pase de cultivador, seguido por un pase de rulo y aplicación de herbicida (glifosato). La siembra se realizó con sembradora convencional de cereal a una dosis de 8 kilos por hectárea. No se ejecutó ningún tipo de riego puesto que el cultivo se desarrolló en seco. El objetivo de este ensayo era el de servir de demostrador del desempeño de las variedades de camelina

en campo. De manera que los agricultores pudiesen ver el cultivo de primera mano durante la jornada de campo que se celebra en los meses de mayo.

Figura 4. Parcelas demostradoras en Finca El Encín (IMIDRA, Alcalá de Henares).



Adicionalmente, y en paralelo al ensayo piloto, se sembraron una serie de bandas con las diferentes variedades de camelina como método de multiplicación de semilla. Con el objetivo de obtener material genético para la siguiente campaña de campo (Figura 5). El procedimiento de siembra fue diferente al de los ensayos pilotos. Para este caso se empleó una microsembradora de la marca Wintersteiger con un ancho de siembra de 1 m. Y se ejecutaron bandas de 80 m de largo. En algunos casos se hicieron varias pasadas de microsembradora para aumentar el ancho de la banda e incrementar la cantidad de semilla final en el momento de la cosecha.

Figura 5. Bandas para la multiplicación de semilla de las diferentes variedades en Finca El Encín (IMIDRA, Alcalá de Henares).

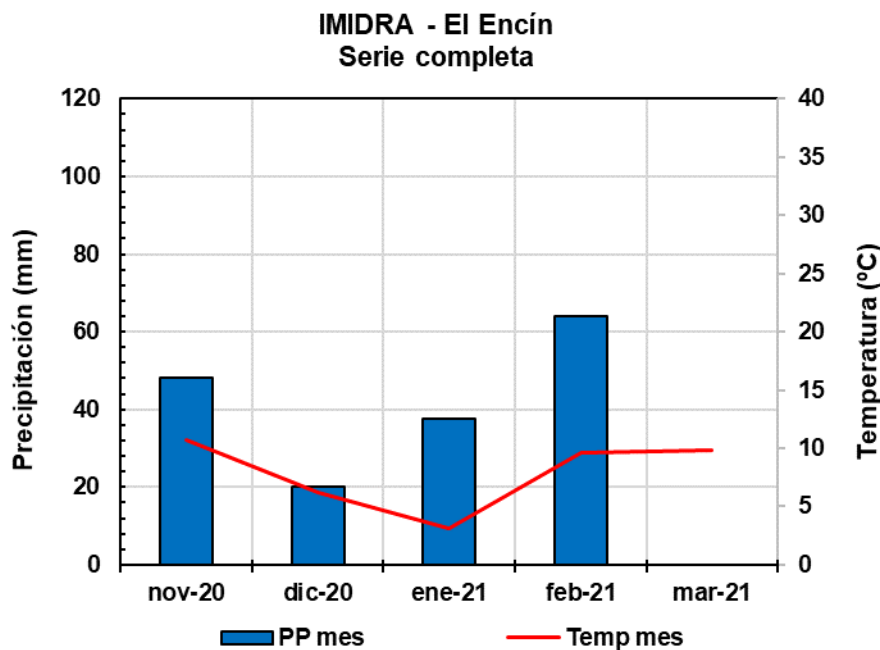


Finalmente, se sembraron 30 ha de la variedad V9 en siembra directa. Este método de labranza de conservación es una técnica de cultivo sin alteración del suelo mediante arado, que incrementa la cantidad de agua que se infiltra en el suelo, aumenta la retención de materia orgánica y la conservación de nutrientes. Para ello se empleó maquinaria diferente a la de la siembra convencional, no se hizo una labor de suelo previa a la siembra ni se empleó herbicida para dejar la parcela limpia.

Los datos meteorológicos para el estudio de las condiciones de crecimiento de las variedades de camelina sembradas en los pilotos y en las macetas de exterior se obtuvieron de la estación

meteorológica existente en la Finca Experimental El Encín de IMIDRA, en Alcalá de Henares (Madrid) (Figura 6). Durante el periodo de ensayo se registraron temperaturas máximas de 25 °C, mínimas de -14 °C y oscilaciones diarias de hasta 21,30 °C. En lo que respecta a las precipitaciones, se registraron meses sin nada de lluvia, como marzo y otros con semanas en las que se acumularon hasta 40 mm. Destacar que durante el periodo de germinación tuvo lugar la borrasca Filomena (7 de enero de 2021) con temperaturas extremadamente bajas y nevadas de muy alta intensidad que cubrieron totalmente los ensayos pilotos. Permaneciendo cubiertos por nieve durante más de una semana, lo que por un lado supuso una ventaja al proteger al cultivo frente a las bajas temperaturas extremas registradas en los días posteriores de la borrasca; pero también un inconveniente al mantenerse los niveles de humedad del suelo excesivamente altos por un largo periodo de tiempo.

Figura 6. Datos meteorológicos en el periodo de ensayo.



4. Resultados

Los primeros resultados que aquí se presentan son los relativos a la germinación de las variedades de camelina de los ensayos de macetas en invernadero y exterior y en placas Petri. En el estudio de los ensayos a pequeña escala se empleó el análisis de la varianza (ANOVA) para comparar estadísticamente las medias de poder germinativo (PG) de cada variedad de camelina por ensayo. Se determinó que existían diferencias significativas en las medias del PG de las variedades cultivadas en cámara y en el exterior a diferentes niveles de significación (Tabla 1). Así, los valores obtenidos en el ensayo en macetas en invernadero no fueron estadísticamente significativos, mientras que los de placas Petri en cámara y los de macetas en el exterior sí que lo fueron.

El análisis estadístico del poder germinativo (PG) de las semillas de camelina, expresado en tanto por ciento, arroja resultados satisfactorios en los ensayos en exterior y en cámara en placas Petri. El PG en invernadero se vio notablemente comprometido, seguramente como consecuencia del grado de humedad ambiental y temperatura media del invernadero; puesto

que estas variedades de camelina, de ciclo otoño-invierno, se comportan mejor en situaciones más frías (Tabla 2).

En lo que respecta al comportamiento de cada variedad ante el frío de la cámara, se observó que todas las variedades germinadas en placas Petri obtuvieron un PG igual o superior al 85 %. Las temperaturas bajas no fueron un impedimento para que la semilla de camelina se embebiese y comenzase a germinar. Esto es un indicativo de la adaptación al frío de estas variedades y de la potencialidad que tienen para germinar en climas fríos como los de la Comunidad de Madrid. Estos resultados se ajustan a lo esperado, puesto que ya existen estudios que determinaron la viabilidad de la germinación de la semilla de camelina en frío (Mostaza-Colado et al., 2020). Las variedades con mejor desempeño en cámara y en macetas en el exterior fueron las V11, V4, V3, V6 y V13; al igual que en experiencias previas (Mauri Ablanque et al., 2019). Si bien es cierto que, en el exterior, al existir todo tipo de factores ambientales incontrolables, el PG se vio ligeramente reducido en comparación con el registrado en las placas Petri. Aunque no así el desarrollo de la planta. Lo que implicaría, en todo caso, aumentar ligeramente la dosis de semilla en la siembra para asegurar una cobertura óptima del cultivo adulto.

Tabla 1. Suma de cuadrados del porcentaje de PG del conjunto de variedades.

Variable dependiente	Suma de cuadrados	Significación (p valor)
% GERMINADAS invernadero	0,85	0,069 ^{ns}
% ABORTO invernadero	0,09	0,404 ^{ns}
% GERMINADAS cámara	0,06	0,001 ^{***}
% ABORTO cámara	0,06	0,000 ^{***}
% GERMINADAS exterior	0,79	0,003 ^{**}
% ABORTO exterior	0,46	0,000 ^{***}

Los niveles de significación se representan mediante: ** ($p_{valor} < 0,010$), *** ($p_{valor} < 0,001$) y ns (no significativo).

Tabla 2. Porcentajes de germinación para cada uno de los ensayos.

Invernadero			Cámara				Exterior		
Subconjunto			Subconjunto				Subconjunto		
variedad	1	2	variedad	1	2	3	variedad	1	2
V9	0,22 ^a		V9	0,85 ^a			V9	0,37 ^a	
V4	0,24 ^a		V10	0,88 ^{ab}	0,88 ^b		V10	0,40 ^a	
V11	0,26 ^a		V13		0,93 ^{bc}	0,93 ^c	V11	0,57 ^{ab}	0,57 ^b
V6	0,26 ^a		V6		0,93 ^{bc}	0,93 ^c	V3		0,66 ^b
V10	0,33 ^a		V3			0,96 ^c	V4		0,68 ^b
V3	0,35 ^a		V4			0,96 ^c	V6		0,73 ^b
V13		0,71 ^b	V11			0,97 ^c	V13		0,80 ^b

Cada subconjunto indica la agrupación estadística por PG de las variedades en función del ensayo ejecutado. Valores medios de PG para las diferentes variedades en cada uno de los ensayos ejecutados. Las medias con letras (a, ab, bc,c) son significativas ($p_{valor} < 0,05$) de acuerdo al Test Duncan de separación de grupos.

En lo que respecta a los datos de rendimiento de semilla de las parcelas estos no estarían disponibles hasta el momento de la cosecha en el mes de junio de 2021. Se espera que los resultados a escala piloto sean satisfactorios puesto que el mes de enero fue frío y ha existido humedad en todo el periodo de germinación y crecimiento de la planta (Figura 6). Además, el cultivo de camelina superó la borrasca Filomena y creció con vigorosidad hasta la fecha de este documento. Los siguientes meses (de marzo hasta julio) serán los más críticos en cuanto a la afección de las condiciones ambientales al desarrollo de la planta, puesto que es cuando se forma la semilla. Será la temperatura y la humedad en forma de precipitación las que determinen la producción final de grano para estas variedades.

A nivel fenológico se han observado diferencias en cuanto al comportamiento de las diferentes variedades de camelina en condiciones reales de campo (pilotos demostradores y siembra directa). Se ha visto que existen variedades como la V4 que es capaz de competir con las malas hierbas, mientras que otras no tienen esa habilidad (Figura 7). De igual manera, se ha podido comprobar que existen variedades como la V10 que sufre de “encamamiento”; lo que implica que la planta se tumbe debido a su propio (Figura 8). Este factor complica las labores

de cosechado, puesto que el peine de la máquina tendría que ir pegado al suelo y podría generar problemas de entrada de piedras o cantos a la cosechadora.

Figura 7. Parcelas piloto: detalle de mala hierba (izq.) frente a una parcela de la variedad V4 sin mala hierba (derecha), en Finca El Encín (IMIDRA, Alcalá de Henares).



Figura 8. Detalle de parcela de camelina “encamada” de la variedad V10 en Finca El Encín (IMIDRA, Alcalá de Henares).



En lo que respecta a la variedad V9, sembrada en “siembra directa”, es la que mejor rendimiento y desempeño ha demostrado en campo. No existe mala hierba y ha desarrollado un porte excepcional en comparación con el resto de las variedades de campo (Figura 9).

Figura 9. Detalle de la parcela de la variedad V9 en siembra directa en Finca El Encín (IMIDRA, Alcalá de Henares)



5. Discusión

En la actualidad existen grandes retos medioambientales que no pueden pasar de largo en la ejecución de proyectos: el cambio climático, la erosión de suelos, la búsqueda de nuevas fuentes de energía y la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, como ejemplos. En este contexto, la agricultura juega un papel fundamental, puesto que contribuye al cambio climático por un lado, pero también se ve afectada por este fenómeno. Por ello, la Unión Europea (UE) ha determinado que se necesitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura comunitaria y adaptar el sistema de producción. Convocatorias de financiación a niveles europeos, como el fondo FEADER, y otras locales como las gubernamentales o autonómicas suponen un aliciente para el desarrollo de proyectos que busquen soluciones a estos problemas y que se adapten a las necesidades locales. Todo ello con la idea de poner el foco desde lo local a lo global.

El proyecto CAMEVAR es un ejemplo de esta filosofía, puesto que busca la introducción de un nuevo cultivo de secano como el de la camelina en la rotación tradicional de tierras. Y lo hace en el entorno de una zona semiárida como la Comunidad de Madrid. Con el objetivo de fomentar el desarrollo rural y a la vez contribuir a la agenda medioambiental de mitigación del cambio climático, reducción de la erosión de suelos y absorción de CO₂. Para ofrecer al agricultor un producto (semilla) que sea competitivo es necesario hacer una investigación previa. Comprobar in-situ el rendimiento de la semilla, su comportamiento ante las condiciones climáticas de la zona en la que se quiere implantar, valorar la calidad y el rendimiento de grano (que irá parejo al económico), etc.

Durante los tres años de desarrollo del proyecto CAMEVAR se han venido ejecutando ensayos como los expuestos en este documento. Los resultados que aquí se presentan demuestran el poder germinativo de las variedades de semillas de camelina analizadas.

Puesto que son variedades de ciclo otoño-invierno, necesitan un proceso de vernalización para comenzar a desarrollar cotiledones y radículas. Y es este frío el que favorece el óptimo desarrollo de la plántula. Como ha quedado demostrado, las condiciones elevadas de humedad y temperaturas suaves no favorecen el desarrollo de la planta e implican que no llegue a término. Lo que supondría una pérdida económica para el agricultor y el fracaso de ese cultivo en la rotación de esa anualidad.

En cambio, cuando estas variedades de camelina se siembran a finales de los meses de noviembre y principios de diciembre sí que son exitosas en su germinación y desarrollo. Es más, resisten a periodos de frío intenso o incluso nevadas, como ha quedado demostrado. Este hecho es fundamental en un escenario global en el que los fenómenos meteorológicos

son cada vez más adversos y extremistas. De ahí la necesidad de buscar nuevos cultivos que soporten estas condiciones y que sean rentables.

Otra ventaja de este tipo de ensayos es comprobar que variedades como la V9, que a priori en placa Petri y en maceta es la que peor desempeño mostraba, demuestra un excelente resultado en campo. De igual manera que permite comparar desempeños en laboratorio con desempeño en campo, no solo en lo que respecta al comportamiento y crecimiento de la planta si no a cómo le afectan factores exteriores como las malas hierbas, vientos fuertes o lluvias intensas.

5.1 Trabajos futuros

Como se ha indicado anteriormente, el contenido de este proyecto ha de desarrollarse a largo plazo. Puesto que las condiciones en las que se hace no son siempre controlables y la obtención de resultados depende de ellas. Por ello ha de trabajarse en un horizonte temporal amplio de años, que permita obtener resultados viables y contrastados.

En este marco, el proyecto PDR18-CAMEVAR quiere seguir investigando en el cultivo de la camelina en la Comunidad de Madrid, de manera que se involucren nuevos actores o elementos a testar (variedades, métodos de siembra, uso de fitosanitarios, etc.) y que permitan una visión amplia y multidisciplinar.

6. Conclusiones

Los proyectos piloto como el que lleva a cabo el proyecto PDR18-CAMEVAR son de extrema utilidad para estudiar y analizar elementos de nuestro entorno como puede ser el sector agrario. En este caso en concreto el estudio del comportamiento de ciertas variedades de un cultivo oleaginoso (camelina) al frío, para determinar su adaptación a nuevas zonas y que permita la explotación del suelo de manera sostenible y el desarrollo rural del sector agrario.

Todas las variedades de camelina ensayadas demostraron, a priori, tener un PG elevado en el ensayo en cámara sobre placa Petri, lo que las haría viables para su uso en campo. Si bien es cierto que este PG se vio ligeramente reducido en los ensayos en exterior e invernadero como consecuencia de la existencia de factores ambientales.

La variedad V9 es la que peor desempeño mostró en todos los ensayos de PG en macetas y placas Petri, pero ha sido la que mejor crecimiento ha tenido en campo en siembra directa.

La variedad V4, a pesar de no ser de las que mejores resultados de PG obtuvo, ha sido la que mejor comportamiento ha tenido frente a las malas hierbas. Limitando el crecimiento de estas.

Estos resultados pueden estar influidos por las condiciones en la que se gestó la semilla en la anualidad anterior o por las condiciones ambientales en las que ha crecido la planta. Por todo ello, se requieren de estudios a más largo plazo, puesto que las variables que afectan al ensayo (insolación, temperatura, plagas, precipitaciones, etc.) no son controlables; y pueden tener efectos adversos en el desarrollo de la planta o fruto. De igual manera, las soluciones

que se propongan para corregir estas desviaciones no tienen un efecto inmediato, y se requiere de tiempo para evaluar su efectividad.

El hecho de contar con material genético (semillas de las variedades sembradas en las bandas) que se ha desarrollado en las mismas condiciones que el resto de los ensayos permite comprobar el desempeño de las variedades seleccionadas en siguientes anualidades.

Es ahí donde radica la importancia de proyectos como el PDR18-CAMEVAR que analizan a largo plazo tanto a la planta, como las variables que le afectan y las soluciones propuestas, para poder conocer mejor las necesidades del cultivo.

Si a este hecho se le suma la importancia de que el proyecto no solo busca el estudio de un cultivo, sino estudiar las sinergias y posibilidades que este tiene para con la mejora de la sostenibilidad agraria o la reducción de los efectos del cambio climático global, surge una excelente combinación entre ciencia e ingeniería.

7. Referencias

- Alloza, J. A., Bogino, S. M., Bravo, F., Bravo-Oviedo, A., Broto, M., Cámara, A., Canga Líbano, E., Delgado, J. A., Díaz Balteiro, L., Fernández Nieto, M. J., Gallardo Lancho, J. F., Gómez, C., Herrero, C., Lizarralde, Í., Menéndez Míguez, M., Merino, A., Montero, G., & Moro, O. (2007). *El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático* (F. Bravo, Ed.; 1ª Edición).
- De Castro, M., Martín-Vide, J., & Alonso, S. (2005). El Clima De España: Pasado, Presente Y Escenarios De Clima Para El Siglo XXI. In J. Creus Novau (Ed.), *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático* (pp. 1–64). Ministerio de Medio Ambiente (España).
- Delgado Arroyo, M. del M., Álvarez Gallego, S., Capuano Asinari, A., & Martínez Delgado, S. (2020). CAMELINA (Camelina sativa L. CRANTZ) VARIETIES FOR BIODIESEL PRODUCTION. CRITERIA FOR CONVENTIONAL PLANT BREEDING. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 207–230. <https://doi.org/10.20937/rica.53611>
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A. F., Simó, R., & Valladares, F. (2007). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra* (P. Tígeras Sánchez, S. Asensio Llamas, M. Á. Puig-Samper, A. Navas Sánchez, G. Nieto Feliner, J. Martínez de Salazar, J. Pérez del Val, R. Martínez Cáceres, & C. Guerrero Martínez, Eds.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gesch, Russ W, Matthees, H. L., Alvarez, A. L., & Gardner, R. D. (2018). *Winter Camelina : Crop Growth, Seed Yield, and Quality Response to Cultivar and Seeding Rate*. 10(october), 1–10. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0018>
- Gesch, R. W., & Archer, D. W. (2013). Double-cropping with winter camelina in the northern Corn Belt to produce fuel and food. *Industrial Crops and Products*, 44, 718–725. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.023>
- Herrero, A., & Zavala, M. A. (2016). Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España Realizado. In *Ecosistemas* (Vol. 25, Issue 1).
- Hotton, S. K., Kammerzell, M., Chan, R., Hernandez, B. T., Young, H. A., Tobias, C., McKeon, T., Brichta, J., Thomson, N. J., & Thomson, J. G. (2020). Phenotypic Examination of Camelina sativa (L.) Crantz Accessions from the USDA-ARS National Genetics Resource Program. *Plants*, 9(5), 642. <https://doi.org/10.3390/plants9050642>
- Iskandarov, U., Kim, H. J., & Cahoon, E. B. (2014). Camelina: An Emerging Oilseed Platform for Advanced Biofuels and Bio-Based Materials. In *Plants and BioEnergy* (pp. 131–140). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9329-7_8

- Johnson, J. M. F., & Gesch, R. W. (2013). Calendula and camelina response to nitrogen fertility. *Industrial Crops and Products*, 43(1), 684–691. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.056>
- Leclère, M., Jeuffroy, M. H., Butier, A., Chatain, C., & Loyce, C. (2019). Controlling weeds in camelina with innovative herbicide-free crop management routes across various environments. *Industrial Crops and Products*, 140(August). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111605>
- Mauri Ablanque, P. V., Capuano, A., Ruiz Fernández, J., & Mostaza Colado, D. (2019). Operational group project for disclosure of the cultivation of the camelina in the center of Spain. *23rd International Congress on Project Management and Engineering*, 029(July), 1584–1594.
- Mostaza-Colado, D., Mauri, P. V., Yousfi, S., & Capuano, A. (2020). Camelina Sativa (L.) Crantz Seed Germination: Measurement of the Germination Potential under Different Temperatures. *EUBCE 2020 (28th European Biomass Conference and Exhibition)*, 242–245. <https://doi.org/10.5071/28thEUBCE2020-1DV.2.38>
- Motsa, M. M., Slabbert, M. M., van Averbeke, W., & Morey, L. (2015). Effect of light and temperature on seed germination of selected African leafy vegetables. *South African Journal of Botany*, 99, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.185>
- Neupane, D. (2019). *Discerning Agronomic Best Management Practices for the Bioenergy Crop Camelina : A focus on Water Requirements, Sowing Date and Method, and Nitrogen Application Rate in the Semiarid Environment of Northern Nevada*. University of Nevada.
- Robinson, R. G. (1987). Camelina: a useful research crop and a potential oilseed crop. *Minnesota Ag. Expt. Stn. Bull.* 579, 2–12.
- Sindelar, A. J., Schmer, M. R., Gesch, R. W., Forcella, F., Eberle, C. A., Thom, M. D., & Archer, D. W. (2017). Winter oilseed production for biofuel in the US Corn Belt: opportunities and limitations. *GCB Bioenergy*, 9(3), 508–524. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12297>
- Šípalová, M., Lošák, T., Hlušek, J., Vollmann, J., Hudec, J., Filipčík, R., Macek, M., & Kráčmar, S. (2011). Fatty acid composition of camelina sativa as affected by combined nitrogen and sulphur fertilisation. *African Journal of Agricultural Research*, 6(16), 3919–3923. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.646>
- Vollmann, J., & Eynck, C. (2015). Camelina as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, 10(4), 525–535. <https://doi.org/10.1002/biot.201400200>
- Zanetti, F., Gesch, R. W., Walia, M. K., Johnson, J. M. F., & Monti, A. (2020). Winter camelina root characteristics and yield performance under contrasting environmental conditions. *Field Crops Research*, 252(March), 107794. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107794>
- Zhang, C., Kim, D., Jiang, C., Mahoney, J., Liu, B., Wang, Y., Gao, Y., Zhang, Y., Sun, S., Fan, J., Zhang, H., & Yan, X. (2021). Industrial Crops & Products Hourly pollen dispersal of Camelina sativa (L.) Crantz under different weather conditions and mitigation of wind-blown pollen dispersal using maize barrier. *Industrial Crops & Products*, 162(November 2020), 113318. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113318>
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: Camelina sativa. *Industrial Crops and Products*, 6(2), 113–119. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(96\)00203-8](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(96)00203-8)

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

