

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I
DEL MEDI NATURAL**



Estudio de la fitotoxicidad del herbicida glifosato sobre la cespitosa *Lolium perenne*.

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Trabajo Fin de Grado

Autora: María Alcántara Quílez

Tutor: Diego Gómez de Barreda Ferraz

Valencia, Julio de 2016



Estudio de la fitotoxicidad del herbicida glifosato sobre la cespitosa *Lolium perenne*.

Resumen

Cuando se siembra un césped es necesario eliminar las malas hierbas existentes o incluso el césped antiguo, pues pueden competir de forma muy intensa con el nuevo césped a implantar. Para ello se suelen usar herbicidas de amplio espectro como el glifosato, pero siempre con la duda de cuándo efectuar la siembra después de la aplicación del glifosato. Al controlar las malas hierbas con el herbicida glifosato, se presentan dos problemas: la lenta acción de este herbicida y el efecto residual que pueda tener el herbicida en el suelo. Éste segundo problema es el que se va a estudiar en este Trabajo de Fin de Grado. El objetivo es conocer si el herbicida glifosato aplicado para el control de malas hierbas cerca del momento de la siembra de la cespitosa *Lolium perenne*, tuviera algún efecto residual y pudiese afectar a la implantación del césped. Para ello se hicieron 9 siembras en días consecutivos de la especie cespitosa *Lolium perenne*, aplicándose el herbicida glifosato a 3 dosis diferentes en el día en que se hizo la séptima siembra. Se evaluó diariamente el número de plántulas de *L. perenne* emergidas y 23 días después de la primera siembra, cuando el número de plántulas emergidas se había estabilizado, se segó la primera siembra y se obtuvo su peso seco, y así sucesivamente cada día con la siembra correspondiente. Se concluye que se puede aplicar el herbicida glifosato antes de la siembra de *Lolium perenne* e incluso hasta dos días después de la siembra, no viéndose afectada la viabilidad de las plántulas. Además, también se ha visto que el herbicida glifosato aplicado a dosis bajas en el período entre germinación y emergencia actúa como regulador del crecimiento, ralentizando la emergencia. Por último, se puede afirmar que el glifosato causa daños sólo sobre plántulas ya emergidas o germinadas, en ningún caso se observan daños sobre *L. perenne* en semilla sin germinar.

Palabras clave: césped, ray-grass, resiembra otoñal, germinación y emergencia.

Glyphosate phytotoxicity on the turf grass species *Lolium perenne*

Abstract

When sowing a new turfgrass stand, it is necessary to remove existing weeds or old turfgrass because they could compete with the new turfgrass. This is carried out using total herbicides like glyphosate, but weed control with glyphosate has two problems: the slow action of this herbicide and the residual effect that may have the herbicide in the soil. This second problem is studied in this work, so the objective is to know if the herbicide glyphosate applied near the time of sowing of *Lolium perenne* for weed control, could have some residual effect in the soil affecting the development of the new turfgrass. The experiment consists on performing 9 sowings of *L. perenne* during 9 consecutive days. On the seventh day (once the seventh sowing was made), the herbicide glyphosate was applied at 3 different doses. The experiment evaluation consisted in daily emerged plant counts and 23 days after sowing dry weight of the aerial part of the plant after mowing was performed. It can be concluded that the herbicide glyphosate can be applied before sowing and even two days after sowing with no affection to turfgrass viability. In addition, the herbicide glyphosate applied at low dose in the moment between germination and emergence, acts as a growth regulator slowing down the emergency. Finally, it's been shown that glyphosate only cause damage on germinated and emerged seeds.

Keywords: turfgrass, ryegrass, autumn sowing, germination and emergency.

Alumna: Dña. María Alcántara Quílez

Tutor Académico: Prof. D. Diego Gómez de Barreda Ferraz

Valencia, Julio 2016

*Agradezco a todos los que me han ayudado en este trabajo,
los que me han animado en todo momento, mi familia y amigos;
Pero sobre todo agradezco a Diego
por darme la oportunidad de hacer este trabajo
y dedicarme su tiempo.*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El césped	1
1.1.1. Definición.....	1
1.1.2. Tipos de céspedes.....	1
1.1.3. <i>Lolium perenne</i>	3
1.2. Implantación del césped	4
1.3. Control químico de malas hierbas	5
1.3.1. Glifosato	6
2. OBJETIVOS	8
3. MATERIAL Y MÉTODOS	9
3.1. Material.....	9
3.1.1. Invernadero	9
3.1.2. Sustrato y bandejas de alveolos	9
3.1.3. Equipo de pulverización.....	10
3.1.4. Material vegetal	10
3.1.5. Herbicida	11
3.1.6. Otros materiales	11
3.2. Metodología	12
3.2.1. Siembra	12
3.2.2. Aplicación de glifosato	12
3.2.3. Evaluación.....	13
3.2.4. Análisis estadístico	13
3.3. Esquema de la metodología empleada	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	15
4.1. Efecto del herbicida glifosato en la emergencia de plántulas de <i>Lolium perenne</i> .	15
4.2. Efecto del herbicida glifosato en la velocidad de emergencia de las plántulas de <i>Lolium perenne</i>	19
4.3. Efecto del herbicida glifosato en el peso seco de las plántulas de <i>Lolium perenne</i>	21

5. CONCLUSIONES	29
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

Figura 1: Semillas de <i>Lolium perenne</i> , variedad ‘Grand Slam 2’	10
Figura 2: Estufa de secado y esterilización “Conterm”	11
Figura 3: Siembra de diez semillas en un alveolo de sustrato arenoso (A), con una dosis de herbicida de 10 L/ha (3) y en el que se está haciendo la siembra número 5 (5).....	12
Figura 4: Esquema de la metodología seguida en la parte experimental.	14
Figura 5: Número de plántulas emergidas en el primer experimento.	16
Figura 6: Número de plántulas emergidas en el segundo experimento	17
Figura 7: Velocidad de emergencia en el primer experimento.....	19
Figura 8: Velocidad de emergencia en el segundo experimento.	20
Figura 9: Peso seco de las plántulas de <i>L. perenne</i> en el primer experimento a los 23 días tras la siembra.....	22
Figura 10: Peso seco de las plántulas de <i>L. perenne</i> en el segundo experimento a los 23 días tras la siembra.....	23
Figura 11: Peso seco medio de cada siembra en el primer experimento.	24
Figura 12: Peso seco medio de cada siembra en el segundo experimento.	24
Figura 13: Esquema de la siembra 1.....	25
Figura 14: Esquema de la siembra 2.....	26
Figura 15: Esquema de la siembra 3.....	26
Figura 16: Esquema de la siembra 4.....	27
Figura 17: Esquema de la siembra 5.....	27

Tablas

Tabla 1: Clasificación de especies cespitosas según el tipo de césped.	2
Tabla 2: Clasificación de especies cespitosas según el clima.	3
Tabla 3: Pérdidas producidas en los cultivos por enfermedades, insectos, nematodos y malas hierbas y costes correspondientes para su control.	5

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El césped

1.1.1. Definición

Según Hessayon (2001), el césped es una extensión de terreno cubierta por una cobertera herbácea constituida por diferentes especies de la familia de las gramíneas (actualmente *Poaceae*).

El principal objetivo del cultivo del césped es el de conseguir una superficie idónea para jardines y zonas deportivas, aunque su uso puede extenderse también a la fruticultura para la implantación de cubiertas vegetales.

Dependiendo de sus cualidades, naturaleza y calidad, existen diferentes tipos de céspedes.

1.1.2. Tipos de céspedes

Existen distintos criterios de clasificación del césped. Según CÉSPED. LA INFORMACIÓN DEL CÉSPED (2016) en función de su uso, el césped puede clasificarse en ornamental, deportivo (*sport*), familiar, de sombra y duro (rústicos).

Los céspedes ornamentales tienen un alto nivel estético, son de hoja fina y permanecen verdes todo el año, aguantando siegas bajas y frecuentes. Hessayon (2001) hace una subdivisión dentro de los céspedes ornamentales:

- De primera clase:
 - Suntuario: tiene aspecto aterciopelado y es ideal para las zonas donde puede ser visto pero no pisado, pues no soporta el desgaste producido por los juegos infantiles ni el abandono que puede soportar un césped ornamental utilitario.
 - Utilitario: dominan la especie *Lolium perenne* y otras gramíneas cespitosas de hoja ancha. Este tipo de césped soporta el pisoteo cotidiano y puede resistir un abandono moderado sin deteriorarse demasiado.
- De segunda clase: este tipo de césped sería el más utilizado, pues el resultado es una cubierta de gramíneas cespitosas que sobreviven con escaso mantenimiento.

Un segundo grupo es el de los céspedes deportivos, utilizados en campos de fútbol, rugby, golf e hipódromos. Este tipo de césped, como comenta Monje (2002), debe reunir tres características fundamentales como son soportar siegas sistemáticas y

frecuentes, resistir el pisoteo y el arrancamiento y ser capaces de formar un tapiz verde, continuo, compacto y uniforme.

Según su uso, destacan otros tipos como los céspedes familiares, presentes en los jardines de viviendas, los céspedes de sombra, cuya estética es variable y no necesitan demasiada exposición al sol, y los céspedes duros (rústicos), que presentan elevada resistencia a situaciones extremas como sequía, altas temperaturas, pisoteo, enfermedades, ...

Según el tipo de césped, las especies cespitosas que los conforman pueden ser muy diferentes (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de especies cespitosas según el tipo de césped

Fuente: www.césped.es, 2016

ORNAMENTAL	DEPORTIVO	FAMILIAR	SOMBRA	RÚSTICO
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poa sp.</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Festuca arundinacea</i>
<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca ovina</i>	<i>Festuca ovina</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Agrostis sp.</i>	<i>Agrostis sp.</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
	<i>Poa pratensis</i>		<i>Zoysia japonica</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
			<i>Stenotaphrum secundatum</i>	<i>Cynodon dactylon</i>

Las especies cespitosas son seleccionadas principalmente por la persistencia que puedan tener en el terreno, por el tiempo de establecimiento y por las cualidades que pueden ofrecer. Estas cualidades, como indica Monje (2002), pueden ser cualidad visual (uniformidad, forma de crecimiento, color, densidad, textura, suavidad) o cualidad funcional (elasticidad, rigidez, desarrollo, capacidad de recuperación, color, resistencias o tolerancias y adaptación a la siega).

CÉSPED. LA INFORMACIÓN DEL CÉSPED (2016) hace una segunda clasificación de los céspedes según el clima, diferenciando césped de clima cálido, de hojas gruesas y anchas, resistente a veranos calurosos y con el inconveniente de entrar en latencia en otoño-invierno cuando las temperaturas bajan por debajo de los 10°C; y

césped de clima templado, de hojas finas y resistentes al frío, pero poco resistente al calor y la sequía (Tabla 2).

Tabla 2: Clasificación de especies cespitosas según el clima.

Fuente: www.césped.es, 2016

TEMPLADO	CÁLIDO
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Agrostis tenuis</i>	<i>Paspalum vaginatum</i>
<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Paspalum notatum</i>
<i>Festuca ovina</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
<i>Lolium perenne</i>	<i>Zoysia Japonica</i>
<i>Poa pratensis</i>	

Dado que algunas especies cespitosas entran en latencia, se practica la alternancia de unas especies con otras para conseguir una cubierta verde todo el año. Es el caso por ejemplo de los campos de fútbol del Valencia, Betis, Sevilla y Levante, en los que se alternan la especie bermuda (*Cynodon dactylon*) con *Lolium perenne*.

Cuando bermuda entra en dormancia invernal se suele resembrar con *Lolium perenne* con una dosis de siembra de al menos 50 g/m² (Cirera, 2010).

En teoría la especie *Lolium perenne* debería morir cuando llegan las altas temperaturas y la especie bermuda sale de su período de latencia, pero puede ocurrir que las temperaturas no sean lo suficientemente elevadas como para que *Lolium perenne* desaparezca y pueden convivir durante un tiempo ambas especies compitiendo entre ellas. Por este motivo cada vez se están buscando más especies de características similares a *Lolium perenne* pero más sensibles al calor (Richardson *et al.*, 2007).

1.1.3. *Lolium perenne*

Lolium perenne es una especie cespitosa perteneciente al género *Lolium*. Esta gramínea es también conocida como ray-grass inglés.

Se trata de una especie cespitosa que se adapta a todo tipo de suelos, tolera los suelos pesados, es resistente y se consolida rápidamente. El principal inconveniente es que crece demasiado deprisa y desaparece gradualmente si las siegas son intensas (Hessayon, 2001).

Ray-grass inglés es una hierba perenne de clima templado con un hábito de crecimiento de tipo amacollado. Tiene una venación plegada, una lígula corta y membranosa, a menudo ausente, y las hojas son brillantes por el haz (Christians *et al.*, 2009).

Dentro de cada especie cespitosa existen numerosas variedades comerciales.

En este Trabajo Fin de Grado (TFG) la variedad empleada ha sido 'Grand Slam 2'. De acuerdo con la información de MOUNTAIN VIEW SEEDS (2005), la variedad Grand Slam 2 tiene una textura fina, color verde oscuro intenso y su crecimiento uniforme permite una cubierta de aspecto compacto y denso. 'Grand Slam 2' es resistente al pisoteo, al desgaste, a la enfermedad del hilo rojo (causada por el hongo *Corticium fusiforme*) y al estrés del verano.

1.2. Implantación del césped

Para la implantación del césped es necesario que el suelo esté libre de vegetación y que tenga textura fina y uniforme, para ello si es necesario se recurre al laboreo del suelo.

El suelo será el depósito de agua y nutrientes para el cultivo del césped, por lo que, previo a la siembra, se deben conocer los componentes químicos del suelo, y realizar una fertilización para adecuar el suelo a las necesidades del cultivo.

Una vez preparado, se continúa con la siembra del césped a una dosis determinada (para el caso de *Lolium perenne* la dosis de siembra es de unos 25 a 35 g/m²). La siembra se realiza mediante sembradoras especiales seguidas de rastrillado que entierra las semillas y de rodillos que apelmazan ligeramente el terreno.

Tras la siembra, el terreno se riega frecuentemente y con poco agua hasta que germina y emerge. Aproximadamente un mes después de la siembra, se realiza la primera siega. Cada especie cespitosa tiene su frecuencia y altura de siega particular, en el caso de *Lolium perenne* implantado en las calles de golf, las siegas se hacen a una altura de 13-22 mm, y con una frecuencia de 3 a 4 veces por semana (Beard, 2002).

Siega, riego y fertilización son las operaciones básicas para garantizar un césped de calidad. Estas prácticas están relacionadas entre sí: cambios en la altura de siega normalmente conllevan cambios en la frecuencia e intensidad de fertilización y riego. En muchas especies cespitosas con siega, riego y fertilización adecuadas, no serían necesarias otras prácticas de cultivo adicionales (Turgeon, 2005).

Según indica Cirera (2010), en la implantación de la especie cespitosa *Lolium perenne* generalmente la semilla empieza a germinar a los 3 ó 4 días si las condiciones son adecuadas, la fertilización requerida es de 100 a 300 unidades

fertilizantes de nitrógeno al año y la altura de siega recomendada oscila entre los 25 y 40 mm con la planta adulta (si bien estos datos son genéricos para la especie *Lolium perenne* y pueden ser diferentes para cada variedad).

Ahora bien, puede que a la vez que el césped, emerjan malas hierbas o incluso que entre la preparación del terreno y la siembra ya hayan emergido éstas y haya que eliminarlas. En el cultivo del césped el control de las malas hierbas puede ser químico.

1.3. Control químico de malas hierbas

Al igual que el resto de cultivos, el césped puede verse afectado por la aparición de hierbas adventicias o malas hierbas, que se propagan por el terreno y compiten con el césped provocando una disminución del rendimiento y de las cualidades del césped.

De los factores bióticos que pueden afectar a un cultivo, las malas hierbas ocasionan el mayor porcentaje de pérdidas y gastos de control, frente a otros factores como enfermedades, insectos y nematodos (García y Fernández-Quintanilla, 1991). En el césped, sin embargo, las enfermedades son el factor biótico que más pérdidas causa.

Tabla 3: Pérdidas producidas en los cultivos por enfermedades, insectos, nematodos y malas hierbas y costes correspondientes para su control.

Fuente: García y Fernández-Quintanilla, 1991.

Factores	% de pérdidas	% gastos de control	% pérdidas + gastos de control
Enfermedades	35	3,7	21,7
Insectos	33,1	13,6	28,1
Nematodos	4,1	0,4	3,2
Malas hierbas	27	82,3	41,6

Ciertos autores aconsejan una serie de procedimientos para evitar las malas hierbas, como escoger semillas de buena calidad, segar, abonar, regar y escarificar correctamente, o combatirlas con escarda manual o rastrillado.

Cuando se siembra un césped es necesario eliminar las malas hierbas existentes o incluso el césped antiguo, pues pueden competir de forma muy intensa (césped viejo y malas hierbas) con el nuevo césped a implantar. Para ello se suelen usar herbicidas totales (de amplio espectro) como el glifosato, pero siempre con la duda de cuándo efectuar la siembra después de la aplicación del glifosato. Existen dos

problemas potenciales: la lenta acción del herbicida glifosato y la consecuente competencia entre plantas aun no muertas y las nuevas semillas; y el efecto residual que pueda tener el herbicida en el suelo. El primer problema surge del hecho de que el glifosato al ser un herbicida de acción lenta, no eliminará las malas hierbas o el césped viejo hasta alrededor de 14 días después de la aplicación, por lo que éstas pueden aun ser muy competitivas frente al nuevo césped dentro de este intervalo de tiempo. Así, Welty *et al.* (1981), indican que, tras una aplicación de glifosato en una pradera, conviene esperar unos 14 días antes de sembrar alfalfa, trébol blanco o *Festuca arundinacea*, incluso indican que para alfalfa conviene demorar la siembra hasta los 28 días. El segundo problema (el que se trata de resolver en este TFG) es que quizás el herbicida deje residuos en el suelo capaces de dañar a la semilla en germinación o emergencia. Hay numerosos estudios que aportan luz sobre este último aspecto, el intervalo de tiempo entre la aplicación herbicida y la siembra de un césped, pero no con el herbicida glifosato sino con otros como el aminociclopiraclor que según Workman *et al.* (2012) no requiere de ningún intervalo de tiempo entre su aplicación y la siembra de *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea*. Otro estudio indica que la siembra de las cespitosas *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Agrostis stolonifera* debe ser retrasada al menos 2 semanas después de una aplicación de metiozolin (McCullough and Gómez de Barreda, 2012) o el estudio de McCullough and Nutt (2010), indicando que la siembra de la cespitosa *Cynodon dactylon* debería ser retrasada de 4 a 6 semanas después de una aplicación de los herbicidas rimsulfuron, simazina o sulfosulfuron.

1.3.1. Glifosato

En los cultivos de especies perennes, como el césped, es recomendable que el control de malas hierbas se lleve a cabo antes de sembrar, puesto que una vez que las plantas están en el terreno a tratar, el control de estas malezas se vuelve más difícil, más costoso y a menudo imposible.

Para el tratamiento del suelo se pueden utilizar productos como Metam sodio, Dazomet o herbicidas no selectivos. Los herbicidas no selectivos, como por ejemplo el glifosato, se utilizan para el control de malas hierbas en pre-emergencia del cultivo (Christians *et al.*, 2009).

El glifosato es un herbicida sistémico, es decir, que el producto es traslocado por la planta a través del floema y puede afectar a partes de la planta que el producto no alcanzó en la aplicación. No es selectivo, de modo que afecta tanto a las malas hierbas como al cultivo si no se aplica en el momento adecuado y en la dosis justa.

Es un herbicida de absorción foliar y su aplicación es fundamentalmente de post-emergencia de malas hierbas y pre-emergencia del cultivo. El glifosato se caracteriza por su buena traslocación, alta actividad, amplio campo de acción y capacidad de control de órganos de reproducción subterráneos (De Liñán, 2015).

Controla la mayoría de especies gramíneas y dicotiledóneas consideradas como malas hierbas, y es particularmente activo sobre especies perennes (García y Fernández-Quintanilla, 1991).

El glifosato es absorbido por las hojas y se trasloca a través del floema hasta alcanzar todas las partes de la planta. Cuando esto ocurre, el herbicida tarda tres o cuatro días en causar efectos en plantas anuales, y ocho o diez días en plantas perennes. El tiempo que tarda en hacer efecto depende de la eficacia de aplicación, del momento y de la dosis y de las condiciones que acompañen a la aplicación, pues la lluvia tras aplicar el producto disminuye su absorción y por tanto su eficacia, y a mayor intensidad luminosa, más rápida es la traslocación del glifosato.

Como ya indica Atkinson (1985), el glifosato inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos. Además, García y Fernández-Quintanilla (1991) añaden que el glifosato dificulta la respiración, la fotosíntesis y la síntesis de ADN y de proteínas, provocando la detención del crecimiento y clorosis en hojas seguida de necrosis.

Glifosato es el nombre con el que se conoce a la materia activa que forma parte de muchos herbicidas. “Logrado” es el nombre comercial del herbicida utilizado en este trabajo, con un contenido en glifosato del 36% p/v, es una sal isopropilamina presentada en forma de concentrado soluble y utilizada en el control, en post-emergencia y aplicación localizada, de monocotiledóneas y dicotiledóneas anuales y perennes (De Liñán, 2015).

2. OBJETIVOS

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado es conocer si el herbicida glifosato aplicado cerca del momento de la siembra de la cespitosa *Lolium perenne* para el control de malas hierbas, tuviera algún efecto residual y pudiese afectar a la implantación del césped.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

La parte experimental ha sido realizada dos veces, siguiendo en ambas el mismo procedimiento y utilizando los mismos materiales.

3.1. Material

3.1.1. Invernadero

La parte experimental se llevó a cabo en uno de los invernaderos de la Universidad Politécnica de Valencia. Este invernadero, de cristal, cuenta con unas dimensiones de 6,5 m de ancho por 25 m de largo y 5 m de alto (6,5 m hasta cumbrera). Las temperaturas están reguladas para que la mínima nocturna no baje de los 16°C y la temperatura diurna no baje de los 20°C. Cuenta con bancadas de 1,7 x 3,2 m. Por encima de estas bancadas, se dispone un sistema de riego por micro aspersión consistente en 4 tuberías portagoteros con 4 goteros cada una. En total arrojan un caudal teórico de 9,9 L al día distribuidos en tres riegos de tres minutos cada uno.

3.1.2. Sustrato y bandejas de alveolos

El sustrato empleado para la siembra de las semillas de *L. perenne* fue arena de sílice con partículas de 0,6 mm y un 10% de turba rubia. Hay que indicar que inicialmente se usaron también dos sustratos más, uno arcilloso y otro franco arenoso, pero al acumular demasiada agua (no drenaban bien), esta parte del experimento se desechó.

Para comenzar el experimento a partir de unas condiciones conocidas, se introdujo el sustrato arenoso en estufa durante 24 horas a 110°C para que perdiera toda la humedad y posteriormente se tamizó a 2 mm.

La siembra se hizo en bandejas de poliestireno de 64 x 40,5 x 7 cm, de 8 x 13 alveolos, con una capacidad de 60 ml por alveolo.

En ambos experimentos fueron necesarias tres bandejas: en una se aplicó una dosis baja del herbicida glifosato, en otra se aplicó una dosis alta, y una tercera bandeja sobre la que no se hizo ningún tratamiento herbicida y sirvió de control.

Tras finalizar la preparación de las bandejas, éstas se llevaron al invernadero, y el sustrato estuvo humedeciéndose durante dos días antes de comenzar con las siembras. Para comprobar la humedad que tenía el sustrato con este sistema de riego, tras unos días en el invernadero, se extrajo una muestra del sustrato arenoso y

se llevó de nuevo al laboratorio para obtener su humedad por el método gravimétrico. Esta muestra de sustrato se pesó antes y después de meterlo en estufas a 110°C durante 24 horas, y esa diferencia de peso correspondía a la humedad del sustrato arenoso en el invernadero, que fue de 21,5% en el primer experimento y 22,4% en el segundo experimento, que son humedades del suelo adecuadas para que germine esta especie.

3.1.3. Equipo de pulverización

El herbicida se pulverizó mediante una caña de pulverización que tiene una boquilla TEEJET 9504EVS de abanico. No se utilizó mochila de pulverización, sino que el herbicida junto con el caldo se introdujo en botellas de polietileno y la mezcla fue impulsada por CO₂.

3.1.4. Material vegetal

El material vegetal utilizado en este trabajo han sido semillas de la especie cespitosa *Lolium perenne*, concretamente de la variedad 'Grand Slam 2' de la empresa Semillas Dalmau S.L. (Figura 1).



Figura 1: Semillas de *Lolium perenne*, variedad 'Grand Slam 2'.

Antes de comenzar con el experimento, se comprobó que las semillas estuvieran en buen estado, determinando su tasa de germinación en el laboratorio de Fitotecnia de la Universidad Politécnica de Valencia.

Para ello se utilizó una placa Petri de 9 cm de diámetro, papel de filtro, parafilm, pinzas y agua del grifo. En la placa Petri se deposita un papel de filtro cubriendo toda la base de la placa, este papel se empapa con agua del grifo y sobre él se disponen 100 semillas de *Lolium perenne*. Se cierra la placa con la tapa y se cubre el borde con parafilm para evitar que se seque el interior de la placa e impida la germinación.

Una vez están colocadas las 100 semillas y la placa está cerrada, ésta se introduce en una cámara de ambiente controlado a 25°C durante una semana. Se hizo dos veces y se obtuvo una tasa de germinación media de 78,5% que fue considerada suficiente para utilizar estas semillas en el Trabajo de Fin de Grado.

3.1.5. Herbicida

El herbicida utilizado en este trabajo tiene como nombre comercial “Logrado”, es una sal isopropilamina presentada en forma de concentrado soluble, cuya materia activa es glifosato presente a una concentración del 36% p/v.

3.1.6. Otros materiales

- a) Estufa de secado y esterilización “Conterm” para temperaturas regulables desde 40 hasta 250°C, con unas dimensiones de 30 x 30 x 40 cm y una capacidad de 36 L (Figura 2).



Figura 2: Estufa de secado y esterilización “Conterm”.

- b) Cámara de germinación de ambiente controlado, modelo MLR-350H, cuenta con una capacidad efectiva de 294 L, 9 lámparas fluorescentes de 800 W, amperaje de 9,5 A, tensión nominal de 230 V y frecuencia nominal igual a 50 Hz.
- c) Balanza de precisión: para la obtención del peso del césped, se utilizó una balanza digital de tres decimales de precisión, modelo P5 de “Alessandrini Strumentazioni”, con 520 g de capacidad, 220 V, 60 mA y 50/60 Hz.
- d) Pipetas de vidrio de 10 ml de vidrafoc, y propipetas.

3.2. Metodología

3.2.1. Siembra

Tras haber dejado dos días las bandejas en el invernadero para que el sustrato se fuera humedeciendo, comenzó la siembra. Las semillas se preparaban en tubos Eppendorf de 1,5 ml de capacidad el día anterior a la siembra, de manera que cada tubo correspondía a un alveolo. Se hicieron nueve siembras, una cada día y de forma consecutiva, y cada una consistía en la siembra de cinco alveolos de cada bandeja. Todas las siembras estaban distribuidas aleatoriamente con anterioridad. En cada alveolo se sembraron diez semillas (Figura 3).

Como puede observarse en la figura 3, cada alveolo estaba etiquetado siguiendo una nomenclatura previamente establecida: la letra correspondía al tipo de sustrato (A: arenoso), a esta letra le seguía un número del 1 al 3, correspondiente a la dosis de herbicida aplicado (1: control, 2: dosis baja de 3 L/ha, 3: dosis alta de 10 L/ha) y a continuación, en la parte derecha, otro número (del 1 al 9) que hacía referencia al número de días de siembra.



Figura 3: Siembra de diez semillas en un alveolo de sustrato arenoso (A), con una dosis de herbicida de 10 L/ha (3) y en el que se está haciendo la siembra número 5 (5).

3.2.2. Aplicación de glifosato

El día que se hizo la siembra número 7, tras sembrar las semillas correspondientes en las bandejas, se dispusieron todas las bandejas de alveolos en el suelo del invernadero contiguo. La solución herbicida (caldo) se preparó en botellas de PET (polietileno de tereftalato), con 250 ml de agua, añadiendo mediante pipeta, 0,3 y 10 ml del herbicida "Logrado". En el invernadero donde se llevó a cabo la aplicación primero se pulverizó la botella que solo llevaba agua, para la bandeja control. Posteriormente se pulverizó la dosis baja (3L/ha) sobre la bandeja correspondiente.

Por último, se aplicó el tratamiento a la tercera bandeja pulverizando la dosis alta de 10 L/ha.

Las tres bandejas se llevaron al invernadero correspondiente y ese día ninguna fue regada para no lavar el herbicida y reducir su efecto; tampoco la bandeja control fue regada para que estuvieran todas en las mismas condiciones.

3.2.3. Evaluación

a) Conteo del número de plántulas emergidas

Desde la primera siembra, se empezó a hacer un recuento diario de las plántulas emergidas, y fue a partir del cuarto día desde la primera siembra, cuando ya empezaban a verse. Con el número de plántulas que emergían cada día, se determinó la tasa de emergencia y la velocidad de emergencia.

b) Siega y peso seco

Exactamente veintitrés días después de la primera siembra, cuando el número de plántulas emergidas por siembra se había estabilizado, comenzó la siega de la primera siembra y a partir de ésta, cada día se hacía una siega. Ésta no era una siega de mantenimiento, sino que se cortaba toda la parte aérea de las plántulas de cada alveolo. Las plántulas que habían emergido en cada alveolo se dejaban secar en estufa a 110°C durante 24 horas para obtener el peso seco, para lo cual se hizo uso de la balanza digital.

3.2.4. Análisis estadístico

Una vez terminada la parte experimental, los datos obtenidos relativos al número de plántulas emergidas, velocidad de emergencia y peso seco de las plántulas de *L. perenne*, se organizaron en tablas y se representaron en gráficas para comparar unos resultados con otros.

Además, con la ayuda del programa Statgraphics® Centurion XVI, se hicieron análisis de varianza simple (1 sólo factor, dosis) para determinar las posibles diferencias estadísticamente significativas entre las medias obtenidas.

3.3. Esquema de la metodología empleada

A continuación, se expone un esquema del procedimiento seguido en la parte experimental (Figura 4). Como se ha dicho anteriormente, las dos veces que se realizó el experimento se siguió el mismo procedimiento.

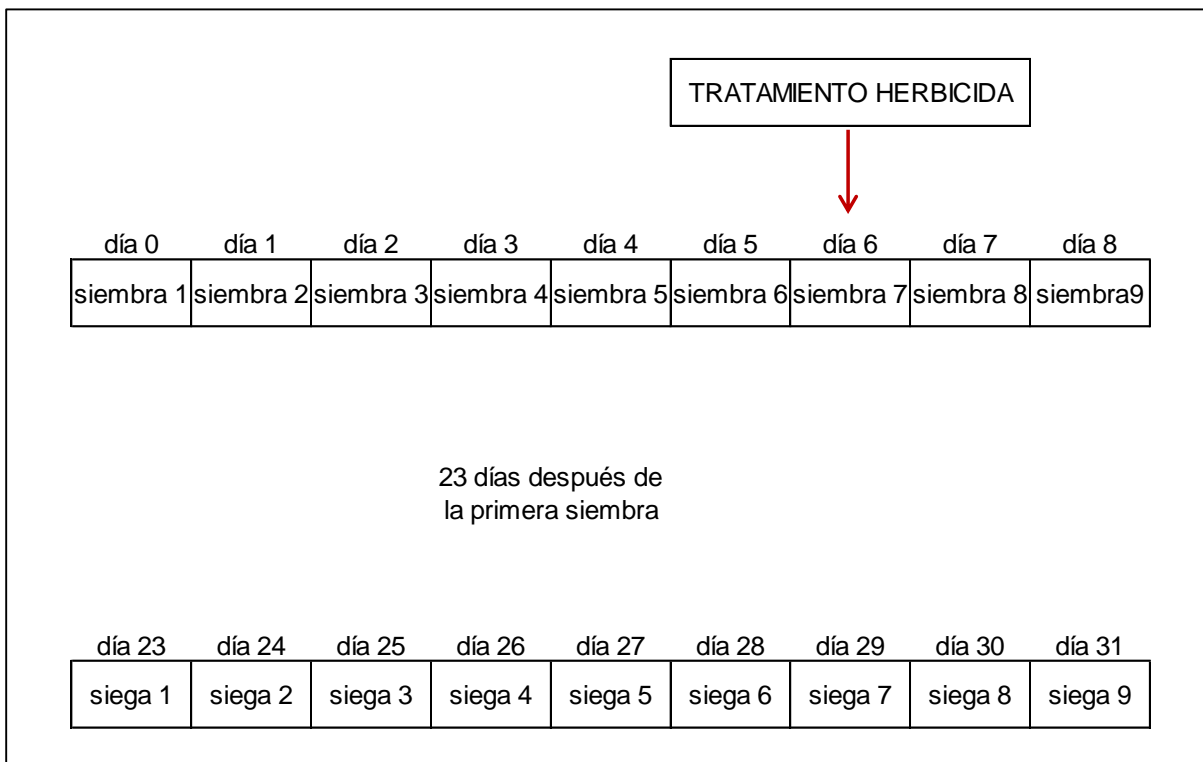


Figura 4: Esquema de la metodología seguida en la parte experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados de este TFG estructurados en 3 apartados, en los que se estudia el efecto del herbicida glifosato sobre: el número de plántulas emergidas, la velocidad de emergencia y el peso de las mismas al cabo de 23 días.

4.1. Efecto del herbicida glifosato en la emergencia de plántulas de *Lolium perenne*.

Los resultados del primer experimento se muestran en la figura 5, que consta de 9 gráficas nombradas de la A a la I, y que se corresponden con cada una de las 9 siembras realizadas.

En la figura 5 (gráfica A) se observa cómo tan solo hay dos días en los que hay diferencias estadísticamente significativas, pero son entre el control y la dosis baja. Es un efecto extraño, pero podría explicarse por el hecho de que el glifosato a dosis bajas actúa como regulador del crecimiento (Turgeon, 2004). Posiblemente el herbicida haya entrado en contacto con las plántulas germinadas, pero no emergidas y lo haya hecho en una concentración muy baja. Este mismo efecto se observa cuando se repite el experimento, donde incluso hay más días en los que la diferencia entre el control y la dosis baja es estadísticamente significativa, como puede verse en la figura 6 (gráfica A).

Podría afirmarse por tanto, que en la siembra 1 el herbicida a dosis bajas ha entrado en contacto con algunas de las semillas ya germinadas pero no emergidas, ralentizando su emergencia, al actuar como regulador del crecimiento, mientras que a dosis altas el herbicida no afecta a la plántula como regulador del crecimiento, la plántula emerge de forma normal pero luego morirá pues es de lenta acción.

En la siembra 2, (Figura 5, gráfica B) aparecen solo dos diferencias entre el control y la dosis alta, que son estadísticamente significativas. La dosis baja y el control han seguido aproximadamente el mismo ritmo, en cambio en las plántulas tratadas con la dosis alta ha vuelto a aparecer el efecto regulador del crecimiento por parte del herbicida glifosato. Probablemente la dosis baja no ha llegado bien a las plántulas (por la orientación, la profundidad de siembra u otros factores ajenos al herbicida) y no ha tenido ningún efecto sobre éstas. De la misma manera, por alguna de las causas mencionadas la dosis más alta no ha afectado como tal, sino como una dosis baja.

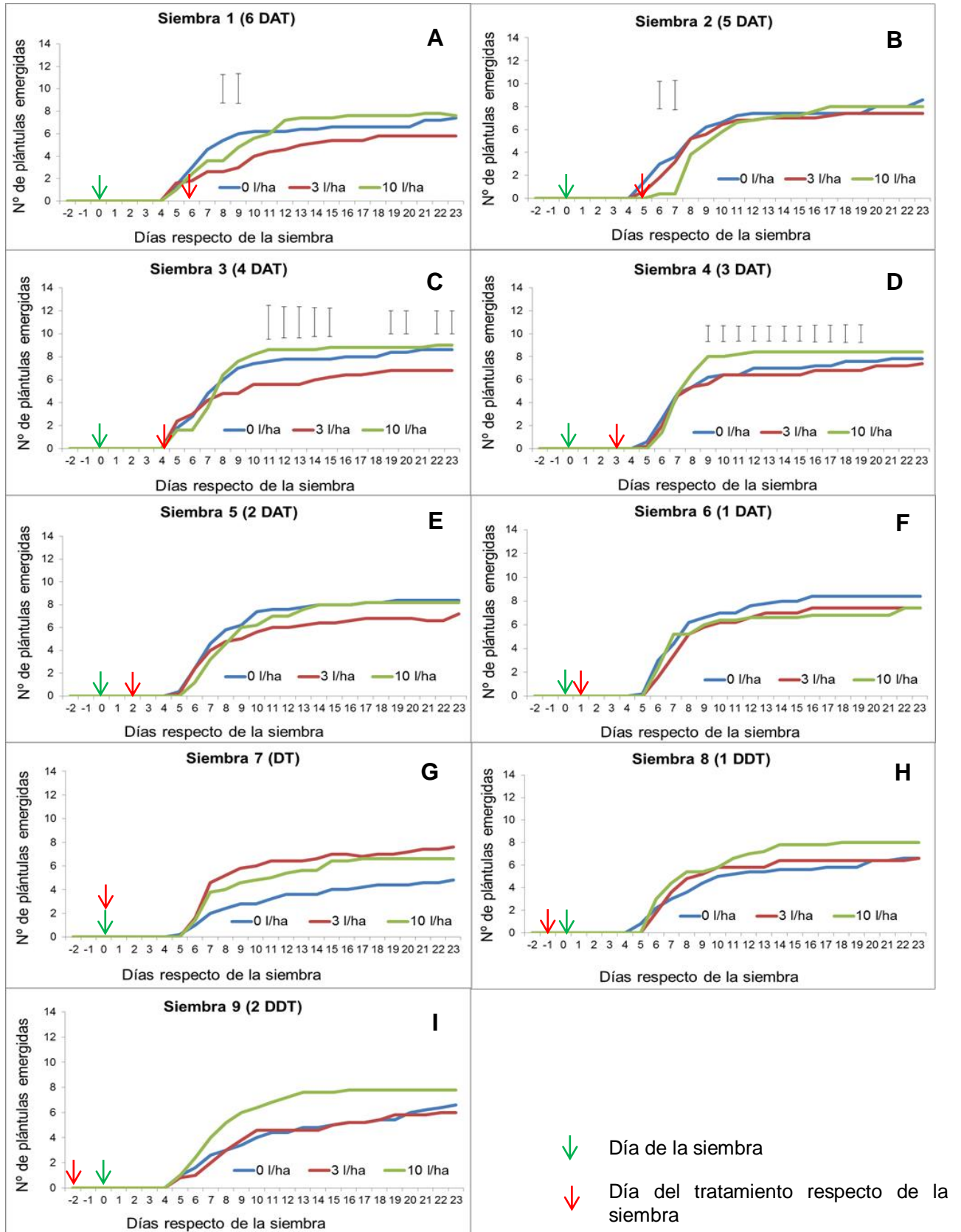


Figura 5: Número de plántulas emergidas en el primer experimento. Las barras verticales son valores LSD indicando que hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad. DAT: días antes del tratamiento; DDT: días después del tratamiento.

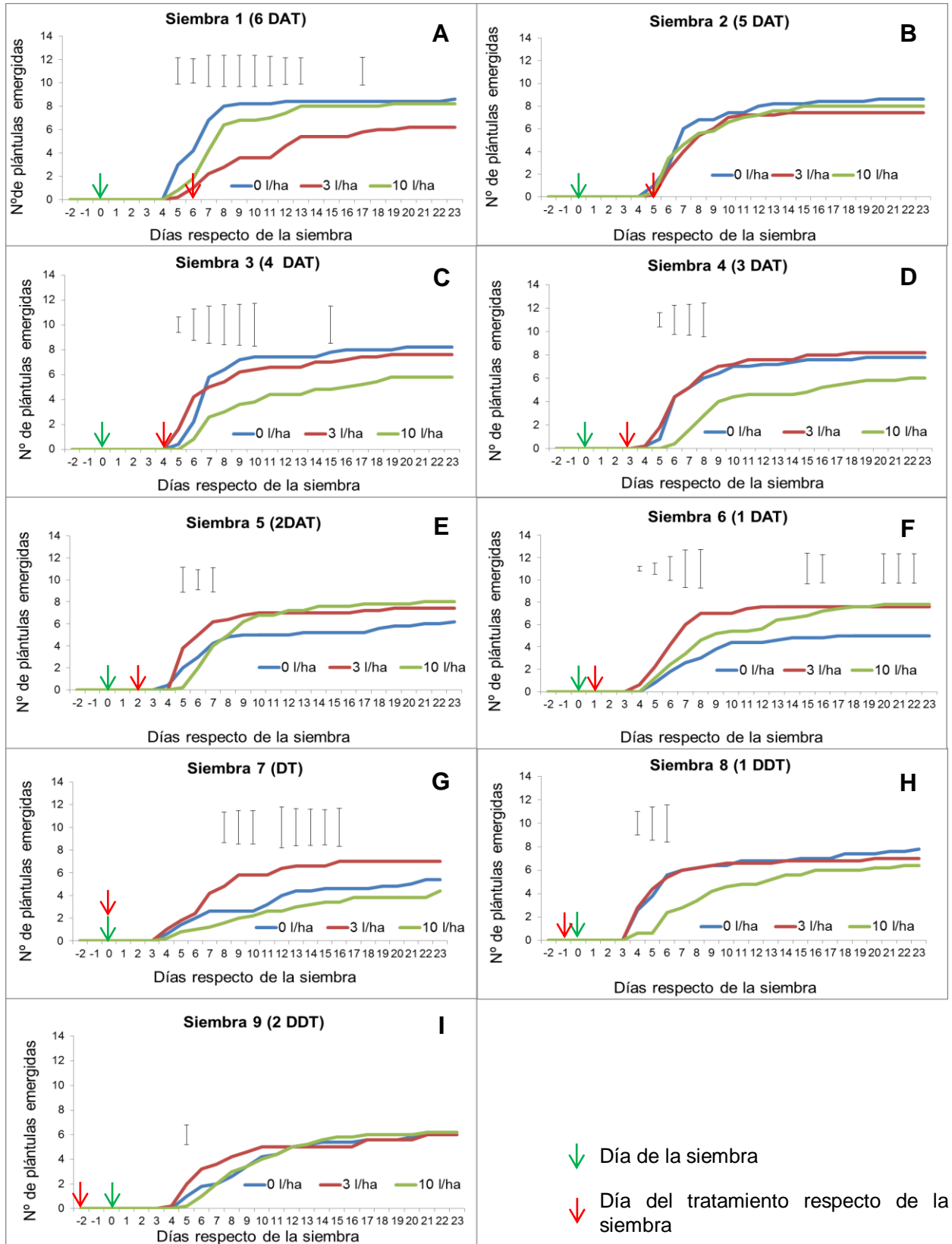


Figura 6: Número de plántulas emergidas en el segundo experimento. Las barras verticales son valores LSD indicando que hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad. DAT: días antes del tratamiento; DDT: días después del tratamiento.

En la tercera siembra se observan resultados diferentes en los dos experimentos. En el primer experimento, figura 5 (gráfica C), se ven diferencias estadísticamente significativas entre la dosis alta (que en cuanto a número de plántulas emergidas sigue un ritmo parecido al control) y la dosis baja, que provoca una disminución del número de plántulas que emergen al principio, actuando como regulador del crecimiento. Por el contrario, se puede ver que en el segundo experimento (Figura 6), en la tercera siembra (gráfica C), las diferencias estadísticamente significativas se manifiestan entre el control (que sigue un ritmo parecido a la dosis baja) y la dosis alta. Esto podría tener explicación si se asume que las semillas no han recibido toda la dosis aplicada y que por tanto la dosis baja le ha llegado como una dosis muy baja y no ha tenido ningún efecto, y que la dosis alta le ha llegado como una dosis baja y ha tenido el efecto de regulador del crecimiento.

En la figura 5 (gráfica D) puede observarse que en la cuarta siembra el herbicida glifosato ha tenido el mismo efecto sobre el número de plántulas emergidas que en la siembra 3, incluso esta vez con diferencias estadísticamente significativas durante más días respecto de la siembra. Es decir, que la dosis baja ha actuado como regulador del crecimiento, mientras que la dosis alta no ha tenido efecto sobre el número de plántulas, pero lo tendrá sobre el peso de las mismas como se verá más adelante. De la misma manera, la siembra 4 (gráfica D) del segundo experimento (Figura 6) muestra que el herbicida glifosato ha tenido el mismo efecto que en la siembra anterior, la dosis baja no ha tenido ningún efecto y la dosis alta ha actuado como dosis baja regulando el crecimiento de las plántulas.

Como puede observarse en la figura 5, a partir de la siembra 5 (incluida) ya no hay diferencias estadísticamente significativas, lo cual quiere decir que el herbicida glifosato afecta al número de plántulas emergidas de las siembras que se realizaron 3 o más días antes del tratamiento. Es decir, se puede aplicar herbicida glifosato antes de la siembra de *Lolium perenne* e incluso hasta dos días después de la siembra y el número de plántulas emergidas no se vería afectado. Este resultado coincide con Sprankle *et al.*, 1975, que indicaron que aplicaciones de glifosato al suelo no perjudicaron a diferentes cultivos sembrados justo después de su aplicación. Pero el hecho de que el herbicida glifosato no afecte a una siembra reciente, no indica que no tenga efecto residual en el suelo, pues Campbell (1974) indicó que el herbicida glifosato aplicado al suelo no tenía efecto sobre la germinación de alfalfa, trébol subterráneo, ray-grass o *Phalaris tuberosa*, pero sí que

tenía posteriormente algún efecto perjudicial en el posterior establecimiento, sobre todo en las leguminosas.

4.2. Efecto del herbicida glifosato en la velocidad de emergencia de las plántulas de *Lolium perenne*.

Este apartado se centra en las consecuencias que ha tenido el herbicida glifosato en la velocidad de emergencia de *Lolium perenne*, entendida como el promedio de los días que ha tardado en emerger cada siembra.

Observando las figuras 7 y 8, correspondientes al primero y segundo experimento respectivamente, se puede afirmar que la primera vez el herbicida no causó ningún efecto en la velocidad de emergencia de las plántulas, puesto que no aparece ninguna diferencia estadísticamente significativa cuando se esperaba. Habría sido lógico que aparecieran diferencias al menos en las siembras 3 y 4, que es cuando las semillas habían germinado, pero aún no habían emergido, en este momento el herbicida glifosato habría entrado en contacto con las plántulas y podría haber disminuido la velocidad de emergencia durante los primeros días, provocando un retraso en la emergencia de estas plántulas ya germinadas. En cambio, sólo se ve una diferencia estadísticamente significativa entre el control y la dosis alta, y es en la última siembra, que no se explica por el efecto residual del herbicida, pues hubiera afectado aún más a la siembra 8.

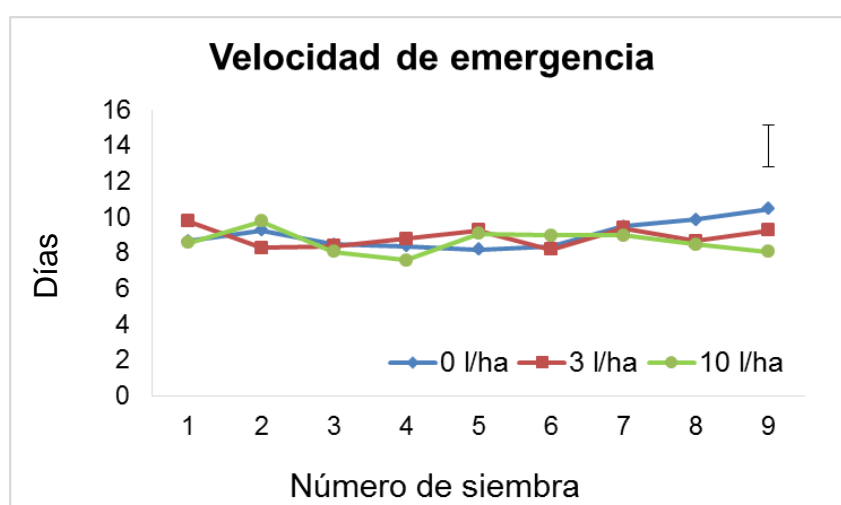


Figura 7: Velocidad de emergencia en el primer experimento. Las barras verticales son valores LSD indicando que hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad.

En el segundo experimento ya aparecen las diferencias estadísticamente significativas que se esperaban en el primero, en las siembras intermedias. En la figura 8 se observan diferencias estadísticamente significativas en las siembras 1 (entre control y dosis baja), en la siembra 4 (entre la velocidad de emergencia de las plántulas con dosis alta y la velocidad del resto de plántulas), en la siembra 5 (entre la velocidad de las plántulas con dosis baja y la velocidad del resto de plántulas) y en la siembra 6 (entre dosis alta y dosis baja).

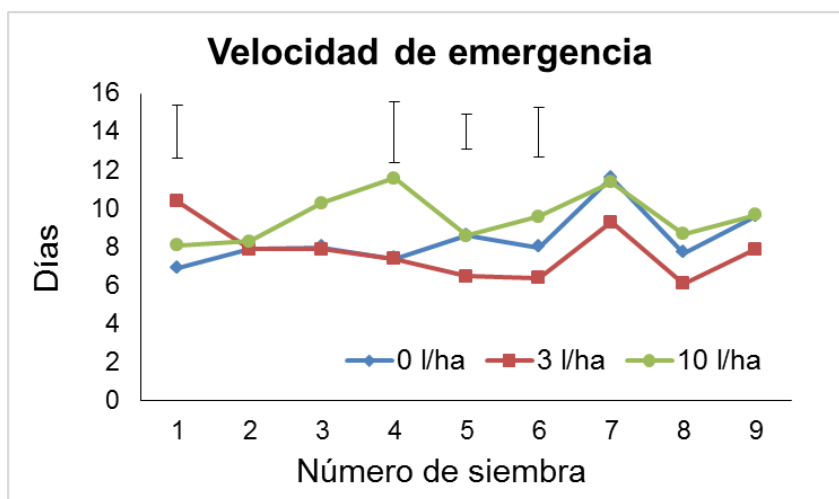


Figura 8: Velocidad de emergencia en el segundo experimento. Las barras verticales son valores LSD indicando que hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad.

El hecho de que estas diferencias tan solo aparezcan en el segundo experimento podría explicarse porque la segunda vez las plantas se desarrollaron mejor, crecieron más sanas, probablemente por la luz o la eficacia del riego, o la temperatura. El hecho de que hayan crecido más sanas se observa perfectamente cuando se cuantifica el peso de las plántulas en el siguiente apartado. El glifosato es un herbicida sistémico (De Liñán, 2015) por lo que es absorbido por la planta y se trasloca dentro de ella. Cuanto más sana esté la planta, más efectiva es la traslocación y por tanto más agresivo será el efecto del herbicida en la misma. Esto

es lo que le ha ocurrido a las plántulas de *Lolium perenne* la segunda vez, que el herbicida les ha afectado en su velocidad de emergencia porque estaban más sanas que la primera vez y el glifosato ha actuado mejor.

4.3. Efecto del herbicida glifosato en el peso seco de plántulas de *Lolium perenne*.

Como se ha comentado anteriormente en el apartado de material y métodos, 23 días después de cada siembra se segaron las plántulas, se secaron y se obtuvo el peso seco de cada siembra. Los resultados pueden verse reflejados en las figuras 9 y 10, correspondientes a los pesos del primer y segundo experimento respectivamente.

En el primer experimento (Figura 9), en las cuatro primeras siembras puede verse que existen diferencias estadísticamente significativas entre el peso de las plántulas control y las plántulas que fueron tratadas, y en algunos casos las tratadas con la dosis alta tienen menor peso que las tratadas con dosis bajas, pero estas diferencias no son estadísticamente significativas. En el segundo experimento (Figura 10), las diferencias estadísticamente significativas entre el peso de las plántulas control y el de las que fueron tratadas, aparecen solo en las dos primeras siembras. En las siembras 3 (Figura 10, C) y 4 (Figura 10, D), las diferencias estadísticamente significativas que aparecen, son solo entre el peso de las plántulas tratadas con dosis alta y el peso del resto de plántulas. El motivo de ello, como se ha explicado en el apartado del efecto del herbicida glifosato en el número de plántulas emergidas es que, en el segundo experimento, en las siembras 3 y 4, el herbicida a dosis bajas no tuvo efecto, y a dosis altas actuó como si fuera dosis baja.

Es decir, sí que se observan daños cuando se aplica glifosato, pero sólo sobre plántulas ya emergidas o germinadas, en ningún caso se observan daños sobre *L. perenne* en semilla sin germinar. Quizás esto haya sido debido a la dosis, que aun siendo elevada la mayor (10 L/ha) equivale tan sólo a 3,6 kg ea/ha de glifosato y Segura *et al.*, 1978 indican que se necesita al menos 3-4 kg ea/ha de glifosato sobre la semilla de ray-grass italiano (*Lolium multiflorum*) para reducir su tasa de germinación, e incluso más dosis del herbicida, al menos 4 kg ea/ha cuando la semilla estaba cubierta por el suelo como es en este caso.

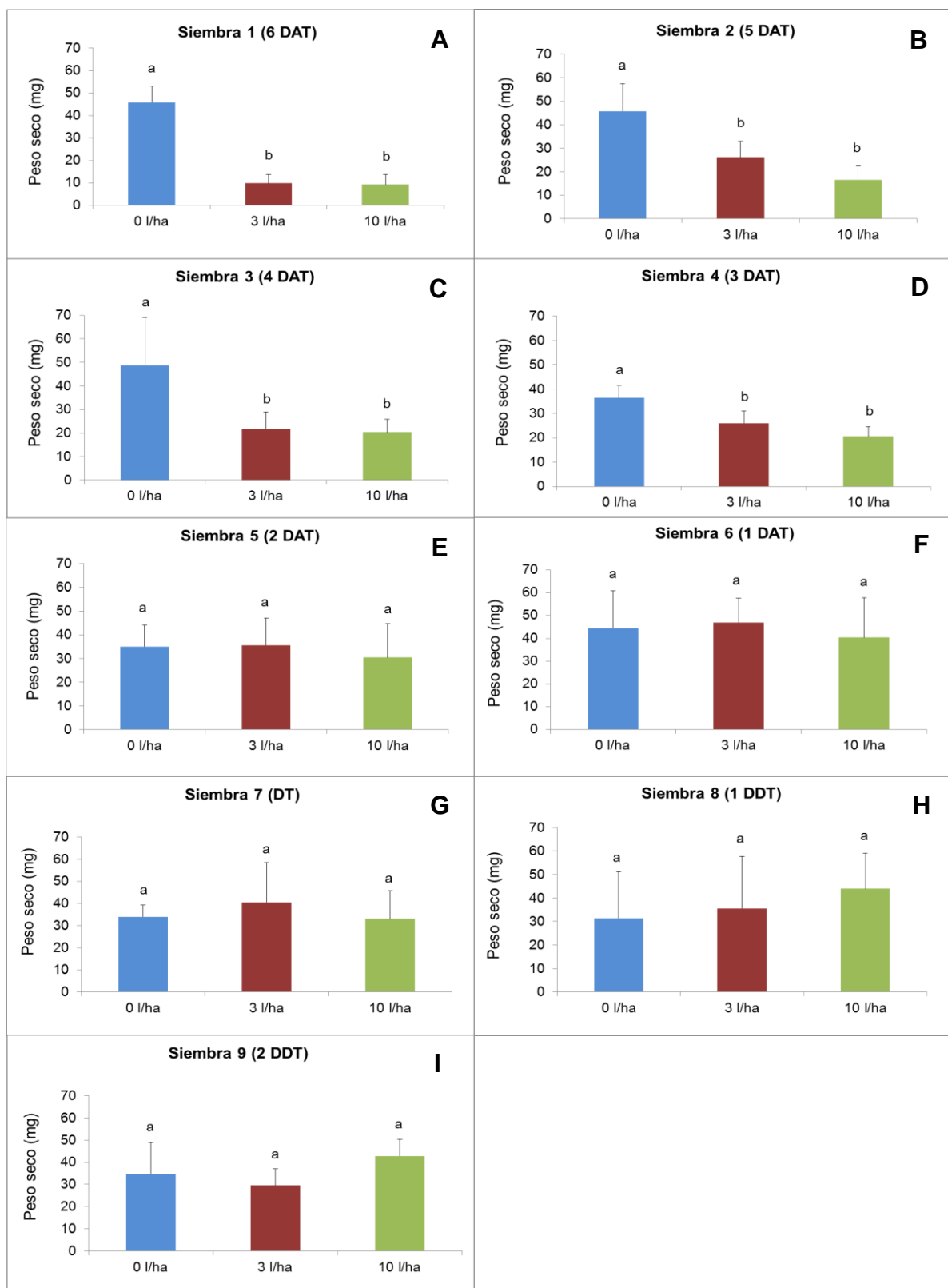


Figura 9: Peso seco de las plántulas de *L. perenne* en el primer experimento a los 23 días tras la siembra. Letras diferentes sobre columnas indican diferencias estadísticamente significativas al 0.05 de probabilidad (test LSD). DAT: días antes del tratamiento; DDT: días después del tratamiento.

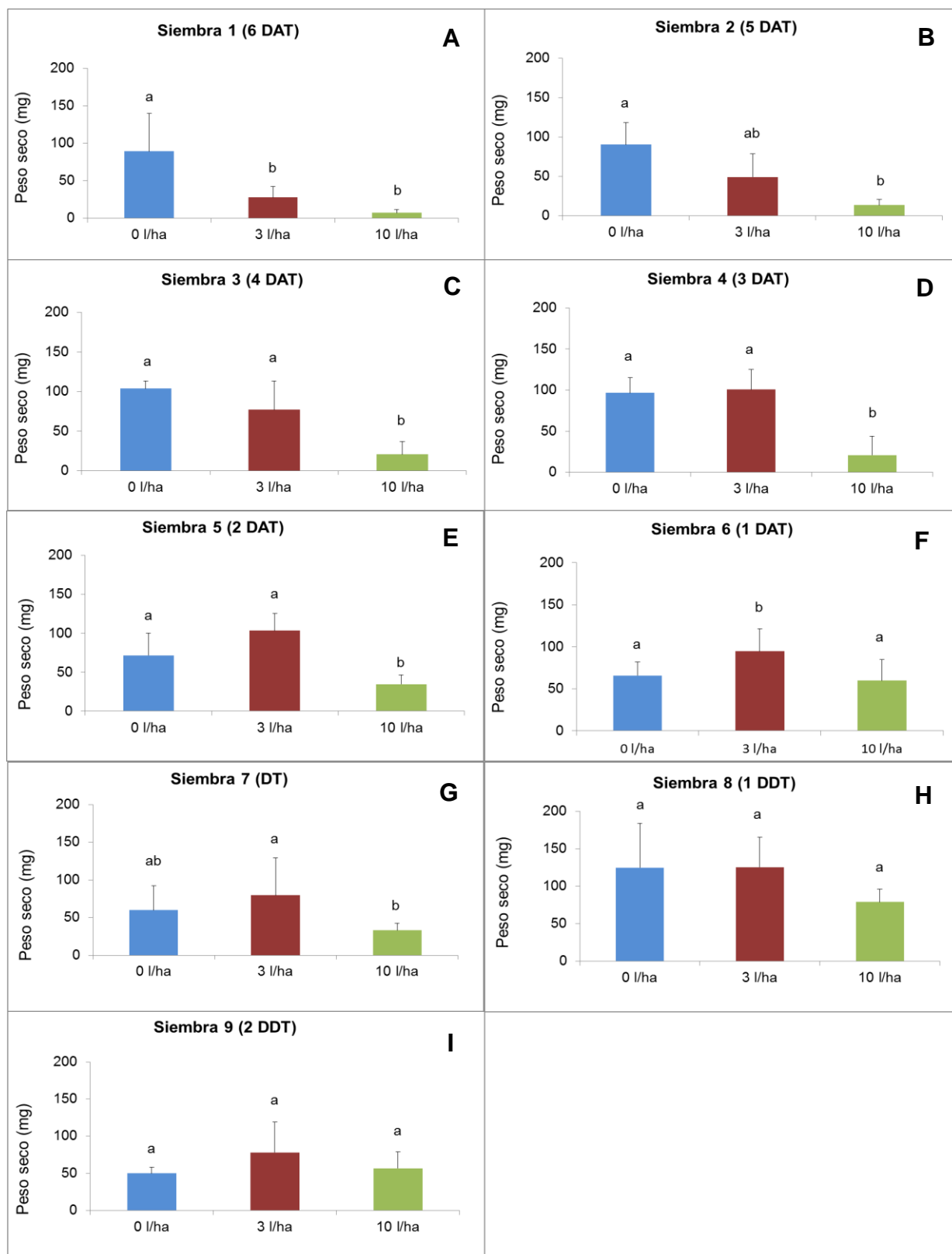


Figura 10: Peso seco de las plántulas de *L. perenne* en el segundo experimento a los 23 días tras la siembra. Letras diferentes sobre columnas indican diferencias estadísticamente significativas al 0.05 de probabilidad (test LSD). DAT: días antes del tratamiento; DDT: días después del tratamiento.

En la figura 11, correspondiente al peso seco medio de cada siembra en el primer experimento, se ven las diferencias estadísticamente significativas que hay entre el peso de las plántulas control y el peso de las plántulas tratadas con herbicida glifosato, aunque sin haber diferencias estadísticamente significativas entre dosis. En la figura 12, referente al peso seco medio de cada siembra en el segundo experimento, los resultados obtenidos son muy parecidos a los del primer experimento, con la diferencia de que en la quinta siembra aparece también una diferencia estadísticamente significativa entre el peso de las plántulas que fueron tratadas con dosis alta y el peso del resto de plántulas.

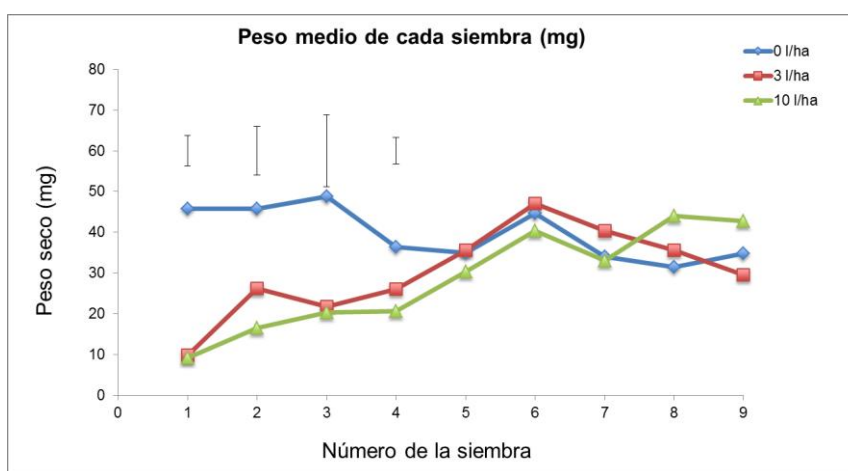


Figura 11: Peso seco medio de cada siembra en el primer experimento. Las barras verticales son valores LSD indicando que hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad.

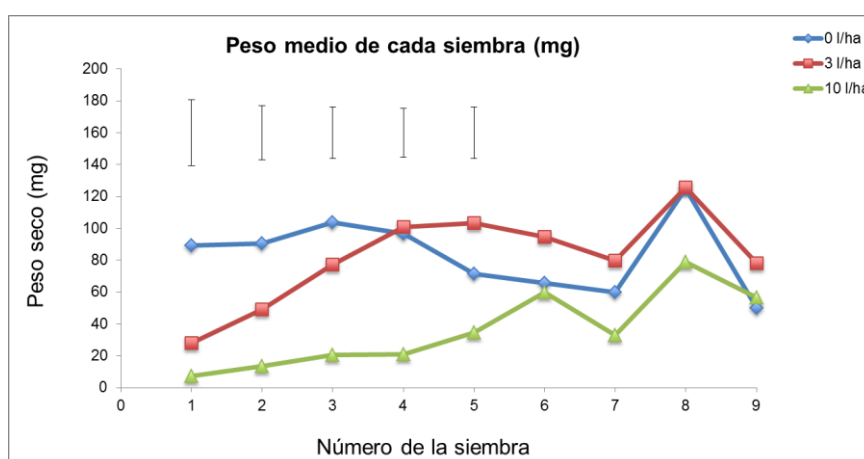


Figura 12: Peso seco medio de cada siembra en el segundo experimento. Las barras verticales son valores LSD indicando que hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad.

Estos resultados son acordes a lo que publicaron ya en 1975, Sprankle *et al.*, indicando que aplicaciones de glifosato entre 0,46 y 4,48 kg ea/ha sobre un suelo arenoso en los que se sembraba maíz, soja y trigo, no afectaban a la germinación de estos cultivos, sin embargo, a medida que se iba incrementando la dosis de glifosato, el peso seco de la parte aérea de las plantas disminuía. En este caso ocurre algo parecido, la germinación y emergencia no se ven tan afectadas como el peso seco final.

Para comprender qué ha ocurrido de forma más clara, a continuación se exponen unos esquemas (Figuras 13 a 17) que relacionan el momento de la siembra con la aplicación del herbicida. Los esquemas corresponden a las cinco primeras siembras, y explican por qué hay diferencias estadísticamente significativas entre el control y los tratamientos en las cuatro primeras siembras, y por qué estas diferencias ya no aparecen en la quinta siembra y a partir de ésta.

El esquema utilizado consta de distintas imágenes: la primera imagen empezando por la izquierda en la que aparecen diez semillas de *Lolium perenne*, representa el momento de siembra; las siguientes cuatro imágenes representan el sustrato arenoso en el que todavía no se ve que haya emergido nada, aunque posiblemente en las dos últimas las plántulas hayan germinado aunque no emergido; por último, las dos siguientes representan las plántulas ya emergidas. DAT hace referencia a los días antes del tratamiento, DT al día del tratamiento, y DDT son los días después del tratamiento.

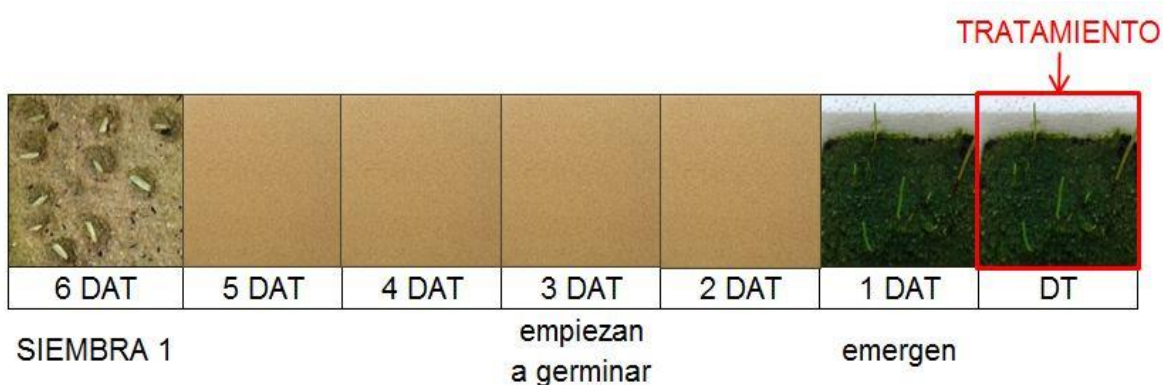


Figura 13: Esquema de la siembra 1.

En la figura 13 se representa el curso que ha seguido la siembra 1. Se sembró y tardó 5 días en emerger, estimándose que el día 3 después de la siembra ya empezaron a germinar. La aplicación con herbicida se hizo seis días después de la

siembra, cuando las primeras plántulas emergidas ya llevaban más de un día sobre la superficie, lo que explica que las plántulas tratadas hayan sido las más afectadas.



Figura 14: Esquema de la siembra 2.

Las semillas de la siembra 2 (Figura 14) debieron germinar 3 días después de la siembra y cinco días después de la siembra empezaban a emerger. Este mismo día, cuando ya se habían visto las primeras plántulas por encima del sustrato, se aplicó el herbicida glifosato, razón por la cual 23 días después de la siembra, el peso de las plántulas tratadas (tanto con la dosis baja como con la dosis alta) es menor que el peso de las plántulas no tratadas, pues el herbicida había provocado la muerte de las primeras.

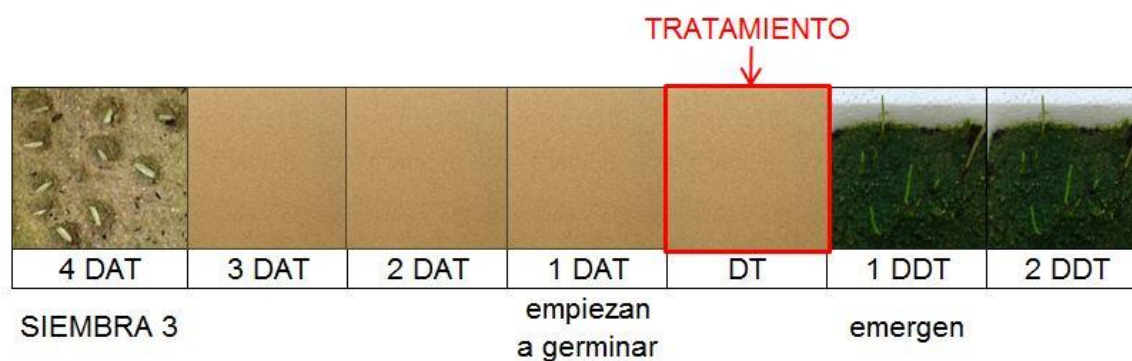


Figura 15: Esquema de la siembra 3.

Las semillas de la siembra 3 (Figura 15) siguieron el mismo curso que las dos siembras anteriores, por ello el día que se hizo el tratamiento algunas semillas ya habían germinado, pero no había emergido todavía ninguna. El hecho de que existan diferencias estadísticamente significativas entre plántulas control y plántulas tratadas, se explica porque, a pesar de que aún no se veían las plántulas emergidas el día del tratamiento, éstas ya habían germinado y el herbicida glifosato entró en contacto con

ellas en el espacio poroso del suelo provocando el mismo efecto que en las dos siembras anteriores que sí que habían emergido.



Figura 16: Esquema de la siembra 4.

La siembra cuatro (Figura 16), al igual que todas las anteriores, empieza a germinar tres días después de la siembra y comienza a emerger al quinto día después de la siembra. En este caso, la aplicación del herbicida coincide con el tercer día después de la siembra, es decir, cuando las primeras semillas empiezan a germinar. Lo que ocurre es que, al igual que en la siembra 3, el herbicida glifosato entra en contacto con las plántulas que ya han germinado y provoca su muerte, explicándose la diferencia estadísticamente significativa que existe entre el peso de las plántulas control y el de las tratadas.



Figura 17: Esquema de la siembra 5.

Por último, en la siembra 5 (Figura 17), que sigue el mismo curso que las anteriores, el tratamiento coincide con el segundo día después de la siembra, cuando las semillas aún no han empezado a germinar (en el primer experimento). El herbicida

glifosato entró en contacto con las semillas pero al no haber germinado, no les afectó. Lo mismo ocurre con las siguientes cuatro siembras, en las que el tratamiento se hizo antes de que germinaran e incluso, en el caso de las siembras 8 y 9, se hizo antes de la siembra. A partir de la siembra 5 (incluida), no hay diferencias estadísticamente significativas en cuanto al peso seco de las plántulas.

En el segundo experimento (Figura 10) se ve en la quinta siembra (gráfica E) una diferencia estadísticamente significativa entre los pesos del control y la dosis baja, con los pesos de la dosis alta. Esto puede deberse a que en el segundo experimento las condiciones hayan acelerado o favorecido la germinación y que de la quinta siembra ya hubieran germinado algunas semillas en el momento del tratamiento.

Como conclusión a este apartado, se puede afirmar que aplicando el herbicida glifosato (ya sea a dosis altas o bajas) tres o más días después de la siembra de *Lolium perenne*, éste entrará en contacto con las plántulas (que pueden estar emergidas o simplemente germinadas) y provocará su muerte. Aplicando antes de la siembra e incluso hasta dos días después de sembrar, el herbicida glifosato no tendrá ningún efecto sobre el peso de las plántulas de *Lolium perenne*, es decir, que no provocará su muerte.

5. CONCLUSIONES

Se comprueba que el herbicida glifosato no afecta a la viabilidad de la siembra de *Lolium perenne* si se aplica antes de la siembra e incluso si se aplica el mismo día o hasta dos días después de la siembra. En cambio, se desaconseja aplicarlo a los tres días después de la siembra aunque el césped no haya emergido.

Se ha podido comprobar también, que el efecto del glifosato a dosis bajas durante este estrecho período entre germinación y emergencia no es letal, sino que regula el crecimiento, ralentizando la emergencia, pero la planta está sana. En cambio, a dosis altas aplicado en el mismo momento sí que es letal.

Hay que indicar que estas conclusiones no son extrapolables a todas las especies cespitosas, pues cada una tiene una velocidad de germinación, de emergencia y un vigor diferentes, pues también se demuestra en este trabajo que si bien los efectos del glifosato en cuanto a emergencia de plántulas son tenues, en cuanto a peso seco son más claros.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINSON, D. AND GROSSBARD, E. (1985). *The Herbicide Glyphosate*. Butterworths. 490 pp.
- BEARD, J.B. (2002) *Turfgrass managemet for golf courses*. Second edition. John Wiley & Sons, INC. 793 pp.
- CAMPBELL, M.H. 1974. Effects of glyphosate on the germination and establishment of surface-sown pasture species. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 14:557-560.
- CÉSPED. LA INFORMACIÓN DEL CÉSPED. Visto el 20 de enero de 2016.
<http://www.cesped.es/variedades-de-cesped-tipos-de-semilla/#clasificaciones>
- CHRISTIANS, N.; MC CARTY, L. B. AND TURGEON, A.J. (2009). *Weed control in turf and ornamentals*. Ed. PEARSON. 300 pp.
- CIRERA, J. (2010). *El césped y su cultivo*. Ed. Semillas Fitó S.A.U. 205 pp.
- GARCÍA TORRES, L. Y FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. (1991). *Fundamentos sobre Malas Hierbas y Herbicidas*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 348 pp.
- HESSAYON, D.G. (2001). *Césped. Manual de cultivo y conservación*. Barcelona: Leopold Blume. 128 pp.
- KARCHER D.; SUMMERFORD J.; RICHARDSON M.; BOYD J. AND PATTON A. Managing Festuca pratensis and tetraploid Lolium perenne as an overseeded turf on athletic fields. (2008) *1st European Turfgrass Society Conference*. 103-104.
- MCCULLOUGH, P.E. AND W. NUTT. 2010. Bermudagrass reseeding Intervals for Rimsulfuron, Simazine and Sulfosulfuron. *HortScience*. 45:693-695.
- MCCULLOUGH, P.E. AND D. GÓMEZ DE BARREDA. 2012. Cool-Season Turfgrass reseeding Intervals for Methiozolin. *Weed Technology* 26: 789-792.
- MONJE JIMÉNEZ, R.J. (2002). *Mantenimiento de campos de golf*. Ed. Mundi-Prensa, D.L., Sevilla. 264 pp.
- NATIONAL TURFGRASS EVALUATION PROGRAM. Visto el 4 de febrero de 2016.
http://www.ntep.org/data/pr04/pr04_10-11f/pr04_10-11f.pdf

- SEGURA, J.; S.W. BINGHAM AND C.L. FOY. 1978. Phytotoxicity of Glyphosate to Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) and Red Clover (*Trifolium pratense*). *Weed Science*. 26: 32-36.
- SPRANKLE P.; W.F. MEGGIT AND D. PENNER. 1975. Rapid Inactivation of Glyphosate in the soil. *Weed Science*. 23: 224-228.
- TURGEON, A.J. (2005) *Turfgrass Management*. Seventh edition. Ed. PEARSON. 415 pp.
- WELTY, L.E.; R.L. ANDERSON; R.H. DELANEY AND P.F. HENSLEIGH. 1981. Glyphosate Timing Effects on Establishment of Sod- Seeded Legumes and Grasses. *Agronomy Journal*. 73: 813-817.
- WORKMAN, J.B.; P.E. MCCULLOUGH AND F.C. WALTZ. 2012. Perennial Ryegrass and Tall fescue reseeding Intervals after aminocyclopyrachlor Application. *HorScience* 47:798-800.