

**UNIVERSITAT JAUME I**



**UNIVERSITAT  
JAUME·I**

Escuela Superior de Tecnología i Ciencias Experimentales

*Ingeniería agroalimentaria y del medio rural*

**ALTERNATIVAS AL GLIFOSATO  
UTILIZADO COMO HERBICIDA**

*Autor*

Carlos Mateu Cerdá

*Tutor*

Aurelio Gómez Cadenas

**Noviembre de 2020**

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. ANTECEDENTES .....	5
1.2. CONSECUENCIAS DEL USO DEL GLIFOSATO.....	7
1.3. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO .....	9
1.4. ZONA DE ESTUDIO Y TIPO DE CULTIVO .....	11
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	12
3. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO.....	14
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	16
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA .....	16
4.1.1. Localización .....	16
4.1.2. Climatología.....	16
4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	17
4.2.1. Organización de la parcela .....	17
4.3. TRATAMIENTOS APLICADOS .....	17
4.3.1. Herbicidas .....	17
4.3.2. Dosis de tratamiento.....	18
4.4. MÉTODO DE APLICACIÓN.....	20
4.5. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE FITOTOXICIDAD.....	21
5. RESULTADOS .....	24
5.1. EVALUACIÓN DE LAS MALAS HIERBAS .....	24
5.2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	25
5.2.1. Método de aplicación Control.....	25
5.2.2. Método de aplicación Glifosato.....	27
5.2.3. Método de aplicación Flazasulfuron .....	29
5.2.4. Método de aplicación Pirafluen etil .....	31
5.2.5. Método de aplicación Quizalofop-p-etil.....	33
5.2.6. Método de aplicación Fluazifop-p-butil .....	35
6. DISCUSIÓN.....	37
7. CONCLUSIONES .....	41
8. BIBLIOGRAFÍA .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Estructura molecular del glifosato</i> .....	5
<i>Figura 2: Esquema de absorción del herbicida no selectivo</i> .....	6
<i>Figura 3: Esquema de la acción del glifosato en el ecosistema</i> .....	9
<i>Figura 4: Pirámide IWM</i> .....	10
<i>Figura 5: Titular del artículo en El Confidencial, 2015</i> .....	12
<i>Figura 6: Ubicación de la finca a diferentes escalas</i> .....	16
<i>Figura 7: Temperaturas máximas y mínimas de la zona en 2019</i> .....	16
<i>Figura 8: Ubicación de la parcela experimental en la finca</i> .....	17
<i>Figura 9: Cálculos del volumen por celda</i> .....	18
<i>Figura 10: Cálculos de la dosis de herbicida</i> .....	19
<i>Figura 11: Organización zonas experimentales correspondientes a cada herbicida</i> ...	20
<i>Figura 12: Señalización e identificación de las sub parcelas</i> .....	20
<i>Figura 13: preparación y aplicación del producto</i> .....	21
<i>Figura 14: Nivel 1 de fitotoxicidad</i> .....	22
<i>Figura 15: Nivel 2 de fitotoxicidad</i> .....	22
<i>Figura 16: Nivel 3 de fitotoxicidad</i> .....	23
<i>Figura 17: Nivel 4 de fitotoxicidad</i> .....	23
<i>Figura 18: Nivel 5 de fitotoxicidad</i> .....	23
<i>Figura 19: Resultados del método Control tras la primera aplicación</i> .....	26
<i>Figura 20: Resultados del método Control tras la segunda aplicación</i> .....	26
<i>Figura 21: Resultados del método Glifosato tras la primera aplicación</i> .....	28
<i>Figura 22: Resultados del método Glifosato tras la segunda aplicación</i> .....	28
<i>Figura 23: Resultados del método Flazasulfuron tras la primera aplicación</i> .....	30
<i>Figura 24: Resultados del método Flazasulfuron tras la segunda aplicación</i> .....	30
<i>Figura 25: Resultados del método Pirafluen etil tras la primera aplicación</i> .....	32
<i>Figura 26: Resultados del método Pirafluen etil tras la segunda aplicación</i> .....	32
<i>Figura 27: Resultados del método Quizalofop-p-etil tras la primera aplicación</i> .....	34
<i>Figura 28: Resultados del método Quizalofop-p-etil tras la segunda aplicación</i> .....	34
<i>Figura 29: Resultados del método Fluazifop-p-butil tras la primera aplicación</i> .....	36
<i>Figura 30: Resultados del método Fluazifop-p-butil tras la segunda aplicación</i> .....	36
<i>Figura 31: Resultados comparativos de todos los métodos</i> .....	37
<i>Figura 32: Planteamiento aplicado vs planteamiento con distribución aleatoria</i> .....	38
<i>Figura 33: Síntomas en aguacate Lamb Hass a los 21 días del tratamiento glifosato</i> .	39

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Clasificación del comportamiento floral en aguacate Lamb Hass (Tipo A)...</i>	11
<i>Tabla 2: descripción de los herbicidas .....</i>	18
<i>Tabla 3: dosis, plazo de seguridad y toxicidad de los herbicidas.....</i>	19
<i>Tabla 4: Indica el valor de afección de cada nivel de fitotoxicidad.....</i>	22
<i>Tabla 5: Malas hierbas presentes en la parcela experimental .....</i>	24
<i>Tabla 6: Datos obtenidos en las aplicaciones del método Control .....</i>	25
<i>Tabla 7: Datos obtenidos en las aplicaciones del método Glifosato.....</i>	27
<i>Tabla 8: Datos obtenidos en las aplicaciones del método Flazasulfuron .....</i>	29
<i>Tabla 9: Datos obtenidos en las aplicaciones del método Pirafluen etil.....</i>	31
<i>Tabla 10: Datos obtenidos en las aplicaciones del método Quizalofop-p-etil .....</i>	33
<i>Tabla 11: Datos obtenidos en las aplicaciones del método Fluazifop-p-butil .....</i>	35
<i>Tabla 12: Comparación de precios por hectárea de cada producto .....</i>	40

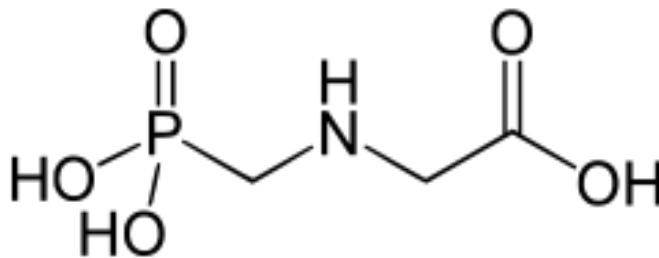
## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se define con el objetivo de estudio de alternativas al uso del glifosato como materia activa en los herbicidas. El suceso se produce porque el producto es de tipo no selectivo, sistémico y post-emergente, de manera que puede ser utilizado para el control de malezas anuales y perennes. Su aplicación se extiende sobre un gran abanico de cultivos, entre los cuales se encuentran desde frutales como la vid, hasta cultivos de cereales.

### 1.1. ANTECEDENTES

A nivel europeo se han planteado diversos estudios en busca de posibles alternativas para el glifosato. El informe de la Red Europea contra Pesticidas (PAN Europe, Julio 2018) tiene como objetivo promover la eliminación progresiva del herbicida y al mismo tiempo promover alternativas de técnicas ecológicas y mecánicas para manejar las malas hierbas, las cuales se pueden llevar a cabo de manera simultánea o por separado.

El glifosato (*N*-fosfometilglicina,  $C_3H_8NO_5P$ , CAS 1071-83-6) es un herbicida sistémico de amplio espectro. Cuando entra en contacto con la planta, es absorbido por las hojas y no por las raíces, se suprime la capacidad de generar aminoácidos aromáticos como fenilalanina, triptófano y tirosina, y provoca su muerte. Este proceso sucede por la inhibición de la enzima vegetal *5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS)*, la cual es esencial para el metabolismo de las plantas. La síntesis de aminoácidos se consigue a través de una cascada de reacciones que se denomina la *vía del shikimato*, y esta vía además de en las plantas, también está presente en microorganismos que incluyen hongos y bacterias, pero no en mamíferos (Herrmann, 1995).



*Figura 1: Estructura molecular del glifosato. Fuente: Wikipedia*

El producto es un aminofosfonato y un análogo del aminoácido natural glicina, su nombre es la contracción de glicina, fosfo- y -ato. Su actividad herbicida fue descubierta en 1970 por John E. Franz, trabajando en Monsanto, empresa que desarrolló el producto y lo comercializó a partir del año 1974 bajo el nombre Roundup. Por su hallazgo, Franz recibió la National Medal of Technology en 1987, y en 1990 la Sección Estadounidense de la Sociedad de Industria Química le concedió la Medalla Perkin en Química Aplicada.

Actualmente se considera como el herbicida más utilizado en todo el mundo, tanto que la ONG ambientalista Greenpeace afirma que entre 1974 y 2014 se esparcieron por todo el mundo 8.600 kg de este producto. En la actualidad, tal y como describió en 2015 la Agencia Internacional del Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) se ha clasificado al glifosato como una sustancia probablemente cancerígena para los seres humanos (IARC. 2015).

Además, la revista científica Science Direct ha publicado recientemente un estudio en el que se llevó a cabo una investigación donde se afirmaba que el factor de estar expuesto al glifosato aumenta un 41% la probabilidad de desarrollar el linfoma no Hodgking, un cáncer que afecta a los linfocitos, unos glóbulos blancos que forman parte del sistema inmunitario del cuerpo (Silva, V. 2019).

Respecto a la utilización del glifosato, se pueden distinguir entre aplicaciones en agricultura y usos no agrícolas. El principal uso se da sobre los cultivos modificados genéticamente, estos fueron desarrollados y patentados por Monsanto, y se caracterizan por ser resistentes al herbicida, se conocen como cultivos “Roundup Ready”. Su modificación se llevó a cabo por medio de ingeniería genética, con la cual se aisló la cepa de *Agrobacterium CP4 (CP4 EPSPS)* resistente al herbicida, se clonó y fue transferido sobre ADN de la soja, de este modo se obtuvo soja transgénica que se empezó a comercializar en 1996. Posteriormente Monsanto también desarrollo otros cultivos transgénicos “Roundup Ready” como alfalfa, maíz, trigo y algodón; los cuales proporcionaron a los agricultores un método para controlar las malas hierbas en sus cultivos. En 2005 el 87% del cultivo de soja desarrollado en Estados Unidos era de esta variedad transgénica.

### El glifosato, un herbicida potente y controvertido

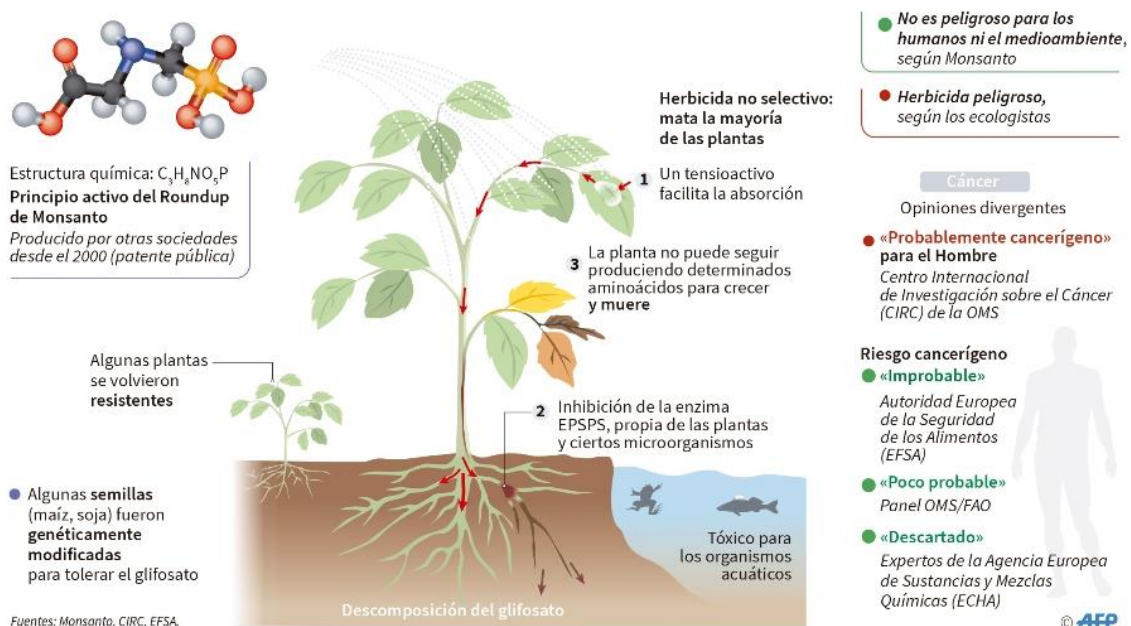


Figura 2: Esquema de absorción del herbicida no selectivo. Fuente: Monsanto, CIRC, EFSA

Entre otros usos agrícolas también destaca el de la aplicación sobre la caña de azúcar previo a su cosecha, lo cual se utiliza gracias a su efecto desecante, con el que se obtiene una reducción de agua en la planta y, en consecuencia, aumenta la concentración de la sacarosa en la caña.

Por otra parte, entre los usos no agrícolas, se observa su empleo en los núcleos urbanos de las ciudades con la finalidad de llevar a cabo el mantenimiento de jardines, aceras y calles. También existen otros ejemplos, como ocurrió en Colombia, donde se utilizó para fumigar plantaciones de cultivos ilícitos de cocaína. El gobierno colombiano afirma que entre 1999 y 2015 se fumigaron casi dos millones de hectáreas, pero tras las quejas de la población sobre los efectos negativos que podía originar la sustancia, se paralizaron las fumigaciones hasta el año 2017. Ese año se decidió reiniciar la actividad debido a un aumento desproporcionado del número de plantaciones, pero en este caso la aspersión se ejecutó a través de drones que consiguen aplicaciones con menor dispersión.

El efecto negativo que se puede dar tanto con el uso agrícola como con el urbano, es que hasta un 24% del glifosato que se aplica en superficies duras o pavimentadas puede escurrirse hasta zonas de drenaje con agua, por tanto, la contaminación de las aguas superficiales con el herbicida se debe tanto al uso agrícola como al urbano. Por ello, como muestra la (Figura 2), existen problemas asociados a su uso, en humanos, con efecto probablemente cancerígeno, y en los océanos, presentando toxicidad sobre los organismos acuáticos.

## **1.2. CONSECUENCIAS DEL USO DEL GLIFOSATO**

En términos generales, los herbicidas se aplican en campos al aire libre y, por este motivo contaminan inevitablemente el medio ambiente más amplio, el suelo, la atmósfera, las aguas superficiales, subterráneas, los mares y los océanos. De este modo quedan afectados de forma colateral los ecosistemas y los organismos que viven en ellos (Carvalho, 2017). Así, y como afirma Greenpeace, una vez en el ecosistema, existe el riesgo de que los animales que se utilizan como fuente de alimento para los humanos, estén expuestos al herbicida, y por tanto este puede llegar a estar presente en la alimentación.

Existen evidencias que muestran que tanto el glifosato, como los herbicidas a base de glifosato tienen impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas y el medio ambiente. Entre los efectos directos encontramos daños en una amplia gama de especies como peces, aves, ranas, insectos, caracoles y microbios del suelo (Watts et al., 2016). Y respecto a los efectos indirectos, cabe destacar la eliminación sin precedentes de todas las malezas y flores silvestres, que tienen efectos encadenados sobre los ecosistemas (Watts et al., 2016).

Además, el producto crea interacciones químicas con minerales del suelo como hierro y magnesio, bloqueando su biodisponibilidad para las plantas (Johal & Huber, 2009), de manera que afecta a la biodiversidad de las tierras de cultivo agrícola ya que estas requieren tener a su disposición dichos minerales del suelo.

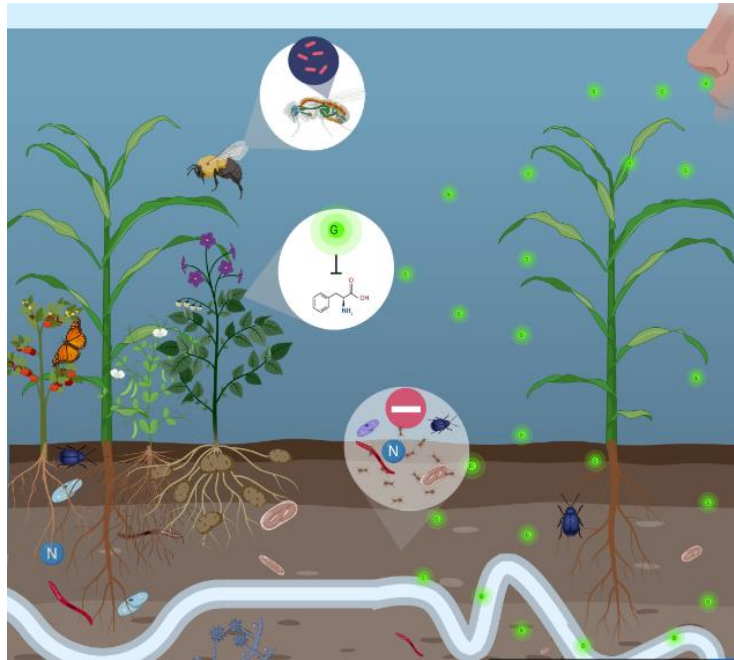
Asimismo, sobre los suelos y sus estructuras, se han hallado evidencias acerca de la alteración de las comunidades microbianas edáficas. Concretamente, se relaciona el uso del glifosato con una disminución de los hongos micorrízicos arbusculares (Zaller et al., 2017), los cuales facilitan la absorción de nutrientes y agua en la planta por medio de las raíces. También resulta tóxico para las bacterias beneficiosas del suelo, como las de la familia Bacillus (Yu et al., 2015) que tienen un papel clave en la eliminación de hongos patógenos.

También produce efectos sobre el reino animal, concretamente en las lombrices de tierra, también llamadas "ingenieros de ecosistemas" afectando a su reproducción y provocando una disminución drástica de su población. Este hecho da lugar a grandes consecuencias debido a la importancia de estas sobre los suelos ya que son las encargadas, por excelencia, de redistribuir el material orgánico presente en el suelo y son vitales para el aumento de la penetrabilidad de las raíces, y en mejorar la fertilidad general del suelo.

Los estudios muestran que tanto la materia activa como su producto de degradación, el ácido aminometilfosfónico (AMPA), que también presenta efectos tóxicos, son metabolizados rápidamente hasta un 50% por las bacterias del suelo, en suelos limosos tardan 9 días y en arcillosos 32. Sin embargo, se pueden detectar trazas de glifosato y AMPA 21 meses después de la aplicación (Simonsen et al., 2008), un estudio reciente muestra que ambos productos se detectan en el 45% del suelo europeo en el que se realizaron 300 muestras de 10 países europeos (Silva et al., 2017), y estas sustancias se adsorben fuertemente (> 90%) a las partículas del suelo, por el contrario, la cantidad de sustancia restante se transporta junto con las partículas del suelo a través de la atmósfera y el agua, y pueden ser absorbidas por organismos vivos o depositadas en ríos y lagos.

En suelos con alto contenido de fosfato, el glifosato puede volverse fácilmente móvil en el agua, el fosfato presente en los fertilizantes reduce la adsorción de herbicida a las partículas del suelo, aumentando la cantidad de moléculas de producto libres en el suelo, que luego pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas, metabolizadas por microorganismos o pueden filtrarse al agua subterránea (Munira et al., 2016).





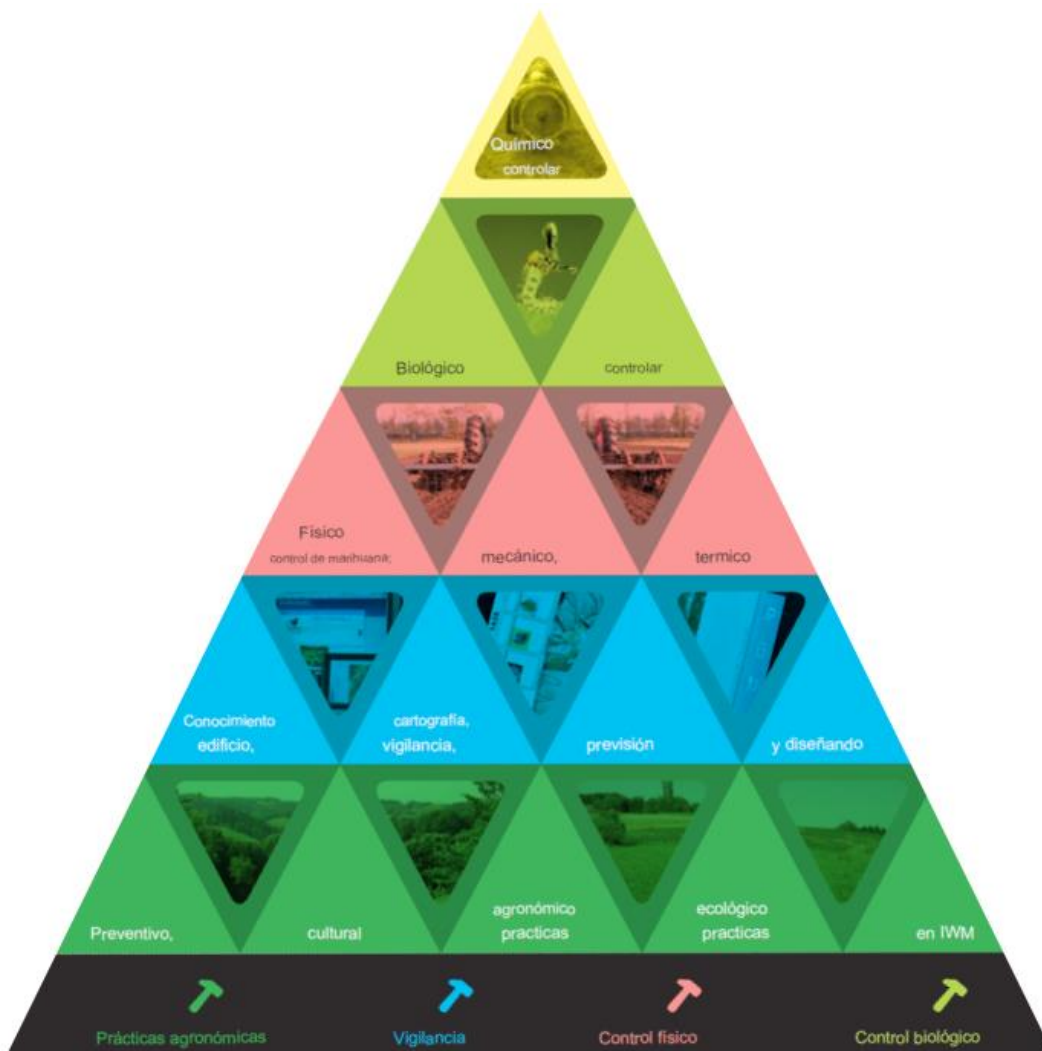
**Figura 3:** Esquema de la acción del glifosato en el ecosistema.  
Fuente: Scriptamanent

La biodiversidad de las tierras agrícolas depende en gran parte de las funciones del ecosistema, como son el control de plagas por medio de sus depredadores naturales y la polinización con insectos como abejas de miel, abejas silvestres, mariposas y otros insectos juegan un papel clave en la polinización de plantas, incluidos los cultivos agrícolas.

Un claro ejemplo es que, en plantaciones de cultivos como almendro o aguacate, en los que se presenta una dificultad en el proceso de polinización como puede ser la incompatibilidad del propio polen de la planta, se suelen emplear arboles de variedades de flor diferente, llamados “polinizadores”, pero además también se coloca un gran número de colmenas de abejas que se encargan de mejorar la polinización de la variedad y por tanto obtener un mejor rendimiento de cosecha. Al tratarse de un herbicida de amplio espectro, la materia activa reduce la cantidad de plantas con flores que son una fuente de alimento para los polinizadores, y también puede afectar a las abejas melíferas después de una exposición prolongada.

### 1.3. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Para poder evaluar el alcance y las características que tienen que reunir los métodos alternativos, primero se deben realizar las prácticas de manejo de malas hierbas, las cuales se pueden dividir en cuatro fases indicadas en la pirámide de “Integrated Weed Management”.



**Figura 4:** Pirámide IWM. Fuente: Pesticide Action Network

En la primera fase tiene lugar la observación e identificación de las malas hierbas que pueden ser controladas mediante prácticas agronómicas como rotación de cultivos, siembra inferior con un cultivo secundario o plantación de variedades competitivas con las malas hierbas.

En segundo lugar, se evalúa el daño o el valor potencial de las malezas por medio de un proceso de vigilancia respaldada por herramientas como modelos o pronósticos diseñados para saber cómo cambian las malas hierbas dependiendo de cada periodo del año y poder decidir el tipo de intervención a aplicar.

En tercer lugar, aparece el método de control físico, en el que se pueden realizar tratamientos como eliminación de rizomas, desarraigo, desmalezado mecánico o arado, y por último, está la opción de aplicar un control biológico. En caso de no poder lograr el objetivo de control sobre las malezas con ninguno de los métodos anteriormente descritos, se podría plantear la opción de realizar un tratamiento de control químico con herbicidas sin glifosato.

## 1.4. ZONA DE ESTUDIO Y TIPO DE CULTIVO

Para realizar el proyecto se requiere aplicar las posibles alternativas en una parcela real dentro de una finca con cultivos, en la cual se puedan valorar los resultados obtenidos. La parcela escogida presenta un cultivo asociado con árboles de cítricos y de aguacate.

Por parte de los cítricos, son arboles de la especie naranjo dulce y de la variedad Valencia Late, los cuales tienen una edad de 5 años, y se plantaron con la idea de utilizar esta variedad como puente para posteriormente injertar sobre ellos la variedad Oronules.

En el apartado del aguacate, se cuenta con un cultivo de 3 años de edad con la variedad Lamb Hass, estos árboles se plantaron entre los naranjos posteriormente, debido a la incertidumbre provocada por los bajos precios de venta obtenidos con las variedades de naranjas durante los últimos años. A este suceso se le sumó que, por parte del aguacate, sí se están pagando precios más elevados debido al aumento de consumo en el continente europeo, donde no se encuentra a ningún país productor de aguacate, excepto España.

El planteamiento a largo plazo del dueño de la finca es de dejar el cultivo del aguacate y cortar el de los naranjos. El objetivo propuesto es que aumente el desarrollo del árbol de Lamb Hass, teniendo en cuenta que con un árbol de aguacate de 4 años se puede llegar a una producción del 75% de un árbol adulto, y el quinto año ya se obtiene el rendimiento máximo.

Una peculiaridad del cultivo de aguacate es que presenta alternancia y muy bajo porcentaje de cuajado respecto el número de flores por árbol, esto se debe a que sus flores son hermafroditas y tienen un proceso de floración denominado *dicogamia protoginia*, lo que indica el orden de apertura de la flor siendo en primer lugar siempre en estado femenino y más tarde en estado masculino.

**Tabla 1:** Clasificación del comportamiento floral en aguacate Lamb Hass (Tipo A)

	DÍA 1		DÍA 2	
	MAÑANA	TARDE	MAÑANA	TARDE
FLOR TIPO A	ESTADO FEMENINO	CERRADA	CERRADA	ESTADO MASCULINO
FLOR TIPO B	CERRADA	ESTADO FEMENINO	ESTADO MASCULINO	CERRADA

Este proceso de floración provoca que el periodo de solape de las dos flores dentro de una parcela sea muy breve, y por eso el cuajado de frutos es muy bajo. Uno de los métodos más utilizados para mejorar el porcentaje de cuajado, es añadir colmenas con abejas de miel dentro de las parcelas durante el periodo de floración, y en este caso hay que tener en cuenta que el glifosato resulta perjudicial para las abejas, lo cual es un motivo a tener en cuenta para realizar las aplicaciones en campo.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La primera pregunta que se plantea para realizar este proyecto es ¿por qué es importante buscar alternativas al glifosato?

Además de las evidencias descritas anteriormente y citadas en el apartado de introducción, en 2017, la Unión Europea renovó la licencia que permite el uso de glifosato como herbicida durante un periodo de cinco años (Comisión Europea. 2017), por este motivo actualmente existe una gran celeridad en encontrar alternativas.

Algunos países como Alemania y Francia han planteado un calendario para eliminar su aplicación, la propuesta tiene como objetivo prohibir los usos como herbicida en 2021 y todos los usos en 2023. En España, Madrid vetó el uso del glifosato utilizado para el control de malas hierbas en los parques y zonas verdes de la ciudad (Ayuntamiento de Madrid. 2016), actualmente hay más de 150 ayuntamientos declarados libres de glifosato.

En particular, Castellón es una de estas ciudades, pero en este caso se decidió sustituir el glifosato por ácido acético al 20%, tal y como afirmo en su día Sara Usó, responsable de la Concejalía de Sostenibilidad Ambiental de la ciudad (Ayuntamiento de Castellón. 2015 ). Por el contrario, también cabe destacar que la alternativa del uso de ácido acético al 20% está muy cuestionada debido a que, a la concentración indicada, este producto está catalogado por la Unión Europea en la categoría de irritante. Además, al utilizarse en zonas de acceso público como parques o jardines, podía producir mal olor o hasta incluso irritación en la piel en el caso de que algún niño llegara a entrar en contacto con el producto, todo esto generó una desconfianza hacia la posible alternativa y se llegaron a publicar artículos (Benavente, R., 2015) que se posicionaron contra el uso del ácido acético al 20% como método alternativo.



EMPLEARÁ ÁCIDO ACÉTICO, UN DERIVADO DEL VINAGRE

# Castellón y la pseudociencia: usará un herbicida irritante en plazas y parques

La Concejalía de Sostenibilidad del ayuntamiento de Castellón ha decidido sustituir el glifosato por ácido acético como herbicida en los parques municipales, una medida sin respaldo científico

*Figura 5: Titular del artículo en El Confidencial, 2015.*

Al mismo tiempo de la falta de aceptación social, el herbicida también presenta ciertos efectos negativos sobre el cultivo del aguacate tal y como se ha comentado en el apartado anterior, su aplicación afecta a la polinización del cultivo. Sumado a este problema, hay otro inconveniente que se ha percibido en el campo sobre árboles jóvenes, entre 1 y 3

años, donde se aprecia que, al aplicar producto sobre la zona próxima al tronco del árbol se puede afectar a las raíces superficiales de la planta.

Cuando suceden estas acciones, se repercute en una restricción del crecimiento vegetativo, las hojas más jóvenes de la planta se vuelven amarillas y hasta incluso pueden llegar a marchitarse (Bernstein et al., 2001). Este proceso sucede porque el árbol de aguacate en estado juvenil contiene la mayor parte de sus raíces en una zona muy superficial, entre 5 y 15 cm de profundidad y este cultivo presenta una sensibilidad muy grande a la salinización (Bernstein et al., 2004; Mickelbart et al., 2007), de modo que al aplicar un herbicida como glifosato elaborado a base de sal de isopropilamina a razón de 360g/L, se provoca un estrés en la planta. Si a este efecto se le suma que, tras una aplicación del producto en una parcela le siguen unas precipitaciones, el herbicida puede sufrir percolación y todavía puede tener efectos más acentuados sobre el cultivo.

Por todo ello, es importante el estudio de alternativas sostenibles a largo plazo y que tengan una mayor aceptación social, con menores repercusiones en el campo y con efectos y resultados notables.

### 3. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

El presente proyecto, que tiene como principio un proceso experimental, teniendo en cuenta los antecedentes y precedentes descritos sobre la práctica y aplicación del glifosato, presenta los siguientes objetivos con la finalidad de describir posibles alternativas para el tratamiento de las malas hierbas.

**Objetivo 1:** Demostrar la eficacia del uso de las alternativas del glifosato.

**Objetivo 2:** Evaluar la toxicidad de los productos alternativos sobre los cultivos.

**Objetivo 3:** Obtener una alternativa contrastada y eficaz contra el glifosato.

El proceso experimental consta de realizar el control de malas hierbas en una parcela donde se están desarrollando cultivos asociados de cítricos y aguacate. Para realizar un control de malas hierbas sin requerir el uso de glifosato, existen diferentes alternativas, entre las más estudiadas y aplicadas encontramos las siguientes:

**Desbroce mecánico**, es un sistema que no requiere la aplicación de ninguna materia activa, pero requiere una gran labor de mano de obra, no tiene una persistencia muy elevada (1-2 meses) y es poco sostenible.

**Malla anti-hierbas**, requiere una elevada inversión inicial debido a la mano de obra necesaria para su montaje, pero luego el mantenimiento es sencillo. Como inconveniente destaca que, al tratarse de mallas compuestas por productos plásticos, son poco sostenibles.

**Herbicidas sin glifosato**, la ventaja de estos productos es que son fáciles de aplicar, relativamente económicos y dependiendo del producto escogido podemos encontrar una mayor o menor persistencia.

No obstante, aunque las tres técnicas de los planes de actuación expuestos pueden ser de gran interés, en el actual proyecto se desarrollará el tercero. Es decir, me he decidido por el método de empleo de herbicidas que no contengan glifosato como materia activa, debido a que es la solución más factible y de mayor alcance sobre el ámbito agrícola. Comparado con el desbroce mecánico, el herbicida tiene la ventaja de que requiere una menor cantidad de aplicaciones al año y menor trabajo de mantenimiento de la maquinaria utilizada, las desbrozadoras, todo esto se traduce en un menor coste tanto en maquinaria como en sueldo de los operarios que tienen que realizar el trabajo.

En el caso de la malla anti-hierba, existen inconvenientes asociados a su alto coste de instalación, la dificultad para la comprobación de funcionalidad o reparación de los emisores de riego, porque en la parcela estudiada se cuenta con riego localizado. Además, al cultivo del aguacate le reduce la capacidad de aireación del suelo, debido a que el sistema radicular de este árbol es muy superficial, y en el caso de verano se obtiene un exceso de temperatura en la tierra.

Así, teniendo en cuenta que el proceso experimental del presente proyecto se basará en la búsqueda de herbicidas alternativos al glifosato, es necesario definir y presentar los candidatos seleccionados. Los productos que se plantean para llevar a cabo el proyecto son los siguientes:

- ❖ **Fusilade Max**, producto elaborado a base de Fluazifop-p-butil con una concentración del 12,5%. Es un herbicida selectivo de post emergencia para el control de gramíneas tanto anuales como perennes en cultivos industriales, ornamentales, hortícolas y cultivos leñosos.
- ❖ **Jogg**, herbicida químico que tiene como materia activa el Flazasulfuron a una concentración del 25%, es residual y de contacto en forma de gránulos que se dispersan en agua, con actividad sobre malas hierbas gramíneas anuales y dicotiledóneas en pre- y post-emergencia. El producto se absorbe rápidamente por las hojas y se trasloca por toda la planta, inhibiendo la síntesis de aminoácidos, de modo que afecta al crecimiento a las pocas horas tras la aplicación. Los síntomas provocados son la decoloración de las hojas, la desecación, la necrosis y finalmente la muerte de las plantas en un plazo de 20-25 días después de la aplicación.
- ❖ **Biwax 5**, producto selectivo y sistémico elaborado a base de Quizalofop-p-etil, recomendado para el control de malas hierbas anuales y vivaces en post-emergencia. Se caracteriza por ser absorbido por las hojas y translocado por toda la planta, con movimiento en el xilema y floema, de modo que se acumula en los tejidos meristemáticos. Quizalofop es una sustancia activa del grupo de los ariloxifenoxipropionatos que actúa como inhibidor del acetil CoA carboxilasa e impide la biosíntesis de los ácidos grasos.
- ❖ **Gozai**, producto elaborado a base de Pirafluen etil a una concentración del 2,65%, molécula con actividad herbicida de especies dicotiledóneas. Actúa exclusivamente por contacto, de modo que no hay translocación dentro de la planta y no es residual. Una vez que el producto entra en contacto con la vegetación tras su aplicación, se produce una rápida necrosis y desecación de los tejidos vegetales. La velocidad de actuación se ve favorecida por una mayor intensidad luminosa.

Respecto al plan de trabajo y de aplicación de los productos seleccionados se plantea un diseño con varias aplicaciones de cada uno de ellos y, posteriormente, se compararán entre ellos y también con los obtenidos mediante una prueba paralela que se realizará con glifosato. De esta manera, es posible observar de forma objetiva cuál de ellos cumple mejor con nuestras necesidades y además se postula como una solución frente a la problemática.



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

#### 4.1.1. Localización

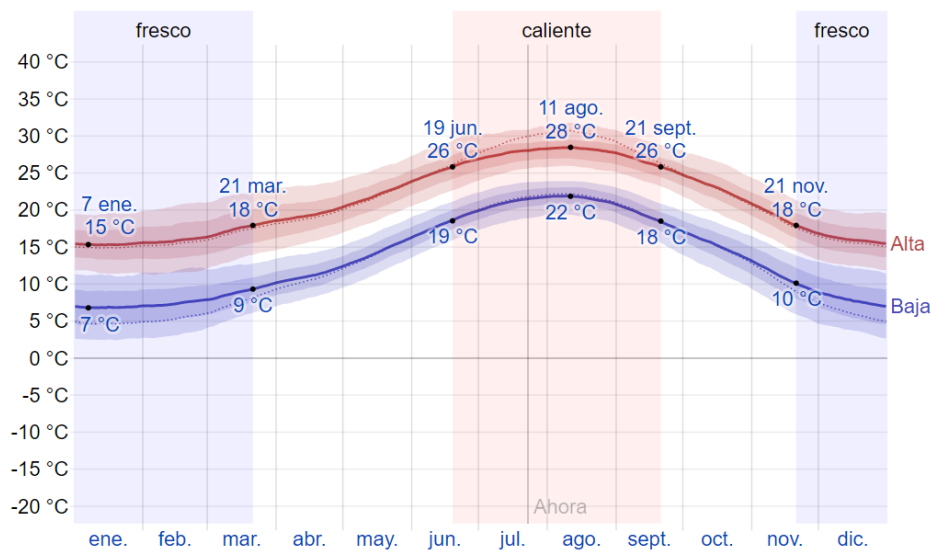
El proceso experimental del proyecto se ha llevado a cabo en una finca ubicada en España, en la Comunidad Valenciana, provincia de Castellón y en la localidad de Vall d’Uixó, que se encuentra a en la comarca de la Plana Baixa. Dentro del término municipal, la finca se extiende en la partida de Cerverola, polígono 9 y parcela 459. Las coordenadas geográficas corresponden al siguiente orden 39°47'24.8"N y 0°16'41.1"W.



**Figura 6:** Ubicación de la finca a diferentes escalas. Fuente: propia

#### 4.1.2. CLIMATOLOGÍA

El clima predominante en el municipio de Vall d’Uixó se caracteriza por ser mediterráneo, con una media anual de precipitaciones de 418 mm, humedad media del 65% y el índice UV es 5. Durante el transcurso del año destaca una temporada fresca que se da desde noviembre hasta marzo, y una temporada templada el resto del año, la temperatura media anual es de 16,25°C.



**Figura 7:** Temperaturas máximas y mínimas de la zona en 2019. Fuente: Weather Spark



## 4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

### 4.2.1. Organización de la parcela

La finca seleccionada para realizar los estudios, se conoce por el nombre de “Finca de Cerverola”, con una extensión de doce hectáreas, en la actualidad se cultivan principalmente plantaciones adultas de cítricos con las variedades de Oronul, Marisol y Clemenules, y plantaciones jóvenes de aguacate con la variedad Lamb Hass. La parcela experimental se encuentra en un sector que presenta un cultivo asociado de cítricos y aguacate, en el caso de los cítricos se cuenta con la variedad Valencia Late con árboles jóvenes de 5 años de edad, mientras que por parte del aguacate la variedad empleada es Lamb Hass y los árboles se han ido implantando en la parcela de manera progresiva, por lo que la edad de estos va desde uno a los tres años.



**Figura 8:** Ubicación de la parcela experimental en la finca. Fuente: propia

El área total de la superficie experimental es de 830m<sup>2</sup> que se dividen en las zonas de aplicación correspondientes a cada producto alternativo. El motivo que se tuvo en cuenta a la hora de elegir la parcela, es que esta zona tiene la característica de estar situada entre dos bancales, los cuales la protegen del viento, un factor muy importante para realizar una correcta aplicación de herbicida. En el caso de aplicar un producto mientras se está expuesto a ráfagas de viento, existe la posibilidad de que suceda una deriva del producto herbicida y se llegue a dañar los cultivos cercanos.

## 4.3. TRATAMIENTOS APLICADOS

### 4.3.1. Herbicidas

Para llevar a cabo el experimento se han utilizado 4 productos alternativos, además del glifosato, todos ellos descritos en la Tabla 2.

Los productos utilizados han sido clasificados según los siguientes criterios:

- Tipo de materia activa con la cual están formulados
- Porcentaje de materia activa que contienen

- Modo de actuación que tienen sobre las malas hierbas
- Efecto (pre-emergencia o post-emergencia)
- Malas hierbas sobre las que actúa

**Tabla 2:** descripción de los herbicidas (G: Gramíneas y D: Dicotiledóneas)

NOMBRE COMERCIAL	BUGGY GREEN	JOGG	GOZAI	BIWAX 5	FUSILADE MAX
MATERIA ACTIVA	Glifosato	Flazasulfuron	Pirafluen etil	Quizalofop-p-etil	Fluazifop-p-butil
PORCENTAJE	36% (36 g/L)	25% (250 g/kg)	2.65 % (26.5 g/L)	48% (480 g/L)	12.5% (12.5 g/L)
ACTUACIÓN	Sistémico	Sistémico	De contacto	Sistémico	Selectivo
PERIODO	Post emergencia	Pre-post emergencia	Post emergencia	Pre-post emergencia	Post emergencia
MALAS HIERBAS	G – D anual y perennes	G anual - D	D	G anuales y perennes	G perennes

#### 4.3.2. Dosis de tratamiento

Para realizar la aplicación se ha dividido la parcela en seis zonas equitativas donde se aplicarán diferentes tratamientos:

- **Zona Control:** aplicación de agua sin ningún producto herbicida.
- **Zona Glifosato:** aplicación de glifosato, con la finalidad de poder comparar sus resultados con los productos alternativos.
- **Zona Pirafluen etil:** aplicación de Pirafluen etil
- **Zona Quizalofop-p-etil:** aplicación de Quizalofop-p-etil
- **Zona Fluazifop-p-butil:** aplicación de agua Fluazifop-p-butil

Tal y como se muestra en la Figura 9, para calcular la dosis correspondiente a cada producto, se toman 290 litros por hectárea como valor de referencia del volumen de caldo necesario para realizar una aplicación con mochila de pulverizar en dicha superficie. Este valor se divide entre diez mil para obtener el volumen necesario por cada metro cuadrado, y por último, se multiplica por 135 que son los metros cuadrados de cada una de las 6 zonas experimentales. El resultado del volumen requerido para cada producto en cada aplicación es de 4 litros.

$$V_{referencia} := 290 \text{ L} \quad Area_{celdas} := 135 \text{ m}^2$$

$$V_{celda} := \frac{V_{referencia} \cdot Area_{celdas}}{ha} = 3.915 \text{ L} \quad \text{Redondeo a 4 litros}$$

**Figura 9:** Cálculos del volumen por celda. Fuente: propia

Para cada uno de los productos se ha tenido en cuenta la dosis recomendada por el fabricante (Tabla 3), para el cultivo de cítricos y de aguacate, tomando siempre la dosis menor de ambos cultivos para no propiciar ningún efecto negativo en el cultivo más sensitivo.

**Tabla 3:** dosis, plazo de seguridad y toxicidad de los herbicidas.

NOMBRE COMERCIAL		BUGGY GREEN	JOGG	GOZAI	BIWAX 5	FUSILADE MAX
MATERIA ACTIVA		Glifosato	Flazasulfuron	Pirafluen etil	Quizalofop-p-etil	Fluazifop-p-butil
DOSIS		1.5 L/ha	0.2 kg/ha	250 - 300 ml/ha	2-3 L/ha	4 L/ha
DOSIS/CELDA		20 ml	2,7 g	4 ml	34 ml	54 ml
PLAZO SEGURIDAD		15 - 30 días	45 días	0 días	36 días	21 días
TOXICIDAD	DL50 (oral rata)	> 2000 mg/kg	> 2000 mg/kg	> 2000 mg/kg	> 5000 mg/kg	> 5000 mg/kg
	DL50 (piel conejo)	> 2000 mg/kg	> 2000 mg/kg	> 2000 mg/kg	> 5000 mg/kg	> 10000 mg/kg
	CL50 (inhalación rata)	> 5 mg/L aire	3.34 mg/L	2.1 mg/L	0.39 mg/L	> 5,4 mg/L
	DL50 (oral abejas)	> 100 µg/abeja	-	-	238 µg/abeja	> 25 µg/abeja
	DL50 (contacto abejas)	> 100 µg/abeja	-	-	239 µg/abeja	> 25 µg/abeja

Para calcular la cantidad de producto herbicida requerido en cada aplicación de 4 litros, se multiplica el valor recomendado por el fabricante por el área de cada celda y el resultado se divide entre 10.000 m<sup>2</sup> que es el área de una hectárea:

$$Dosis_{glifosato} := \frac{1500 \text{ mL} \cdot 135 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 20.25 \text{ mL}$$

$$Dosis_{quizalofop} := \frac{2500 \text{ mL} \cdot 135 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 33.75 \text{ mL}$$

$$Dosis_{flazasulfuron} := \frac{200 \text{ g} \cdot 135 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 2.7 \text{ g}$$

$$Dosis_{fluazifop} := \frac{4000 \text{ mL} \cdot 135 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 54 \text{ mL}$$

$$Dosis_{p\_etil} := \frac{300 \text{ mL} \cdot 135 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 4.05 \text{ mL}$$

**Figura 10:** Cálculos de la dosis de herbicida. Fuente: propia

También se tiene en consideración el plazo de seguridad tras aplicación y la toxicidad aguda (DL50) de cada herbicida, la cual indica la dosis de una sustancia que resulta mortal para la mitad de un conjunto de animales de prueba formado por mamíferos como rata o conejo e insectos como las abejas. En este tipo de pruebas de toxicidad, se mide tanto las dosis letales por vía oral debido a una ingestión del producto, por vía cutánea producida por el contacto de la materia activa con la piel del animal, y por inhalación del producto producida por la respiración de estos seres vivos cuando están expuestos a este tipo de sustancias.

#### 4.4. MÉTODO DE APLICACIÓN

Como se puede observar en la Figura 11, cada producto tiene delimitada su zona de aplicación, de modo que resulta más práctico para poder realizar las aplicaciones de modo correcto sin realizar ningún solape de herbicida en ninguna de las parcelas por error.



**Figura 11:** Organización de las zonas experimentales correspondientes a cada herbicida.

*Fuente: propia*

Una vez calculados los valores numéricos, se dividen entre cuatro cada una de las zonas de aplicación, de modo que se obtienen cuatro subparcelas de ensayo por producto. Y, por último, se señalizan todas las zonas de aplicación con piquetas, cintas, y también se colocan etiquetas identificativas de cada producto, tal y como se puede observar en la Figura 12.



**Figura 12:** Señalización e identificación de las sub parcelas. Fuente: propia



Las aplicaciones se realizan de forma manual con una mochila de pulverizar de doce litros de capacidad, como el volumen requerido por producto son 6,6 litros, primero se introducen 3,3 litros dentro de la mochila, después se añade el producto herbicida y, finalmente, se añaden los otros 3,3 litros, agitando ligeramente la mochila para que la mezcla quede homogénea y poder aplicar el producto.

Hay que tener en cuenta que para aplicar los tratamientos no puede haber condiciones climáticas de viento, para evitar un reparto irregular del producto y que se derive parte del producto sobre los árboles de cultivo pudiendo quemar las hojas más próximas al suelo. En el caso del aguacate, tiene un desarrollo de ramas muy próximas al suelo, y es un cultivo muy sensible al contacto con herbicida. De este modo, las malas hierbas que crecen cerca de este cultivo se tienen que tratar levantando las ramas del cultivo y con una aplicación de producto a baja presión para provocar la mínima desviación del producto.



*Figura 13: Preparación y aplicación del producto. Fuente: propia*

#### **4.5. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE FITOTOXICIDAD**

Tras la aplicación de los herbicidas, se requiere de el paso de entre siete y diez días para poder realizar una correcta evaluación de los efectos producidos por los productos sobre las malas hierbas. Para llevarlo a cabo se ha escogido un método de evaluación numérica entre uno, que indica la muerte completa de la planta, y cinco, donde no se aprecia ningún efecto (Tabla 4).

El método de evaluación se aplica independientemente del tipo de mala hierba que esté presente y la recogida de resultados se realiza mediante la observación de cada una de las zonas de forma individual. Dentro de cada una de estas, como están divididas en cuatro subparcelas, se calculan los resultados de las cuatro y se hace una media.

Este proceso tiene como objetivo unificar los resultados y evitar posibles variaciones provocadas por valores extremos o posibles errores originados en el momento de la aplicación de los productos.

**Tabla 4:** Indica el valor de afección de cada nivel de fitotoxicidad.

NIVEL DE AFECCIÓN	PORCENTAJE DE FITOTOXICIDAD
1	Muerte del 100% de la planta
2	Muerte del 75% de la planta
3	Muerte del 50% de la planta
4	Muerte del 25% de la planta
5	Planta sin efectos de fitotoxicidad

A continuación, se muestran unas imágenes donde se muestran cada uno de los niveles descritos sobre una misma especie de mala hierba. Concretamente, se muestran los resultados sobre una de las especies más abundantes en las parcelas, *Conyza canadiensis* (L.) Cronq, del género *Erigeron* y familia *Compositae* (*Asteraceae*). Esta es originaria de América del sur, y su periodo de crecimiento y desarrollo se estima óptimo entre los meses de julio y septiembre, pero debido a los inviernos tan cálidos a los que estamos expuestos en la actualidad, la especie ha conseguido adaptarse muy bien a nuestro clima. Así, ahora puede crecer desde finales de marzo hasta el inicio de noviembre, cuando las temperaturas mínimas empiezan a descender.



**Figura 14:** Nivel 1. Fuente: propia



**Figura 15:** Nivel 2. Fuente: propia



**Figura 16: Nivel 3**  
*Fuente: propia*



**Figura 17: Nivel 4**  
*Fuente: propia*



**Figura 18: Nivel 5**  
*Fuente: propia*

Para poder observar el nivel de fitotoxicidad sobre las diferentes especies se lleva a cabo una primera comprobación del estado de las malas hierbas en el momento previo a la aplicación y, posterior al tratamiento, dos veces más, con la finalidad de observar el efecto del tratamiento. Concretamente, para la toma de datos es necesario dejar un periodo de 14 días para que los herbicidas realicen su efecto sobre las malas hierbas, después se vuelve a dejar transcurrir otro periodo de 14 días y se realiza la segunda toma de datos, en la cual se puede comprobar el nivel de persistencia del efecto entre los diferentes productos.

Los resultados se anotan en una tabla con diseño común para todos los métodos donde se incluye el método empleado, la fecha de la aplicación, las especies de malezas presentes en la parcela y los niveles de fitotoxicidad de estas, primero en el momento previo de la aplicación, después en la primera comprobación y, finalmente, en la segunda comprobación.

Con la finalidad de poder comprobar los resultados ante la mayor variabilidad posible del entorno, se ha realizado una primera aplicación el 28/04/20 y una segunda trascurridos dos meses, el 29/06/20, pudiendo observar los cambios fisiológicos de malas hierbas en la zona de estudio del producto con los mejores resultados obtenidos.

El método de toma de datos de la segunda aplicación es el mismo que se utiliza en la primera, con la particularidad de que en este caso el nivel de toxicidad de las especies será mayor debido al primer tratamiento. De este modo, se puede comprobar tanto la persistencia de los diferentes herbicidas, como el efecto sobre la aparición de nuevas especies con desarrollo en el periodo de verano.

## 5. RESULTADOS

En este apartado se muestran las características de cada zona de aplicación de cada uno de los productos alternativos, diferenciando entre todas las especies de malas hierbas presentes en la zona experimental.

Tal y como se explica en el apartado de *Material y Métodos*, la evaluación del nivel de fitotoxicidad que presentan las malas hierbas tras los tratamientos, se mide por medio de una escala numérica que va desde el 1, muerte completa de la planta, hasta 5, donde no se aprecia ninguna afección en la planta.

### 5.1. EVALUACIÓN DE LAS MALAS HIERBAS

Previamente a la hora de realizar las aplicaciones de los productos, se tiene que elaborar una identificación de todas las especies de malas hierbas presentes en la parcela experimental, de este modo se puede estudiar el efecto del herbicida sobre las diferentes especies y también si dependiendo del producto que se utilice, pueden aparecer o no nuevas especies de malezas en la parcela.

Al inicio del proyecto, y debido a que no se había realizado ninguna aplicación previa con herbicida en la parcela de estudio, había una gran variabilidad de especies de malas hierbas (Tabla 5), todas ellas distribuidas de manera uniforme por toda la superficie.

**Tabla 5:** Malas hierbas presentes en la parcela experimental.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Mostaza india	<i>Brassica juncea</i>	Brassicaceae
Jopillo	<i>Dactylis glomerata L.</i>	Gramineae (Poaceae)
Azapuercos	<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	Compositae (Asteraceae)
Acederilla	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae
Carex	<i>Carex nigra (L.) Reichard</i>	Cyperaceae
Cañamera azul	<i>Althaea hirsuta L.</i>	Malvaceae
Calendula	<i>Calendula arvensis L.</i>	Compositae (Asteraceae)
Pinet	<i>Conyza canadiensis (L.) Cronq.</i>	Compositae (Asteraceae)
Hierba mora	<i>Solanum nigrum L.</i>	Solanaceae
Murbeckiella	<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	Cruciferae
Matapán	<i>Oxalis pes-caprae L.</i>	Oxalidaceae

Las especies se evaluaron a finales del mes de abril, finalizado el periodo de cuarentena al que se vio sometido el país debido a la COVID-19 y coincidiendo con el inicio de la primavera. Por este motivo, en la parcela se pudieron encontrar especies que



se caracterizan por tener una fase de crecimiento durante el invierno y, también, especies pertenecientes a las estaciones primavera.

## 5.2. RESULTADOS OBTENIDOS

### 5.2.1. Método de aplicación Control

En el método de Control se ha realizado una aplicación sin utilizar ningún producto herbicida, solamente con agua, de modo que se comprueba la evolución de las malas hierbas dependiendo de su periodo de desarrollo, ya que en la parcela se encuentran especies de invierno y de verano.

La primera aplicación se realizó el 28/04/20, y a continuación se dejó un intervalo de 14 días hasta el 12/05/20 para realizar la toma de resultados, en la cual se concluyó que solamente dos especies, la *Calendula arvensis L.* y *Oxalis pes-carpe L.* presentaban síntomas de marchitamiento sobre sus hojas.

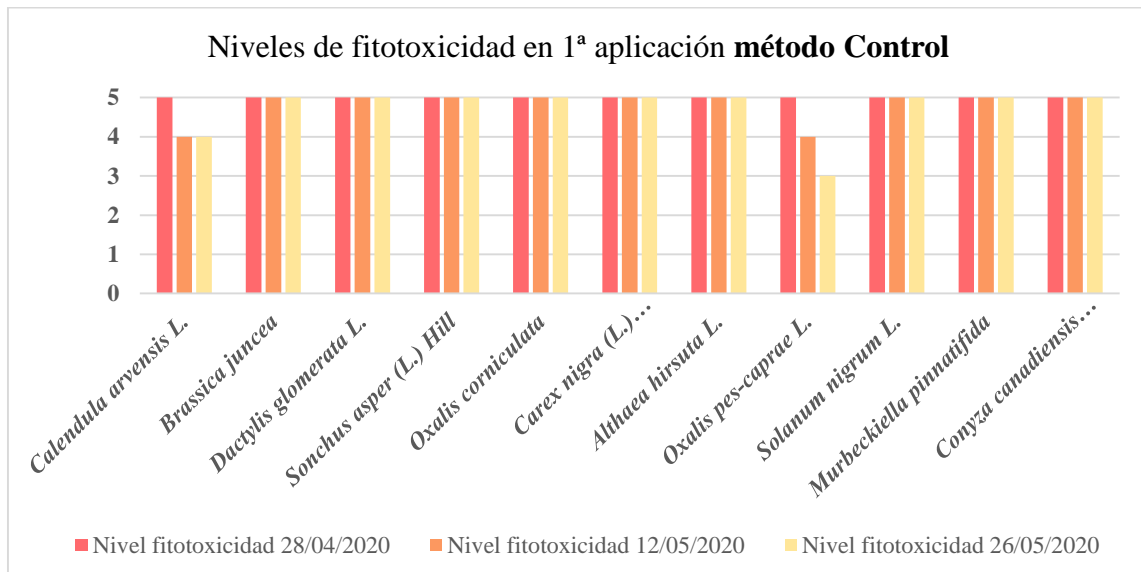
Dado que en este tratamiento solo se aplicó agua, se justifica que el motivo de marchitamiento se debe al propio desarrollo de las dos especies, las cuales tienen un periodo de desarrollo entre enero y mayo.

**Tabla 6:** Datos obtenidos en las aplicaciones del método Control.

Método Control						
Especie	Nivel de fitotoxicidad					
	Primer tratamiento			Segundo tratamiento		
	28/04/20	12/05/20	26/05/20	30/06/20	14/07/20	28/07/20
<i>Calendula arvensis L.</i>	5	4	4	3	2	1
<i>Brassica juncea</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Dactylis glomerata L.</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Oxalis corniculata</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Carex nigra (L.) Reichard</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Althaea hirsuta L.</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Oxalis pes-caprae L.</i>	5	4	3	2	1	1
<i>Solanum nigrum L.</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Conyza canadiensis (L.) Cronq.</i>	5	5	5	5	5	5
* <i>Amaranthus blitoides Watson, S.</i>	-	-	-	5	5	5

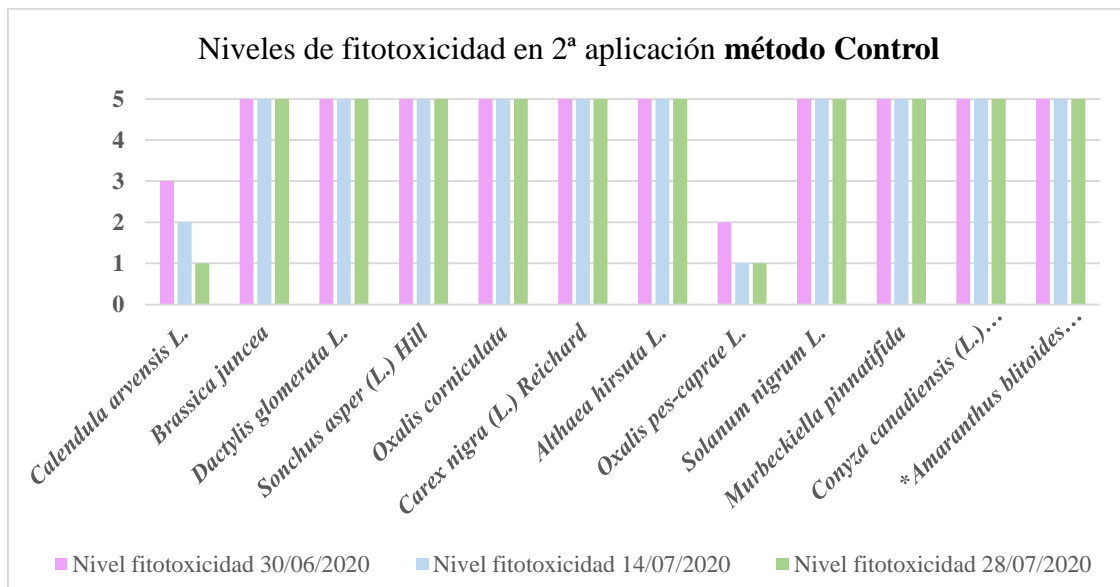
En la Figura 19 se muestran los resultados obtenidos. No obstante, y como se esperaba en el método Control, no existe gran diferencia de resultados. Pero, este proceso es útil para la comparación de los resultados obtenidos entre la primera aplicación

(28/04/20) y la segunda (29/06/20), donde el estado inicial de las especies puede sufrir variaciones.



**Figura 19:** Resultados del método Control tras la primera aplicación. Fuente: propia.

Como se puede ver en la Figura 20, el único efecto que se aprecia sobre las especies en este método es el marchitamiento natural de las especies *C. arevensis* L. y *O. pes-caraea* L. que al final terminan alcanzando el nivel 1 que supone la muerte completa de la planta. En lo que corresponde al resto de malas hierbas, no hay ningún efecto y además en la zona experimental se ha percibido un aumento considerable de la población de estas, y ha surgido una nueva especie que inicialmente no estaba presente, la *\*Amaranthus blitoides* Watson, S.



**Figura 20:** Resultados del método Control tras la segunda aplicación. Fuente: propia.

### 5.2.2. Método de aplicación Glifosato

El método de Glifosato se ha empleado para poder comparar los resultados obtenidos con los productos alternativos, y dentro de este rango poder escoger un producto que garantice la efectividad.

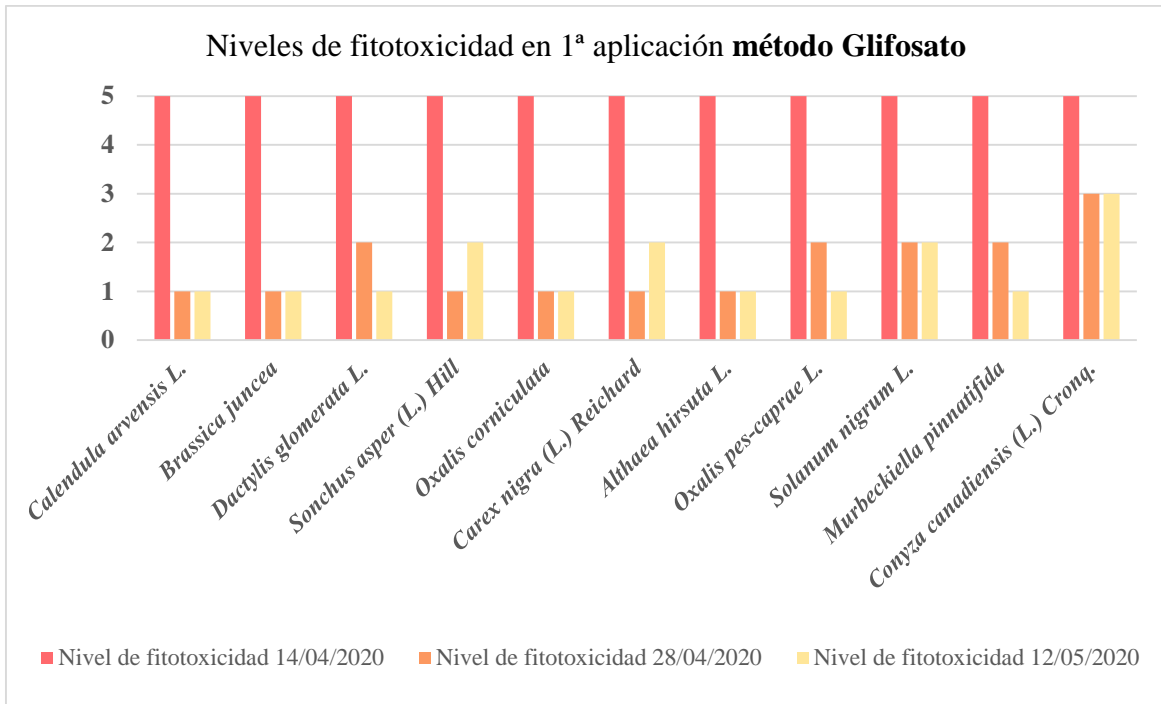
Tras la primera aplicación, se dejó un intervalo de 14 días hasta el 12/05/20 para realizar la primera toma de resultados, donde se percibe que el producto resulta efectivo sobre las gramíneas y gran parte de dicotiledóneas, aunque en este apartado se ha encontrado que las especies *Solanum nigrum* y *Conyza canadiensis* (L.) Cronq, sí han presentado resistencia y no se consiguió su eliminación. Además, en el apartado de persistencia, las especies *Sonchus asper* (L.) Hill y *Carex nigra* (L.) Reichard, sí se marchitaron por completo en la primera evaluación, pero en la segunda (26/05/20) se encontraron nuevos brotes sobre la parcela.

**Tabla 7:** Datos obtenidos en las aplicaciones del método Glifosato.

Método Glifosato						
Especie	Nivel de fitotoxicidad					
	Primer tratamiento			Segundo tratamiento		
	28/04/20	12/05/20	26/05/20	30/06/20	14/07/20	28/07/20
<i>Calendula arvensis</i> L.	5	1	1	1	1	1
<i>Brassica juncea</i>	5	1	1	1	1	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	5	2	1	4	1	1
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	5	1	2	4	1	2
<i>Oxalis corniculata</i>	5	1	1	2	1	1
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	5	1	2	1	1	1
<i>Althaea hirsuta</i> L.	5	1	1	3	1	1
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	5	2	1	1	1	1
<i>Solanum nigrum</i> L.	5	2	2	5	2	2
<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	5	2	1	1	1	1
<i>Conyza canadiensis</i> (L.) Cronq.	5	3	3	5	3	3

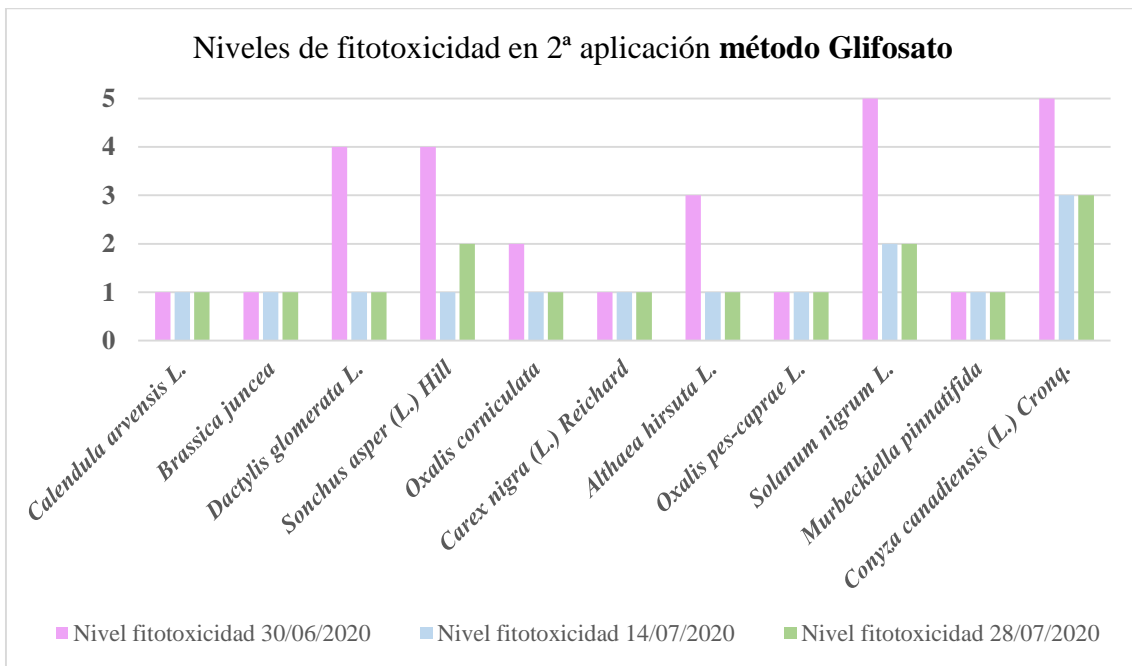
Entre el trascurso de la última toma de datos del primer tratamiento y la segunda aplicación, se confirmó que las especies resistentes al primer tratamiento siguieron su desarrollo hasta llegar a la nula presencia de fitotoxicidad.

Tras la última toma de datos del segundo tratamiento, se ha comprobado que las especies siguieron un comportamiento similar al primero, aunque como los niveles iniciales ya presentaban toxicidad, en este segundo son más severos. Las especies resistentes que siguen en la parcela son *C. canadiensis* (L.) Cronq., *S. nigrum* L. y *S. asper* (L.) Hill. Siguiendo el orden de mayor a menor presencia.



**Figura 21:** Resultados del método Glifosato tras la primera aplicación. Fuente: propia.

Los resultados que se observan en las Figura 21 y 22, indican que la especie más difícil de controlar ha sido *C. canadiensis* (L.) Cronq., la cual no ha sido posible de eliminar por completo. Además, cabe destacar que esta tiene gran facilidad para brotar al poco tiempo tras los tratamientos, efecto que no estaba tan presente en las otras dos especies que presentaron resistencia, *S. nigrum* L. y *S. asper* (L.) Hill.



**Figura 22:** Resultados del método Glifosato tras la segunda aplicación. Fuente: propia.

### 5.2.3. Método de aplicación Flazasulfuron

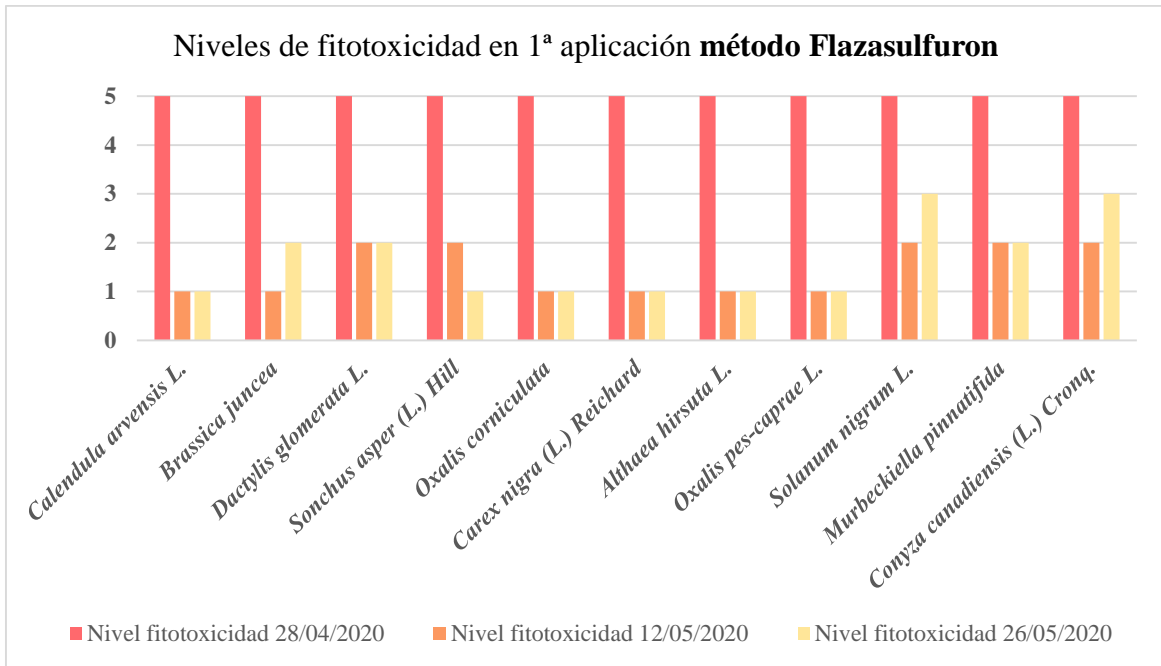
Con la primera aplicación del tratamiento alternativo Flazasulfuron se obtuvieron unos resultados de elevada fitotoxicidad en todas las especies a excepción de *Solanum nigrum* y *Conyza canadiensis (L.) Cronq.*, que como ha sucedido en el método del glifosato, son las especies más resistentes. En la evaluación previa a la aplicación del segundo tratamiento, destaca que además de las dos especies anteriores que se han conseguido desarrollar sin síntomas de toxicidad, se le suma también *Sonchus asper (L.) Hill.*, la cual ha pasado de un 75% a 0% de toxicidad.

**Tabla 8:** Datos obtenidos en las aplicaciones del método Flazasulfuron.

Método Flazasulfuron						
Especie	Nivel de fitotoxicidad					
	Primer tratamiento			Segundo tratamiento		
	28/04/20	12/05/20	26/05/20	30/06/20	14/07/20	28/07/20
<i>Calendula arvensis L.</i>	5	1	1	1	1	1
<i>Brassica juncea</i>	5	1	2	1	1	1
<i>Dactylis glomerata L.</i>	5	2	2	4	1	1
<i>Sonchus asper (L.) Hill</i>	5	2	2	5	2	2
<i>Oxalis corniculata</i>	5	1	1	4	2	1
<i>Carex nigra (L.) Reichard</i>	5	1	1	2	1	1
<i>Althaea hirsuta L.</i>	5	1	1	3	1	1
<i>Oxalis pes-caprae L.</i>	5	1	1	1	1	1
<i>Solanum nigrum L.</i>	5	2	3	5	3	2
<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	5	2	2	2	1	1
<i>Conyza canadiensis (L.) Cronq.</i>	5	2	3	5	3	2

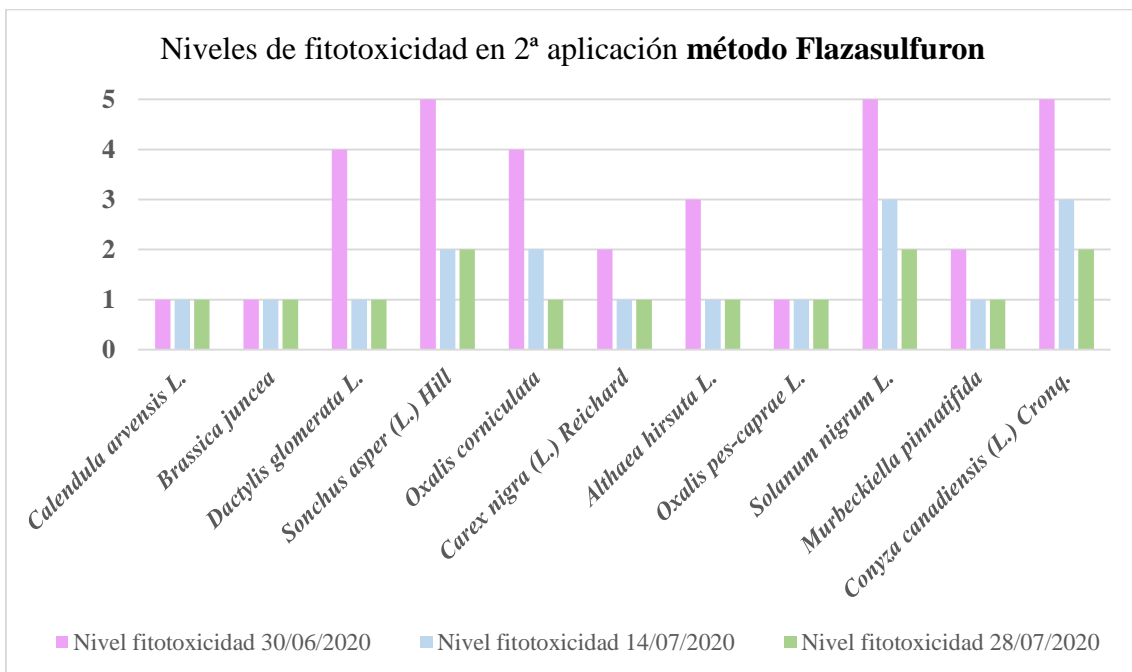
En la evaluación del 14/07/20, tras realizar el segundo tratamiento, se ha comprobado que las especies siguieron un comportamiento similar al primero, aunque como los niveles iniciales ya presentaban fitotoxicidad, en este caso los resultados son más severos. Las especies resistentes que siguen en la parcela son *C. canadiensis (L.) Cronq.*, *S. nigrum L.* y *S. asper (L.) Hill.*, quedando todas ellas con un nivel 2, lo cual indica que presentan un 75% de toxicidad.

Al tratarse de un herbicida sistémico, al igual que el glifosato, la sustancia se asimila por las hojas de la planta y se transmite hasta las raíces, así, presenta más resistencia sobre las especies. En la evaluación final del 28/07/20 se refleja como las tres especies resistentes se han desarrollado con mayor toxicidad que en el primer tratamiento, lo cual hace prever que, con futuras aplicaciones, la velocidad de desarrollo será cada vez menor y con mayor porcentaje de fitotoxicidad.



**Figura 23:** Resultados del método Flazasulfuron tras la primera aplicación. Fuente: propia.

En las Figura 23 y 24, se pueden comparar los resultados entre las dos aplicaciones. Se observa que en este método hay tres especies que no ha sido posible de eliminar por completo, *Solanum nigrum* y *Conyza canadiensis* (L.) Croq y *Sonchus asper* (L.) Hill. Asimismo, las tres tienen gran facilidad para brotar al poco tiempo tras los tratamientos, tal y como indica la evaluación previa a la segunda aplicación, del 30/06/20, donde ninguna de ellas presentaba signos de fitotoxicidad.



**Figura 24:** Resultados del método Flazasulfuron tras la segunda aplicación. Fuente: propia.

#### 5.2.4. Método de aplicación Pirafluen etil

Los resultados obtenidos con el segundo producto alternativo muestran que tras la primera aplicación se ha obtenido una de elevada fitotoxicidad en todas las especies a excepción de *Solanum nigrum* y *Conyza canadiensis* (L.) Cronq, que como ha sucedido en los métodos anteriores, son las especies más resistentes.

En la evaluación previa a la aplicación del segundo tratamiento, destaca que además de las dos especies anteriores que se han conseguido desarrollar con nivel 4 de fitotoxicidad, se le suma también *Oxalis corniculata*, la cual ha pasado de un 100% de fitotoxicidad que le supuso una muerte completa, a 25% de toxicidad.

**Tabla 9:** Datos obtenidos en las aplicaciones del método Pirafluen etil.

Método Pirafluen etil						
Especie	Nivel de fitotoxicidad					
	Primer tratamiento			Segundo tratamiento		
	28/04/20	12/05/20	26/05/20	30/06/20	14/07/20	28/07/20
<i>Calendula arvensis</i> L.	5	1	1	1	1	1
<i>Brassica juncea</i>	5	2	1	1	1	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	5	1	1	3	1	1
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	5	2	1	2	1	1
<i>Oxalis corniculata</i>	5	1	1	4	2	1
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	5	1	1	1	1	1
<i>Althaea hirsuta</i> L.	5	1	1	2	1	1
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	5	1	1	1	1	1
<i>Solanum nigrum</i> L.	5	2	2	4	3	2
<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	5	1	1	2	1	1
<i>Conyza canadiensis</i> (L.) Cronq.	5	1	2	4	1	1

En la evaluación del 14/07/20, tras realizar el segundo tratamiento, se ha comprobado que las especies siguieron un comportamiento similar al primero, aunque como los niveles iniciales ya presentaban fitotoxicidad, en este caso los resultados son más severos. Solamente quedan dos especies resistentes al tratamiento, *Oxalis corniculata* con nivel 2 de fitotoxicidad, y *S. nigrum* L. con nivel 3.

El modo de actuación del Pirafluen etil es por contacto, al contrario del resto de sustancias, esta se asimila solamente por la zona de la planta que entra en contacto con el producto. En la evaluación final del 28/07/20 se refleja cómo solamente quedan una especie resistente al tratamiento, *S. nigrum* L. con un nivel de fitotoxicidad del 75%.

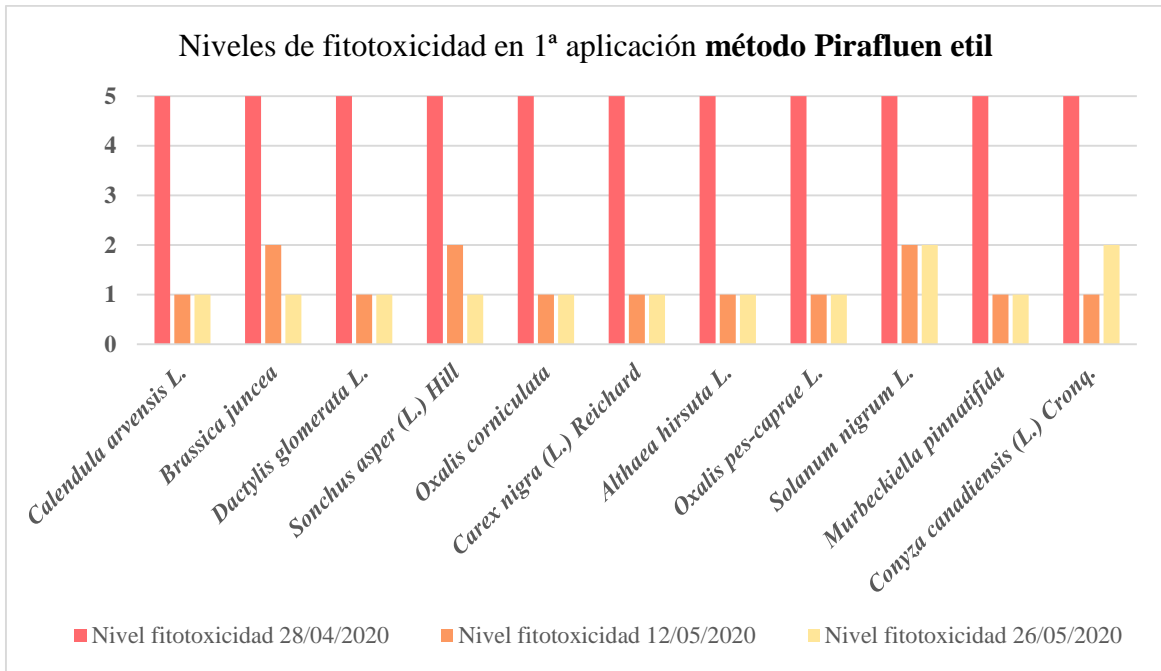


Figura 25: Resultados del método Piraflofen etil tras la primera aplicación. Fuente: propia.

Tal y como se muestra en las Figura 25 y 26, se pueden comparar los resultados entre las dos aplicaciones, donde se aprecia que en este método solo hay una especie que no ha sido posible eliminar por completo, *Solanum nigrum*. Cabe destacar que el producto reprime la capacidad de las especies para brotar al poco tiempo tras los tratamientos, tal y como indica la evaluación previa a la segunda aplicación, del 30/06/20, donde solo se aprecian tres especies con bajos signos de fitotoxicidad.

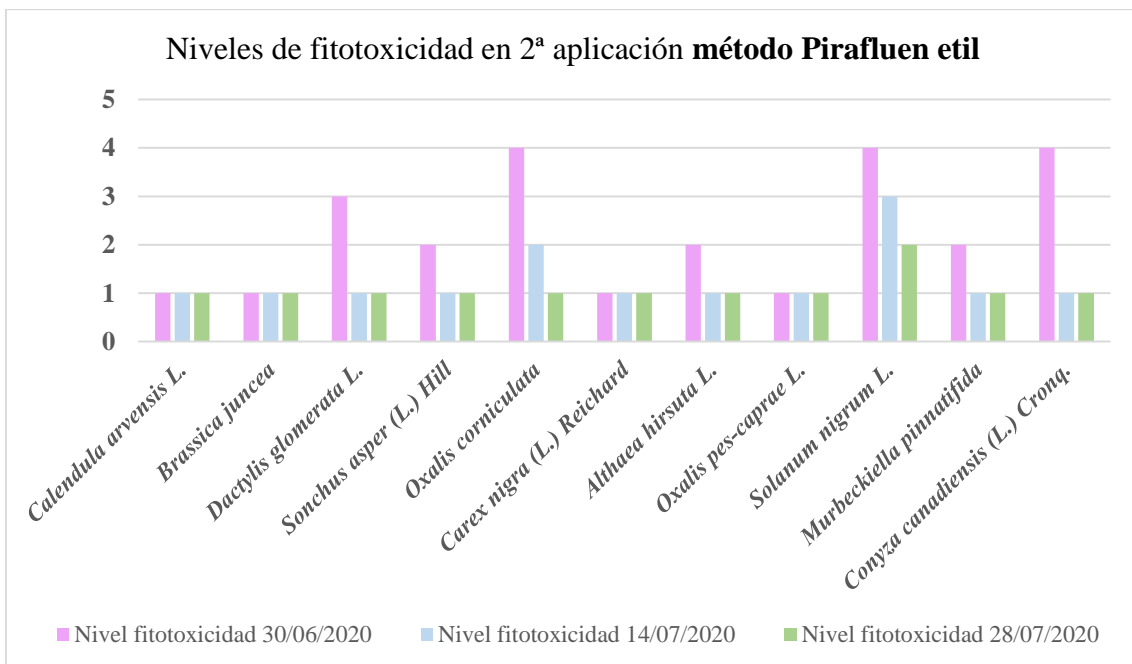


Figura 26: Resultados del método Piraflofen etil tras la segunda aplicación. Fuente: propia.



### 5.2.5. Método de aplicación Quizalofop-p-etil

Después de realizar la primera aplicación en el método Quizalofop-p-etil, se han obtenido unos resultados de media y baja fitotoxicidad en todas las especies a excepción de dos especies del género *Oxalis*, *Brassica juncea* y *Althaea hirsuta* L., que las cuales si ha conseguido eliminar.

En la evaluación previa a la aplicación del segundo tratamiento, destaca que la mayoría de las especies se han conseguido desarrollar sin síntomas de toxicidad.

**Tabla 10:** Datos obtenidos en las aplicaciones del método Quizalofop-p-etil.

Método Quizalofop-p-etil						
Especie	Nivel de fitotoxicidad					
	Primer tratamiento			Segundo tratamiento		
	28/04/20	12/05/20	26/05/20	30/06/20	14/07/20	28/07/20
<i>Calendula arvensis</i> L.	5	2	2	1	1	1
<i>Brassica juncea</i>	5	2	1	2	1	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	5	2	2	3	2	2
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	5	2	3	5	3	3
<i>Oxalis corniculata</i>	5	1	1	4	2	1
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	5	1	2	3	1	2
<i>Althaea hirsuta</i> L.	5	1	1	3	1	1
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	5	1	1	1	1	1
<i>Solanum nigrum</i> L.	5	2	3	5	3	3
<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	5	1	2	4	1	2
<i>Conyza canadiensis</i> (L.) Cronq.	5	3	4	5	4	4

Después, entre el trascurso de la última toma de datos del primer tratamiento y la segunda aplicación, se confirmó que las especies resistentes al primer tratamiento siguieron su desarrollo hasta llegar a una baja presencia de fitotoxicidad. Tras la última toma de datos del segundo tratamiento el 28/07/20, se ha comprobado que una 6/11 parte de las especies presentaban resistencia al tratamiento.

El modo de actuación del herbicida es sistémico, pero al contrario del resto de sustancias de este tipo, el Quizalofop-p-etil no ha podido alcanzar un buen nivel de fitotoxicidad. Al menos ninguna de las especies resistentes ha quedado ausente de fitotoxicidad, de modo que todas las especies han sufrido el efecto del producto en mayor o menor medida.

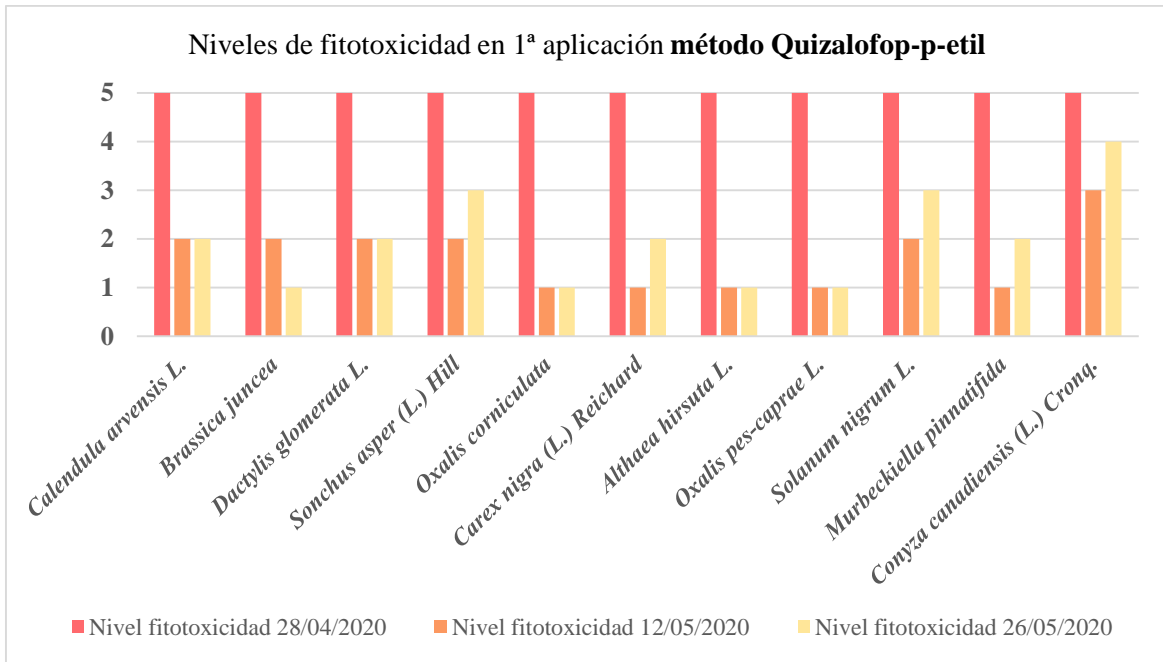


Figura 27: Resultados del método Quizalofop-p-etil tras la primera aplicación. Fuente: propia.

Los resultados obtenidos se pueden apreciar de manera más visual en las Figura 27 y 28, indican que la especie más difícil de controlar ha sido *C. canadiensis* (L.) Cronq., la cual ha quedado en la parcela con un nivel de 4 de fitotoxicidad. Cabe destacar que esta tiene gran facilidad para brotar al poco tiempo tras los tratamientos, al igual que sucede en las otras dos especies que presentaron elevada resistencia, *S. nigrum* L. y *S. asper* (L.) Hill.

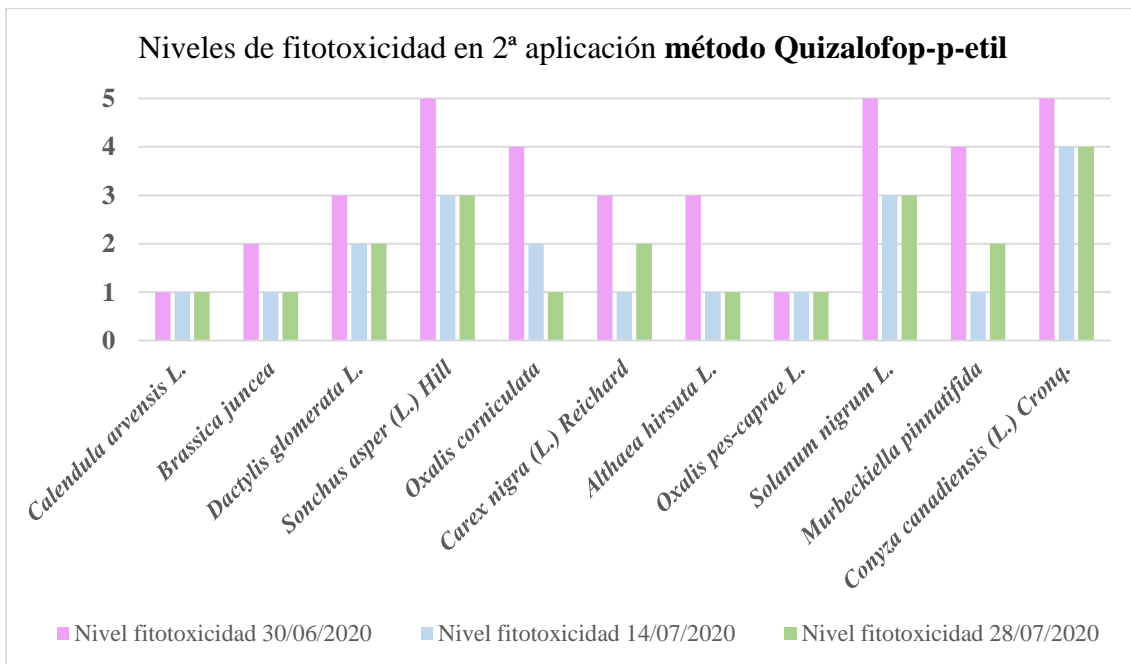


Figura 28: Resultados del método Quizalofop-p-etil tras la segunda aplicación. Fuente: propia

### 5.2.6. Método de aplicación Fluazifop-p-butil

Con el último de los productos alternativos propuestos, el Fluazifop-p-butil, se han obtenido unos resultados de muy baja fitotoxicidad sobre las especies *Solanum nigrum*, *Conyza canadiensis* (L.) Cronq y *Sonchus asper* (L.) Hill, que como ha sucedido en los métodos anteriores, son las más resistentes.

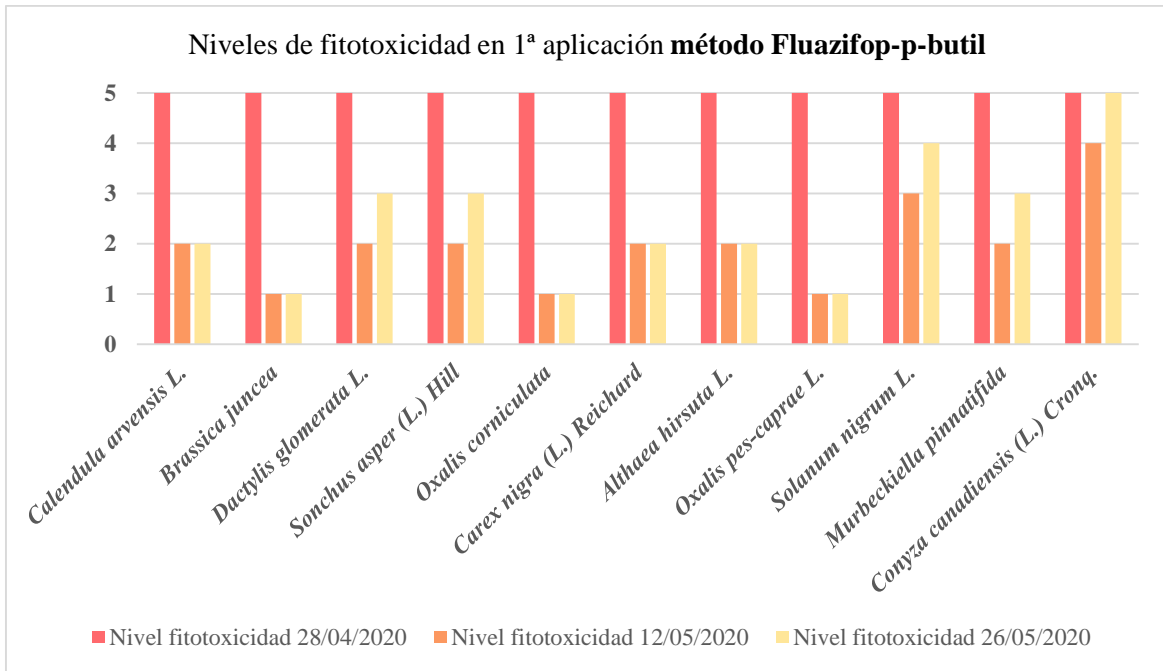
En la evaluación previa a la aplicación del segundo tratamiento, destaca que a excepción de *Brassica juncea*, *Althaea hirsuta* L y *Oxalis pes-caprae* L, todas se han conseguido desarrollar con bajos síntomas de toxicidad.

**Tabla 11:** Datos obtenidos en las aplicaciones del método Fluazifop-p-butil.

Método Fluazifop-p-butil						
Especie	Nivel de fitotoxicidad					
	Primer tratamiento			Segundo tratamiento		
	28/04/20	12/05/20	26/05/20	30/06/20	14/07/20	28/07/20
<i>Calendula arvensis</i> L.	5	2	2	1	1	1
<i>Brassica juncea</i>	5	1	1	1	1	1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	5	2	3	5	4	4
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	5	2	3	5	4	5
<i>Oxalis corniculata</i>	5	1	1	2	1	1
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	5	2	2	4	2	1
<i>Althaea hirsuta</i> L.	5	2	2	4	1	2
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	5	1	1	1	1	1
<i>Solanum nigrum</i> L.	5	3	4	5	4	5
<i>Murbeckiella pinnatifida</i>	5	2	3	5	3	2
<i>Conyza canadiensis</i> (L.) Cronq.	5	4	5	5	5	5

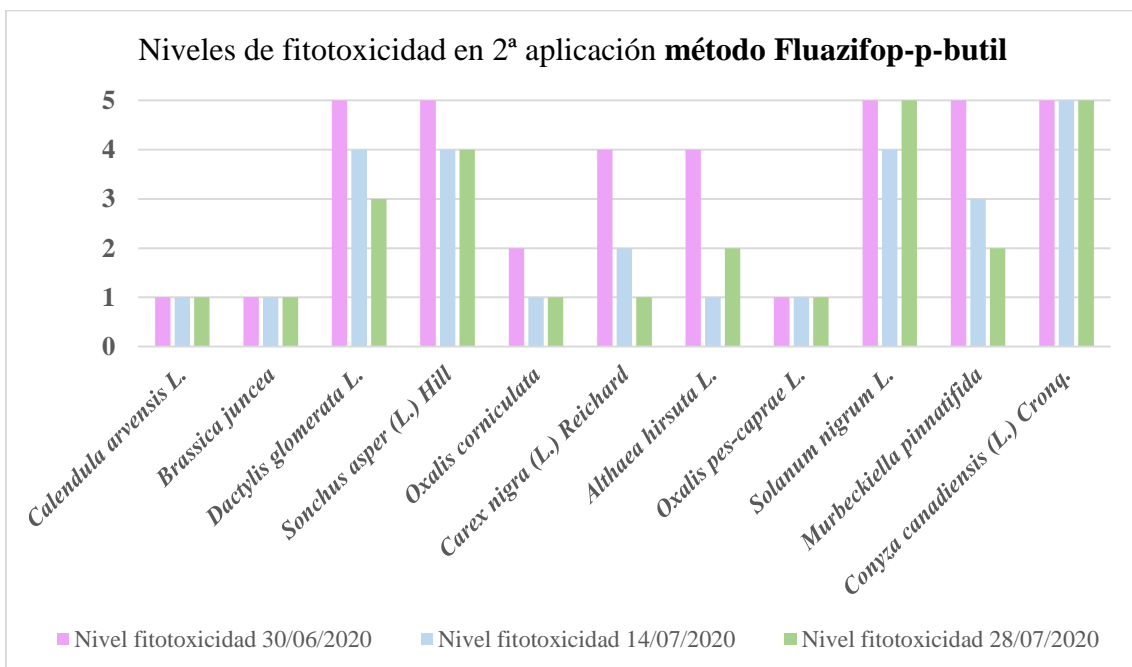
En la evaluación del 14/07/20, tras realizar el segundo tratamiento, se ha comprobado que las especies siguieron un comportamiento similar al primero, pero pese a que los niveles iniciales ya presentaban fitotoxicidad, en este caso los resultados son menos severos. Entre las especies resistentes que siguen en la parcela, *C. canadiensis* (L) Cronq., *S. nigrum* L. y *S. asper* (L.) Hill., han quedado con un nivel 5, lo cual indica que no presentan fitotoxicidad.

Pese a tratarse de un herbicida sistémico, la sustancia no ha presentado más resistencia sobre las especies. En la evaluación final del 28/07/20 se refleja como las tres especies resistentes se han desarrollado con sin toxicidad y por tanto se han quedado en la parcela con la misma presencia que tenían en el momento previo al tratamiento.



**Figura 29:** Resultados del método Fluazifop-p-butil tras la primera aplicación.

En las Figura 29 y 30, se pueden comparar los resultados entre las dos aplicaciones, donde se indica que en este método hay especies que no ha sido posible de eliminar por completo. Además, estas tienen gran facilidad para brotar al poco tiempo tras los tratamientos, tal y como indica la evaluación previa a la segunda aplicación, del 30/06/20, donde estas presentaban menores signos de fitotoxicidad.



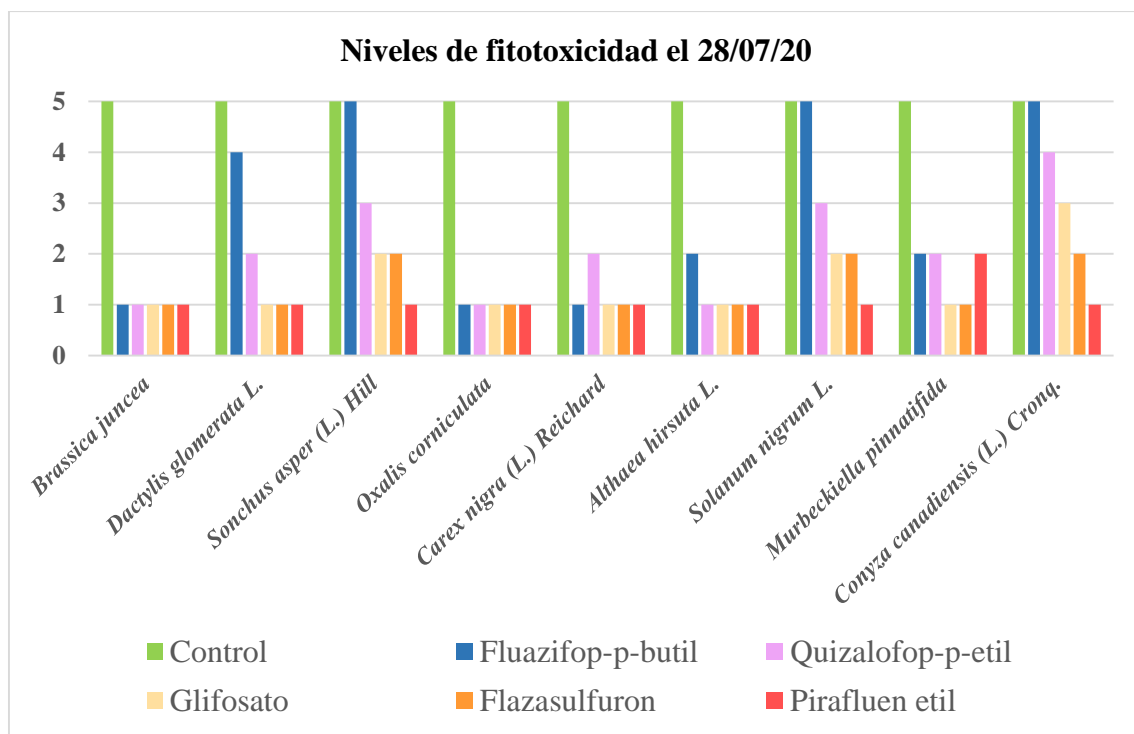
**Figura 30:** Resultados del método Fluazifop-p-butil tras la segunda aplicación.

## 6. DISCUSIÓN

Tras la asignación de los resultados obtenidos en el actual proyecto, estos se deben evaluar y comparar de forma conjunta para poder escoger el mejor método alternativo.

Para ello se han seleccionado los datos pertenecientes a la última evaluación de resultados obtenidos tras la segunda aplicación debido a que en ese momento es posible tener en cuenta tanto la eficacia a corto plazo, indicada por el cambio que experimentan las especies de malas hierbas a los 14 días tras tratamiento, como a largo plazo, ya que se pueden comparar los resultados de la última evaluación del primer y segundo tratamiento.

En la Figura 31 se indican los resultados de todos los productos en la última toma de datos del segundo tratamiento. En este gráfico se omiten las especies *Calendula arevensis* L. y *Oxalis pes-carrae* L, debido a su extinción en el método control, lo cual indica que han tenido un marchitamiento natural. Del resto de especies que sí tenían presencia en la parcela de manera natural, destacan *Solanum nigrum*, *Conyza canadiensis* (L.) Croq y *Sonchus asper* (L.) Hill por su elevada resistencia a los herbicidas.



**Figura 31:** Resultados comparativos de todos los métodos.

Al analizar los datos obtenidos, destaca que con el glifosato se han logrado unos resultados con un grado de éxito medio, el producto ha obtenido mejores porcentajes de fitotoxicidad que Fluazifop-p-butil y Quizalofop-p-etil, pero peores que Flazasulfuron y Pirafluen etil.

Además del nivel de fitotoxicidad que provocan los herbicidas sobre una especie en una parcela, también es importante la persistencia de este producto y el tiempo que

trascurre hasta que se vuelve a originar una población de malas hierbas que requiera de intervención.

Debe puntualizarse que entre de todos los productos alternativos, el Flazasulfuron y Pirafluen etil son los únicos que consiguen controlar el crecimiento de las malas hierbas más resistentes, mientras, en los otros casos, la población de estas especies llegó a aumentar de manera descontrolada.

Los resultados muestran que, entre todas las especies de malas hierbas, la que más dificultades ha presentado para poder establecer un control sobre ella es, *Conyza canadiensis* (L.) Croq, de manera que los niveles de población de esta especie concreta han aumentado respecto al nivel presente al inicio de la primera aplicación. Entre todos los métodos, el único producto que resulta efectivo y que consigue provocar un nivel de fitotoxicidad del 100% sobre la especie, es el Pirafluen etil.

Al finalizar la evaluación de los resultados, y desde un punto de vista personal que ha ganado en experiencia, se plantea un aspecto a considerar como una posible mejora en la equiparación de resultados. El planteamiento consiste en la suposición de una distribución aleatoria de las subparcelas de aplicación de los productos alternativos, ya que en el proyecto todos siguen una disposición lineal. Esta disposición tiene como consecuencia una posible deriva en la aplicación de los productos ubicados en los bordes de la zona experimental, ya que esta se sitúa en un bancal donde las zonas laterales quedan más expuestas a las ráfagas de viento.



**Figura 32:** Planteamiento aplicado vs planteamiento con distribución aleatoria.

Fuente: Propia.

Otro efecto positivo de la distribución aleatoria, es que el viento también favorece a la distribución de las semillas de las especies cuando estas llegan al estadio fenológico de desarrollo BBCH 69, el cual indica el final de la floración e inicio del cuajado del fruto con las semillas.

Al mismo tiempo, como observación personal se añade que en algunos casos aislados se ha percibido cierta sensibilidad del cultivo del aguacate con el herbicida glifosato, la



cual se reflejaba a través de síntomas de marchitamiento sobre las hojas que se sitúan en ramas próximas al suelo y, también, un efecto de quemado sobre los brotes más jóvenes del árbol.

Por parte de las hojas próximas al suelo, la causa del marchitamiento debe ser una deriva del producto herbicida, que en el momento de su aplicación ha llegado a alcanzar tejido vegetal del aguacate y, a consecuencia de la elevada sensibilidad de este cultivo, los efectos aparecen de forma muy rápida.



**Figura 33:** Síntomas en aguacate Lamb Hass a los 21 días del tratamiento con glifosato.  
Fuente: Propia.

En el caso de los brotes jóvenes, los cuales están situados en mayor medida en las zonas altas de la planta, debido a que esta especie tiene un crecimiento muy vertical y siempre tiene tendencia a la búsqueda de luz solar, la única justificación posible de que el efecto de un herbicida llegue a ese nivel es debido a una asimilación del producto por las raíces del árbol.

Este proceso se intuye que tiene lugar porque el glifosato es un herbicida sistémico, lo que significa que actúa sobre la planta con la que entra en contacto, siendo absorbido por las hojas y transportándolo a todas las zonas de crecimiento, desde los brotes jóvenes hasta las raíces. Así, le suprime la capacidad de generar aminoácidos aromáticos a consecuencia de la inhibición de una enzima vegetal esencial para el metabolismo de las plantas, la *5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS)*, de manera que provoca su marchitamiento.

De este modo, teniendo en cuenta los efectos provocados sobre un árbol joven (3 años), se puede predecir que, sobre un árbol recién plantado y durante el primer año de desarrollo, podría causar la muerte del plantón de aguacate.

Por último, se ha realizado una comparativa del coste por hectárea que supone cada producto, tal y como se indica en la Tabla 12. Aunque dicha información no ha influido en los resultados del proyecto es interesante destacarla teniendo en cuenta el posible aumento de producción y demanda de dicho producto en el mercado.

Los productos con precios más económicos son Fluazifop-p-butil, Quizalofop-p-etil y Glifosato, seguidos de Pirafluen etil y, por último, Flazasulfuron que presenta un coste desproporcionado respecto al resto de herbicidas.

**Tabla 12:** Comparación de precios por hectárea de cada producto.

	BUGGY GREEN	JOGG	GOZAI	BIWAX 5	FUSILADE MAX
Materia activa	Glifosato	Flazasulfuron	Pirafluen etil	Quizalofop-p-etil	Fluazifop-p-butil
Precio	5 €/L	506 €/kg	73 €/L	38.5 €/L	2.8 €/L
Precio/ha	7,50 €	101,20 €	20,08 €	10,59 €	5,60 €

Desde un punto de vista económico, se puede suponer que habrá un rechazo sobre los productos con precios altos, y en mi opinión esto estaría justificado sobre el producto Flazasulfuron. Ahora bien, si comparamos el glifosato con el Pirafluen etil (producto con mejores resultados en el campo), la diferencia de precio queda justificada. Además, desde un punto de vista ecológico, siempre se realiza un uso más coherente de un producto caro, que de un producto más económico.

Con la expresión de uso coherente, se hace referencia a que, tanto en el número de aplicaciones, como en las dosis aplicadas, se realizaran cumpliendo con las indicaciones del fabricante, mientras que, si se emplea un producto económico, al agricultor no le resulta un inconveniente aplicar una dosis mayor de herbicida o realizar más aplicaciones de las recomendadas. Por otro lado, si se utiliza un producto más caro, esto puede suponer una mayor concienciación del uso del producto y, por tanto, reducir la cantidad de herbicida aplicado sobre una finca, motivo que tiene una relación directa sobre la contaminación del medio ambiente.



## 7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir que se ha logrado conseguir el objetivo principal del mismo, demostrar la eficacia del uso de productos alternativos al glifosato.

Entre todos los ensayos realizados, las materias activas que se postulan como una alternativa real, son el Flazasulfuron y el Pirafluen etil, bajo las marcas Jogg y Gozai respectivamente. También se ha demostrado que los resultados obtenidos con Quizalofop-p-etil y Fluazifop-p-butil no han sido positivos, debido a que no han conseguido controlar el desarrollo de las especies de malas hierbas más resistentes.

Comparando los resultados entre Flazasulfuron y Pirafluen etil, los del segundo han sido mejores, pero hay que tener en cuenta que, al tratarse de herbicidas, no es bueno la utilización continua de un mismo producto durante un largo periodo de tiempo. El motivo principal es que pueden aparecer resistencias de ciertas especies a un producto concreto, de manera que, si se utilizan dos productos de forma alterna, se puede reducir en gran parte la aparición de este suceso.

Como objetivo secundario, se ha evaluado la toxicidad de los productos sobre los cultivos presentes en la parcela, cítricos de la variedad Valencia-Late y aguacate Lamb Hass. Respecto a este estudio, no se ha encontrado ninguna afección entre los métodos utilizados sobre ninguno de los cultivos, y solo cabe destacar los daños que sí produjo el glifosato sobre el aguacate. Al tratarse de un herbicida sistémico, al igual que el flazasulfuron, puede suceder que en un futuro este producto sí termine afectando al aguacate. Por este motivo, se afirma que en cultivos de aguacate es mejor utilizar el Pirafluen etil, tanto por los buenos resultados de fitotoxicidad sobre las malas hierbas, como por la ausencia de daños provocados sobre el cultivo.

Por último y como última conclusión, se afirma que se ha conseguido el último de los objetivos, la ratificación del Pirafluen etil como alternativa eficaz y contrastada contra el glifosato. Añadiendo como posible mejora y complementación a dicha alternativa de tratamiento, para evitar posibles resistencias de malas hierbas, la utilización alternada del Flazasulfuron durante periodos alternos en la aplicación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**Abigail V. (2020).** El glifosato en México. Scripta Manent. Obtenido de <https://scriptamanent.com.mx/2020/06/17/el-glifosato-en-mexico/>

**Ayuntamiento de Castellón, (2015).** Castellón sustituye un herbicida químico por vinagre como tratamiento en parques y plazas. Obtenido de [http://www.castello.es/web30/pages/noticias\\_web10.php?id=cas&cod=8670](http://www.castello.es/web30/pages/noticias_web10.php?id=cas&cod=8670).

**Ayuntamiento de Madrid. Madrid, Área de Medio Ambiente (2016).** El Ayuntamiento dejará de utilizar de forma progresiva el glifosato. Obtenido de <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Actualidad/Noticias/El-Ayuntamiento-dejara-de-utilizar-de-forma-progresiva-el-glifosato>.

**Benavente, R. (2015).** Castellón y la pseudociencia: usará un herbicida irritante en plazas y parques. El Confidencial. Obtenido de [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-10-06/castellon-y-la-pseudociencia-usara-un-herbicida-irritante-en-plazas-y-parques\\_1048632/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-10-06/castellon-y-la-pseudociencia-usara-un-herbicida-irritante-en-plazas-y-parques_1048632/).

**Bernstein, E. et al., (2001).** Dicer funciona en la interferencia de ARN y en la síntesis de ARN pequeño involucrado en el tiempo de desarrollo en *C. elegans*. *Genes & Development*, 15 (20), 2654-2659. Obtenido de <http://genesdev.cshlp.org/content/15/20/2654.short>

**Comisión Europea. (2017).** Reglamento de ejecución (UE) 2017/2324 de la comisión de 12 de diciembre de 2017. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2324&from=ES>

**Fernando P. Carvalho, (2017).** Plaguicidas, medio ambiente y seguridad alimentaria. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/fes3.108>

**Herrmann, KM (1995).** La vía del shikimato: primeros pasos en la biosíntesis de compuestos aromáticos. *La célula vegetal*, 7 (7), 907. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC160886/>

**Johal, G. S., & Huber, D. M. (2009).** Glyphosate effects on diseases of plants. *European Journal of Agronomy*, 31(3), 144-152. Obtenido de <http://www.bitsandbees.nl/huber.pdf>

**Mickelbart, M. V., et al., (2007).** Effects of clonal rootstocks on ‘Hass’ avocado yield components, alternate bearing, and nutrition. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(3), 460-466. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14620316.2007.11512259>

- Munira, S. (2016).** Performans ayam kampung super pada pakan yang disubttusi dedak padi fermentasi dengan fermentor berbeda, 770 , 238-261. Obtenido de <https://media.neliti.com/media/publications/98574-ID-performans-ayam-kampung-super-pada-pakan.pdf>
- Pesticide Action Network Europe, (2018).** Alternative methods in Weed management to the use of glyphosate and other herbicides. Obtenido de [https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/Report\\_Alternatives%20to%20Glyphosate\\_July\\_2018.pdf](https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/Report_Alternatives%20to%20Glyphosate_July_2018.pdf)
- Simonsen, A. et al., (2008).** Capítulo treinta y cinco Análisis cuantitativo de la actividad autofágica en los tejidos neurales de Drosophila midiendo las tasas de rotación de los sustratos de la vía. Métodos en enzimología , 451 , 639-651. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0076687908032357>
- The International Agency for Research on Cancer (IARC), (2015).** Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. Obtenido de <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/>
- Vera Silva et. al., (2019).** Residuos de plaguicidas en suelos agrícolas europeos: una realidad oculta revelada. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718343420>
- Watts et al., (2016).** Recomendaciones EULAR / ERA-EDTA para el manejo de vasculitis asociada a ANCA. Anales de las enfermedades reumáticas, 75 (9), 1583-1594. Obtenido de <https://ard.bmj.com/content/75/9/1583.full>
- Weather Spark (2019).** Clima promedio en Castellón de la Plana, España, durante todo el año. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/42732>.
- Wikipedia. (2020).** Glifosato, es.wikipedia.org. Obtenido de [.https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato](https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato).
- Yu et al., (2015).** Nanosheet de Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> facetado de alto índice como electrocatalizadores altamente activos y ultraestables para la división del agua. Revista de la Sociedad Química Estadounidense , 137 (44), 14023-14026. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jacs.5b08186>