



# OLIVECIDA

GRUPO OPERATIVO REGIONAL

## DOCUMENTO FINAL

Proyecto innovador "Validación ambiental de la gestión sostenible de las aguas de aderezo de aceituna como agente herbicida"

**JUNTA DE EXTREMADURA**

Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Sostenible



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA  
Y ALIMENTACIÓN



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural:  
Europa invierte en las zonas rurales

Cofinanciado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) en un 85% dentro del Programa de Desarrollo Rural (PDR) de Extremadura 2014-2022, por la Junta de Extremadura en un 11,28%, y por el Estado, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), en un 3,72%



# índice

1. Introducción	04
2. Problemática efluentes	05
3. Problemática pesticidas	07
4. Necesidad del proyecto	09
5. Objetivos específicos	09
6. Resultados	10



# 1. INTRODUCCIÓN

Los Grupos Operativos, elementos clave en el desarrollo de la Asociación Europea para la Innovación en materia de agricultura productiva y sostenible, son agrupaciones de actores de distintos perfiles (agricultores, ganaderos, selvícultores, industrias agroalimentarias o forestales, centros públicos o privados de I+D+i o de formación y asesoramiento, centros tecnológicos o instituciones sin fines de lucro), que se asocian para conseguir una innovación al objeto de resolver un problema o aprovechar una oportunidad, con el enfoque de acción conjunta y multisectorial. Cada grupo está asociado a su proyecto de innovación, manteniéndose hasta que dicha innovación se lleva a cabo.

El proyecto innovador ***Validación ambiental de la gestión sostenible de las aguas de aderezo de aceituna como agente herbicida del Grupo Operativo OLIVECIDA*** se constituye en base al Decreto 140/2017, de 5 de septiembre, de la Junta de Extremadura, que establece las bases reguladoras de las ayudas para la realización de proyectos innovadores por parte de los Grupos Operativos de la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola, publicado en el Diario Oficial de Extremadura (DOE) n.º 174, de 11 de septiembre de 2017, y a la Convocatoria de estas ayudas para los sectores agroalimentario y forestal del año 2022, cuya resolución de 12 de julio de 2022, de la Secretaría General, de la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio fue publicada en el DOE n.º 138, de 19 de julio de 2022.

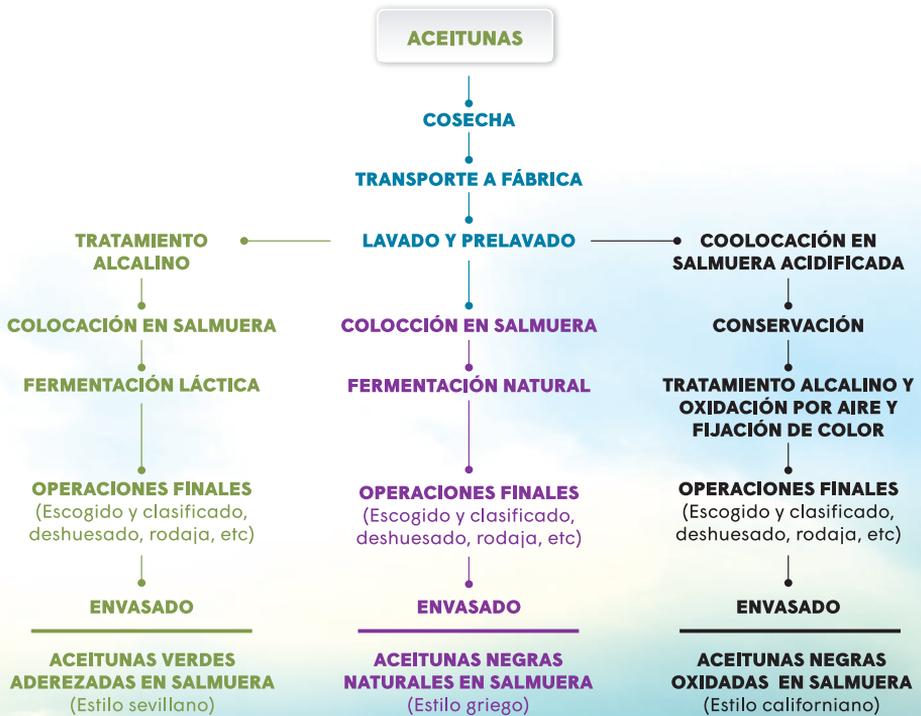
El proyecto innovador ***Validación ambiental de la gestión sostenible de las aguas de aderezo de aceituna como agente herbicida del Grupo Operativo Regional OLIVECIDA*** está financiado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) en un 85% dentro del Programa de Desarrollo Rural (PDR) de Extremadura 2014-2022, de la medida 16 "Cooperación" submedida 16.1 "Ayuda para la creación y el funcionamiento de grupos operativos de la AEI en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas", siendo el resto cofinanciado por la Junta de Extremadura en un 11,28% y por el Estado, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en un 3,72%. *El importe de la ayuda concedida para la realización del proyecto innovador es 251.094,43 €.*

El objetivo general del proyecto es validar ambientalmente el empleo de las aguas residuales de aderezo de aceituna como agente herbicida en zonas no cultivables, con el fin de conseguir una gestión y valorización sostenible de estos efluentes.



## 2. PROBLEMÁTICA EFLUENTES

Las **entamadoras** son aquellas industrias que tienen como producto final las aceitunas de mesa. El proceso de aderezo de la aceituna consta de diversas etapas, representadas en el siguiente diagrama:



Las principales aguas residuales procedentes de la elaboración de **aceitunas verdes** son: las lejías de cocido, las aguas de lavado y las salmueras de fermentación. En el caso de las **aceitunas negras**, solamente las aguas de lavado y la salmuera de fermentación, y en el de las **aceitunas negras por oxidación**: las aguas de lavado inicial, las salmueras de conservación (ambas semejantes a las salmueras de fermentación), las lejías de tratamiento, las aguas de aireación y neutralización.

Estas aguas residuales se generan en grandes volúmenes y contienen un alto contenido en materia orgánica poco biodegradable, así como un elevado porcentaje de sólidos en suspensión y grasas, una elevada DQO, pH ácido o alcalino. A todo esto, hay que añadir la elevada conductividad, debido a su alto contenido salino, además de tratarse de aguas fuertemente coloreadas por los polifenoles que forman parte de la composición de los frutos.

Si bien es cierto que se han instalado procesos de depuración para los efluentes generados, no se ha conseguido solucionar el problema de disminución de la carga contaminante del vertido de forma satisfactoria. Muchos de estos vertidos se han efectuado a la red de alcantarillado público, mediante una dilución previa, cuestión que depende de las distintas ordenanzas municipales a las que está sometida, sin que estas ordenanzas sean iguales para todos los municipios, pero con las posibles consecuencias medioambientales asociadas. El único método de eliminación que no necesita el suministro de grandes cantidades de energía es la evaporación en lagunas o balsas. La evaporación depende de la climatología y puede oscilar entre 5 y 10 mm al día, por lo que el volumen y superficie de las mismas ha de tener en cuenta la pluviometría y la producción de la fábrica. A pesar de las numerosas investigaciones realizadas es la forma más extendida de evitar la contaminación por esta agua residual.

Estas balsas deben estar impermeabilizadas y diseñadas de tal forma que cumplan sus objetivos de eliminar estos efluentes mediante la evaporación existente, pero no siempre están bien diseñadas, con lo cual en vez de balsas de evaporación se convierten en balsas de acumulación, al tener una aportación de efluentes mayor que la evaporación que se pueda producir. Éste es un sistema tradicional, basado en la capacidad de autodepuración y de evaporación de las balsas. De este modo, este sistema tiene los siguientes inconvenientes:

- La capacidad de las balsas es limitada.
- Si las balsas no se construyen sobre el terreno adecuado (arcilloso) o no se impermeabilizan con plástico, se producen percolaciones que pueden afectar al acuífero.
- Si las balsas son muy profundas no habrá suficiente superficie de evaporación y se producirán fenómenos anaerobios.
- Se consigue reducir el volumen del efluente, pero no se elimina el problema medioambiental.



Por lo expuesto anteriormente los efluentes generados durante el procesado de la aceituna de mesa constituyen un serio problema ambiental en España debido a sus elevadas concentraciones de cloruro sódico, alta demanda química de oxígeno (DQO) y elevados niveles de contaminantes fenólicos de carácter tóxico, de difícil eliminación por los métodos físico-químicos tradicionales, lo cual hace necesario poner a punto métodos de tratamiento alternativos a los existentes.

### 3. PROBLEMÁTICA PESTICIDAS

En cuanto al uso de **herbicidas**, el término de herbicidas químicos abarca una gran variedad de compuestos de síntesis química que se usan para controlar o eliminar hierbas no deseadas, tanto en zonas agrícolas, campos y cultivos como también en jardines, parques, campos deportivos, áreas recreativas, bosques, etc.

El amplio uso de herbicidas tiene como resultado una exposición general de la población a los mismos sin saberlo. No sólo a través de los alimentos que han sido tratados con productos fitosanitarios, sino también en el ambiente o por contacto directo al estar en las mismas zonas donde se aplican.

Muchos herbicidas son persistentes, es decir, tienen la capacidad de permanecer en el ambiente durante algún tiempo (desde unos días hasta incluso años), algunos se consideran contaminantes orgánicos persistentes (COP). Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) tienen propiedades tóxicas, son resistentes a la degradación, se bioacumulan y son transportados por el aire, el agua y las especies migratorias a través de las fronteras internacionales y depositados lejos del lugar de su liberación, acumulándose en ecosistemas terrestres y acuáticos, por lo que suponen un grave riesgo para la salud humana y el medio ambiente de todo el planeta.

En concreto, el glifosato, es un herbicida químico, de amplio espectro por lo que permite eliminar amplia diversidad de hierbas. El glifosato es un herbicida sistémico: se introduce en la planta a través de las hojas para después moverse con gran rapidez por los vasos conductores llegando en seguida a prácticamente todo el tejido vegetal. Actúa interfiriendo procesos metabólicos vegetales que interrumpen el crecimiento, provocando clorosis y luego la muerte de la planta.

El glifosato es probablemente el herbicida más utilizado en el mundo, constituye el principio activo principal de muchos productos. Es utilizado en agricultura, silvicultura o como tratamiento de infraestructuras ferroviarias o carreteras.

La biodegradación microbiológica del glifosato en el suelo, en sedimentos acuáticos y en el agua genera como principal metabolito el ácido AMPA (CAS 1066-51-9). El glifosato es químicamente estable en el agua y no está sujeto a degradación fotoquímica. La baja movilidad del glifosato en el suelo indica un potencial mínimo de contaminación de aguas subterráneas. Sin embargo, el glifosato puede llegar a las aguas superficiales y subsuperficiales tras el uso directo en las cercanías de medios acuáticos o por escorrentía o lixiviado luego de su aplicación en el suelo.

Entre los principales grupos de riesgo y más vulnerables se encuentran las personas que se dedican a la agricultura, sus familias, fetos, bebés y la infancia, siendo la alimentación la principal vía de exposición a los plaguicidas y por lo tanto al glifosato.

Además, el uso de glifosato tiene graves impactos en el medio ambiente, puesto que contamina los suelos y el agua y afecta a otros seres vivos (organismos acuáticos desde algas microscópicas hasta peces y moluscos, pasando también por las ranas y sus renacuajos, y organismos del suelo, como las lombrices de tierra, fundamentales para mantener e incrementar la fertilidad del suelo), y reduce la diversidad y cantidad de especies vegetales, por lo que puede afectar a seres vivos cruciales para la agricultura, como son los polinizadores.



## 4. NECESIDAD DEL PROYECTO

Es por ello que se plantea este proyecto, para dar solución a una necesidad real, y es justo donde radica su carácter **innovador**. Todos los estudios que se han llevado a cabo sobre la eliminación o aprovechamiento de las aguas residuales de la industria de aderezo de aceituna han ido encaminados bien a tratamientos de depuración para su posterior vertido, o bien a su valorización basada en sus propiedades positivas (fertilizantes, compostaje, biogás, reutilización dentro del proceso, etc.); sin embargo, no se ha encontrado bibliografía acerca del posible aprovechamiento de sus propiedades negativas, como puede ser su carácter herbicida.

La propuesta del presente proyecto consiste en la validación ambiental del efecto herbicida de los efluentes líquidos del proceso de aderezo de la aceituna de mesa, para su aplicación como sustituto del glifosato en zonas no cultivables.

De este modo, se conseguiría: por un lado, (1) la valorización de un residuo de la industria agroalimentaria, en concreto del sector de la aceituna de mesa, de gran importancia no solo en **Extremadura**, sino que también en **otras regiones como Andalucía y Castilla La Mancha**; y por otro, (2) la obtención de una alternativa al glifosato como principio activo en la elaboración de herbicidas comerciales, de gran relevancia en la región debido al elevado impacto del sector de agro-forestal **en Extremadura, y con repercusión a nivel nacional, incluso europeo.**

## 5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un protocolo de acondicionamiento y pretratamiento de los efluentes residuales de aderezo de aceituna.
- Obtener un producto herbicida a partir de los efluentes acondicionados, mediante el desarrollo de, al menos, 3 formulaciones diferentes.
- Caracterizar el nuevo producto herbicida obtenido.
- Aplicar el nuevo producto herbicida obtenido en zonas no cultivables.
- Elaborar un plan de acción que permita la protección del medio ambiente y de la salud en el control de malas hierbas.
- Analizar y determinar el impacto en el suelo de la aplicación del nuevo producto herbicida.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica a escala industrial de la valorización de los efluentes residuales de aderezo de aceituna mediante el desarrollo de un nuevo producto herbicida.

- Evaluar la viabilidad técnica y económica a escala industrial de la aplicación en zonas no cultivables del nuevo herbicida como sustituto de herbicidas químicos sintéticos.
- Estudiar el impacto y los beneficios medioambientales, con enfoque de análisis de ciclo de vida, de la implantación a escala industrial de los resultados del proyecto.

## 6. RESULTADOS

En primer lugar, se ha recabado y analizado la información relativa a las fases de producción y las diferentes fracciones residuales generadas en cada etapa del proceso, con el objetivo de conocer el funcionamiento de las mismas y obtener información acerca de los volúmenes y características de las aguas residuales generadas.

Todos los residuos generados son depositados en balsa y se clasifican en 3 grupos según la conductividad de los efluentes generados:

- Conductividad baja ( $< 5\text{Ms}$ ): son aguas poco contaminadas, servicios, autoclave, lavado de aceituna... Este tipo de aguas reciben un tratamiento biológico.
- Conductividad media:  $<10\text{ mS}$  compuestas por gluconato ferroso y ácido acético. Primero reciben un tratamiento físico químico y a continuación tratamiento biológico.
- Conductividad alta  $>10\text{ mS}$  llegando incluso a  $120\text{ mS}$ . Representan el verdadero problema. Están compuestas por las salmueras y el agua de cocido, con un alto contenido en sosa.

Las muestras identificadas para su caracterización han sido: agua balsa sal; agua entrada FQ; Agua salmuera verde; Agua cocida sosa. Se han caracterizado a nivel de pH, conductividad, sólidos totales y volátiles, DQO, polifenoles, sodio y metales pesados.

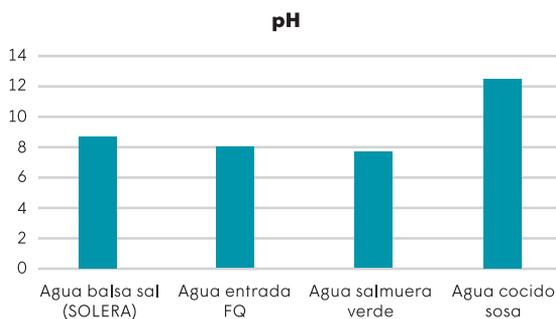


Parámetro	Unidad	Agua balsa sal (Solera)	Agua entrada FQ	Agua salmuera verde	Agua cocido - sosa
DQO	g O <sub>2</sub> /kg	26,5	1,42	0,95	47,5
Conductividad	mS/cm	211,5	13,41	122,75	53,81
Sólidos totales	g/L	399,83	9,29	86,77	59,09
Sólidos volátiles	g/L	147,51	3,08	2,77	28,62
Materia orgánica total	%	1,98	0,21	0,34	2,6
Humedad	%	73,02	99,07	91,32	94,09
Polifenoles totales	%	0,18	0,03	0	0,24
pH	-	9,02	7,87	7,64	12,63
Na	%	3,83	0,19	1,73	0,6
Metales pesados (Cd, Pb, Hg, Ni)	ppb	<10	<10	<10	<10

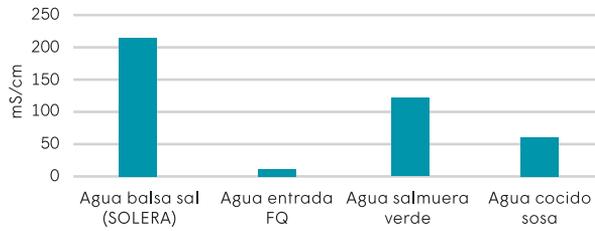
De esta caracterización se puede apreciar que contienen un alto contenido en materia orgánica poco biodegradable, así como un elevado porcentaje de sólidos totales, una elevada DQO y pH bastante alcalino. A todo esto, hay que añadir la elevada conductividad, debido a su alto contenido salino, además de tratarse de aguas fuertemente coloreadas por los polifenoles que forman parte de la composición de los frutos.

El agua que presenta los niveles más elevados en todos los parámetros es el agua de balsa sal (Solera), el agua procedente de la salmuera verde no presenta color, de ahí su ínfimo contenido en polifenoles

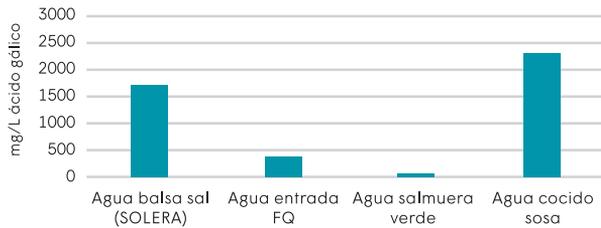
A continuación, se representan gráficamente los valores más significativos para apreciar los parámetros más significativos:



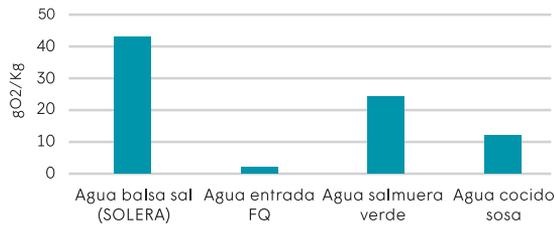
### Conductividad



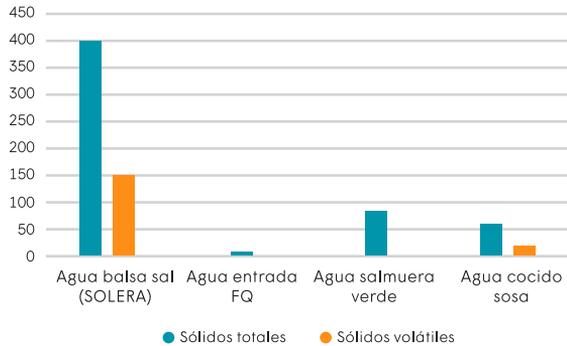
### Polifenoles totales



### DQO



### Contenido en sólidos



Teniendo en cuenta la caracterización fisicoquímica de los efluentes generados, se han estudiado y aplicado pretratamientos físicos necesarios para su posterior aplicación como herbicida: flotación, coagulación-floculación, filtración y oxidación química.

En general no se obtuvieron resultados significativos de depuración con el tratamiento de flotación por inyección con aire. Los rendimientos de eliminación de estos parámetros fueron inferiores al 15%, excepto para la eliminación de grasas y aceites (< 50%). Además, la inyección de aire provocó un ligero descenso del pH, la formación de algunas espumas y el oscurecimiento del agua residual (probablemente por oxidación de sustancias fenólicas) confiriéndole a la misma peores características organolépticas.

En el caso de la coagulación floculación, los resultados muestran un efecto positivo de la dosis de coagulante en la eliminación de SST, DQO y polifenoles. No obstante, una mayor dosis de coagulante también implica una mayor conductividad en el efluente. Lo mismo ocurre con la oxidación química, ya que el principal inconveniente lo constituye la alta conductividad del efluente, además de que no se consigue la reducción de sólidos

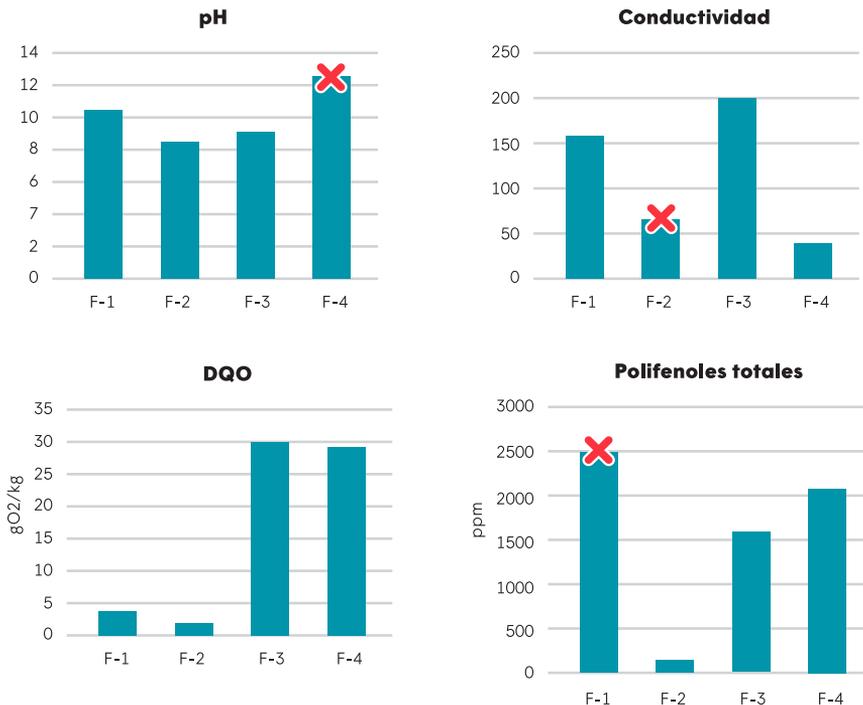
La filtración aplicando un sistema de vacío resultó ser el mejor pretratamiento físico para el acondicionamiento de las aguas de aderezo. Para todas las muestras se ha empleado el tratamiento de filtración excepto para el agua de salmuera verde.

A continuación, se muestran los formulados seleccionados.

	Composición	Proporción
<b>F-1</b>	Agua balsa + agua cocido sosa	1:1
<b>F-2</b>	Agua entrada FQ + agua salmuera verde	1:1
<b>F-3</b>	Agua salmuera verde + agua balsa	1:3
<b>F-4</b>	Entrada FQ + agua cocido sosa	1:3



Se han caracterizado todos los formulados a nivel fisicoquímico, representándose gráficamente los valores más relevantes:



El formulado F1 fue descartado debido a su alto contenido de polifenoles, ya que estos compuestos pueden tener efectos inhibitorios en ciertos procesos biológicos en el suelo, limitando su utilidad en aplicaciones agrícolas o ambientales. En el caso del formulado F2, se consideró inadecuado por su bajo nivel de conductividad, DQO y polifenoles, lo que indica que su composición es mayormente agua y, por tanto, carece de los componentes activos necesarios para tener poder herbicida. El formulado F4 también fue excluido debido a su pH elevado, lo que le confiere un carácter básico que podría alterar la acidez natural del suelo y afectar negativamente a la biota del ecosistema. Finalmente, el formulado F3 se identificó como el más adecuado entre todos, ya que presenta un equilibrio favorable en sus propiedades, haciéndolo el mejor candidato para su aplicación.

## 5.1 Ensayos de germinación en placa

Para comprobar el efecto herbicida y definir las dosis de aplicación del mismo se han realizado ensayos en placa Petri utilizando semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Se ha utilizado un control positivo con agua, un control negativo con glifosato y el formulado 3 en distintas proporciones. Las placas se sellan con una capa de Parafilm, se cubren con papel de aluminio y se depositan en la cámara de cultivo a 25°C en 8 horas de oscuridad y 16 horas de luz. El porcentaje de germinación de semillas se ha medido después de 3 días.

Control negativo con agua



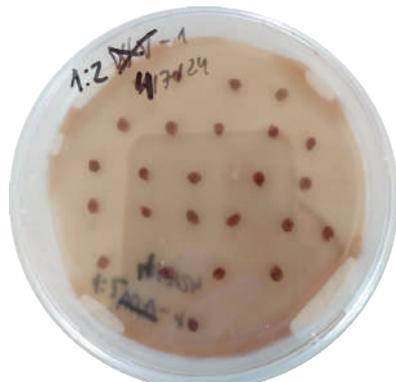
Control positivo con glifosato



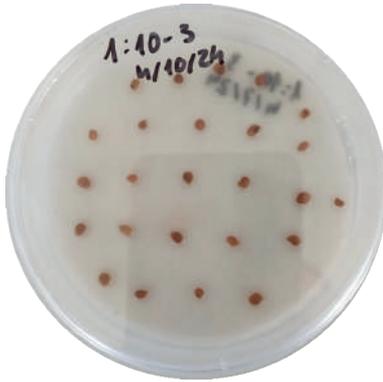
F3 sin diluir



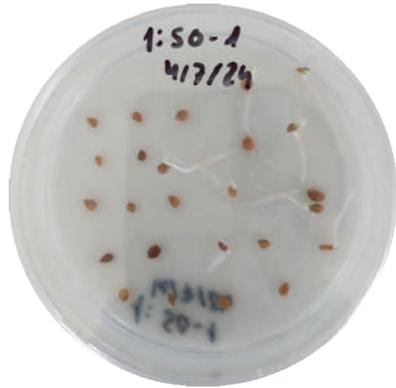
Dilución 1:2



Dilución 1:10

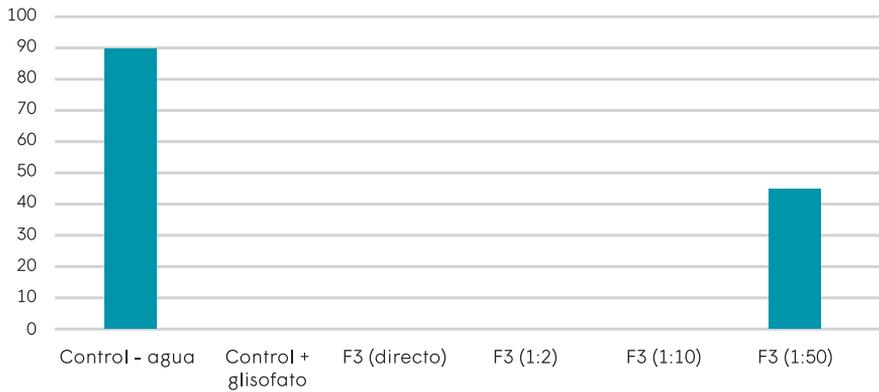


Dilución 1:50



Representación gráfica ensayos de germinación.

**Ensayos de germinación**



Como se observa en la gráfica, el control negativo con agua permite la germinación del 90% de las semillas. En contraste, tanto el glifosato (el herbicida comercial más utilizado) como el formulado F3 en distintas diluciones inhiben la germinación de las semillas de tomate de manera significativa. Sin embargo, al emplear una dilución 1:50, se observa un porcentaje de germinación cercano al 50%, lo que indica una reducción en el efecto inhibitorio. Con base en los resultados obtenidos en los ensayos en placa, se ha determinado la siguiente dosis de aplicación recomendada para el formulado F3:

Formulado	Dosis	Dosis
F3 1:1	312 ml/m <sup>2</sup>	3125 L/Ha
F3 1:10	31 ml/m <sup>2</sup>	312 L / Ha

#### Recomendaciones para la aplicación del formulado en ensayos de campo:

En cuanto a los formulados innovadores, se añaden en esta guía algunas indicaciones para el correcto uso de los prototipos diseñados y evaluados en este proyecto.

Las aplicaciones de los formulados se realizaron después de la germinación.

Antes de la realización del tratamiento hay que asegurarse que el equipo de tratamiento ha pasado convenientemente al menos una inspección por una Estación de Inspección Técnica de Equipos de aplicación de productos fitosanitarios acreditada.

Durante la realización del tratamiento: hay que tratar con buenas condiciones meteorológicas. No tratar en caso de viento fuerte (> 3 m/s), lluvia o temperaturas extremas. Evitar tratar sobre cultivos en situaciones de estrés (sequía, heladas, etc.)

Respetar siempre las dosis recomendadas y preparar sólo el volumen del caldo necesario para la aplicación a realizar.

Durante la realización del tratamiento: limpiar el equipo de aplicación (cuba, mangueras, boquillas, filtros...) con agua limpia. Respetar una distancia mínima de 50 metros a masas de aguas superficiales o pozos. No verter el agua de lavado al alcantarillado ni a cursos de agua. **No se encuentran entradas de índice.**



## 5.2 Estudio ambiental con enfoque de ACV

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología ambiental que se rige por las normas ISO 14040 e ISO 14044, permitiendo evaluar los impactos ambientales de un producto a lo largo de su ciclo de vida.

En este estudio se ha utilizado la metodología de ACV para identificar, cuantificar y evaluar la huella ambiental de la producción de 1 litro del nuevo herbicida a escala laboratorio y su aplicación en campo y así, poder optimizar su sostenibilidad en el medio ambiente. Para ello, se analizaron los impactos ambientales de la producción del herbicida a partir de aguas residuales de aderezo de aceituna, desde la extracción de materia prima hasta que el herbicida es envasado y aplicado en campo, incluyendo la gestión y transporte de los residuos.

Los resultados indicaron que las emisiones producidas principalmente por el transporte del efluente y los materiales empleados en laboratorio fueron las responsables de un alto impacto ambiental. Además, se observó que el volumen de agua consumido durante la filtración no era sostenible. Al comparar el nuevo herbicida con el glifosato, observamos que la fase de producción del glifosato a nivel industrial tiene un alto impacto ambiental respecto a la producción del nuevo herbicida en laboratorio, alcanzando un 85% de huella de carbono en el caso del glifosato respecto a un 15% del nuevo herbicida. Para llevar a cabo una comparación más objetiva del impacto ambiental de ambos herbicidas, se debería realizar un ACV de la producción del nuevo herbicida a escala planta piloto o escala industrial, teniendo en cuenta un plan de mejora diseñado en este estudio.



# #olivecida

## **Beneficiarios**

Extremadura Verde, S.L  
Industrias Alimentarias  
de Navarra, S.A.U. (IAN)  
360 Soluciones Cambio Climático

## **Subcontratado**

Centro Tecnológico Nacional  
Agroalimentario - CTAEX

## **Colaborador**

Sociedad Española  
de Malherbología - SEMh

