



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

Universidad de Sevilla

Estudio agronómico  
del control químico en post-emergencia  
de las malas hierbas Centaurea y Phalaris  
en el cultivo del trigo  
en la provincia de Sevilla.

---

**Grado en Ingeniería Agrícola**  
**Trabajo fin de grado**

**Autor:** Juan Antonio García Domínguez.

Firma:

**Tutor:** José María Urbano Fuentes-Guerra.

Firma:

Sevilla, 5 de Septiembre de 2017



# Agradecimientos

Quiero agradecer la ayuda recibida para la realización del trabajo fin de grado a mi tutor D. José María Urbano Fuentes-Guerra, por su predisposición a la hora de plantearle este proyecto y la ayuda recibida.

A mi maestro Paco, por ver todo lo bueno que hay en mí.

A mis hermanos, por el apoyo recibido.

A mi madre, que me ha soportado en los días malos.

A mi padre, por enseñarme.



# Índice

---

0.- Resumen.....	9
1.- Introducción .....	12
1.- Phalaris spp como mala hierba del trigo .....	13
1.1.1.- Importancia de Phalaris spp como arvense del trigo .....	13
1.1.2.- Descripción de las especies arvenses del género Phalaris. ....	15
1.1.3.- Dificultad de control de Phalaris spp en el trigo.....	18
1.2 Centaurea spp como mala hierba del trigo .....	20
1.2.1 Importancia de Centaurea como arvense del trigo .....	20
1.2.2.- Descripción de las especies arvenses del género Centaurea. ....	21
1.2.3.- Dificultad de control de Centaurea spp en el trigo. ....	24
2.- Objetivos .....	28
3.- Materiales y métodos.....	32
3.1.- Diseño experimental.....	32
3.2.- Tratamientos herbicidas .....	36
3.3.- Toma de datos .....	39
3.4.- Análisis estadísticos. ....	43
4.- Resultados y discusión .....	46
4.1.- Evolución de las emergencias de las malas hierbas respecto del cultivo.....	46
4.2.- Evolución del desarrollo fenológico .....	50
4.3.- Estimación del impacto en el rendimiento del cultivo .....	55
4.4.- Estudio de la eficacia de los tratamientos .....	60
4.5.- Estudio de la rentabilidad económica.....	65
4.6.- Influencia de factores no considerados anteriormente .....	68
5.- Conclusiones.....	72
6.- Bibliografía.....	76
7.- Anexos.....	82
7.1. Script de Gráficos en RStudio.....	82



## 0.-RESUMEN



## 0.- Resumen

El trigo es uno de los principales cultivos a nivel mundial, tanto por su importancia para la alimentación humana, como por el número de hectáreas cultivadas. Al mismo tiempo es uno de los cultivos en los que se ha realizado mayor investigación en control químico a base de herbicidas, fundamentalmente por empresas de fitosanitarios. El resultado es que el agricultor dispone en la actualidad de herbicidas muy eficaces para el control de un amplio abanico de malas hierbas. Paradójicamente después de más de medio siglo de control químico eficaz los problemas de malas hierbas no han desaparecido, sino que en muchos casos han aumentado. En el caso del trigo, las malas hierbas más preocupantes en Andalucía son probablemente las pertenecientes a los géneros *Phalaris* y *Centaurea*. En el caso de *Phalaris* hay cierta información disponible sobre emergencias, eficacias y competencia, mientras que en el caso de *Centaurea* la información es mucho menor debido a que es una mala hierba de reciente aparición. Ambas malas hierbas presentan dificultades de control, *Phalaris* probablemente debido a que es una mala hierba gramínea y por lo tanto muy parecida al cultivo, y *Centaurea* porque es tolerante a la mayoría de los métodos de control químico disponibles. En todo caso el agricultor y el técnico interesado no disponen de información suficiente sobre el riesgo de competencia causado por estas malas hierbas ni sobre la mejor forma de manejar el problema.

El objetivo de este trabajo es: a) conocer la competencia causada por infestaciones de *Phalaris* o *Centaurea* en condiciones de campo en la campiña sevillana; b) conocer la eficacia de las medidas de control empleadas por el agricultor; c) conocer la rentabilidad económica y agronómica de las mencionadas medidas.

Para ello se ha realizado un experimento en 21 fincas de los términos municipales de Fuentes de Andalucía, La Campana, Écija y Marchena, pudiendo considerarse representativas de la campiña sevillana. En cada finca se han elegido 5 puntos al azar y en cada punto se ha establecido una parcela Split-plot de modo que previo al tratamiento se cubría la mitad de la parcela para evitar la aplicación del herbicida, lo cual permitía comparar la parcela tratada con la no tratada. Desde el momento del tratamiento se han realizado visitas semanales para la toma de datos de densidad y cobertura de las malas hierbas. A las 5 semanas se consideró que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y se tomaron datos de biomasa.

Los resultados obtenidos han permitido concluir que: 1) En la mayoría de las fincas estudiadas (16 de 21) las malas hierbas no eran un problema importante para el cultivo. Solo se han encontrado infestaciones importantes de *Phalaris* en 4 fincas y de *Centaurea* en 1. 2) Los resultados de biomasa indican que solo hubo competencia significativa entre las malas hierbas y el cultivo en 1 de 21 fincas, por lo que no es esperable que el tratamiento herbicida se rentabilice en 20 de las 21 fincas, al menos a corto plazo. 3) Todos los tratamientos herbicidas empleados han demostrado ser eficaces y selectivos. Los valores de densidad y cobertura de malas hierbas en las parcelas tratadas, cayeron drásticamente después de los tratamientos. 4) Aunque los tratamientos fueron muy eficaces, en ningún caso se llegó a erradicar completamente la mala hierba. Es decir en todas las parcelas

había plantas que sobrevivían al tratamiento, probablemente por su emergencia escalonada. 5) No se deben extraer deducciones precipitadas a partir de estos resultados en el sentido de que puede que haya influido el año u otros factores adicionales que no se han tenido en cuenta. En todo caso sí deben de servir para reflexionar sobre la conveniencia de un correcto asesoramiento técnico independiente sobre el manejo de los problemas de malas hierbas.

# 1.- INTRODUCCIÓN

## 1.- Introducción

“**Mala hierba nunca muere**” es un refrán que sigue estando de actualidad. Después de más de medio siglo de aplicación masiva de herbicidas con resultados espectaculares de eficacia, los problemas de malas hierbas en los cultivos siguen estando en primera línea de batalla.

El **cultivo del trigo** probablemente por su importancia a nivel de hectáreas, producción y uso es uno de los cultivos en los que el sector fitosanitario ha desarrollado un **mayor número** de materias activas **herbicidas**. Los resultados de eficacia son elevados y es práctica habitual, al menos en la zona de la campiña de Sevilla incluir los tratamientos herbicidas como una práctica rutinaria más del cultivo.

Sin embargo los problemas no han desaparecido. Estudios realizados recientemente indican que **Phalaris y Centaurea** están entre las **principales malas hierbas preocupantes** en el cultivo del trigo (Ortiz *et al.*, 2015) y del girasol (Rosa and Urbano, 2015).

Con frecuencia en los estudios realizados con malas hierbas se emplean los códigos de la European Plant Protection Organization (EPPO) que son códigos de 5 dígitos de los cuales los tres primeros hacen referencia al género y los dos últimos a la especie (*European Plant Protection Organization*, 2017).

## 1.- Phalaris spp como mala hierba del trigo

### 1.1.1.- Importancia de Phalaris spp como arvense del trigo

El género **Phalaris** tiene 6 especies descritas en España (Valdes, Talavera and Fernández-Galiano, 2017), de las cuales hay **tres especies** que son **malas hierbas** a nivel nacional (Carretero, 2004): *P. brachystachys*, *P. minor* y *P. paradoxa*.

Phalaris está considerada como una **mala hierba particularmente problemática en los cereales de invierno** en Andalucía y, aunque en menor medida, también es mala hierba preocupante en girasol (Ortiz *et al.*, 2015).

Phalaris, es una mala hierba anual, considerada arvense, **en los países del Mediterráneo** (Catizone and Viggiani, 1980; Damanakis, 1983), **India** (Bir and Shidu, 1979), **California y Arizona** (Bell, 1992).

Estudios previos han indicado que la **competencia** entre **Phalaris** y los cereales de invierno dependen de varios factores: la densidad de las malas hierbas, la emergencia de las mismas, de la forma de eliminación de la mala hierba, las especies cultivadas, la densidad del cultivo y el cultivar como los factores ambientales (Catherine, Afentouli and Eleftherohorinos, 1996).

Los mayores problemas de Phalaris en España, se encuentran en Andalucía en los secanos fértiles cultivados con la rotación trigo-girasol. Es probable que el **control químico rutinario** generalmente a base de herbicidas baratos haya **contribuido a la expansión de esta mala hierba** porque escapa a los controles anti dicotiledóneos y por su dificultad de identificación precoz en el cultivo del trigo.

Por ello cada vez tiene más interés un **cambio en el enfoque de los problemas de malas hierbas** por parte del agricultor. Lo que implica el empleo de métodos de control químicos y no químicos más caros y más difíciles de aplicar que los habitualmente empleados. Para ello es importante mejorar el conocimiento de la competencia causada por la mala hierba en esta zona así como los puntos vulnerables de la mala hierba y la eficacia de los métodos de control.

A pesar de esta nueva necesidad la realidad es que al menos en Phalaris no hay mucha información disponible para el agricultor. Merece la pena destacar que en la página web de la **Consejería de Agricultura** de la Junta de Andalucía describe Phalaris como especie problemática de mala hierba en el cultivo del trigo duro y como **propuesta de manejo** se incluye **solamente una relación de herbicidas** autorizados (CAPYMA, 2013).

El origen de la infestación de Phalaris puede ser por semillas producidas por la infestación de la propia finca o por entrada desde el exterior. Este último caso únicamente tiene sentido si el agricultor utiliza semilla no certificada y además no tiene la precaución de limpiarla (Domínguez-Borrero *et al.*, 2015),

mientras que el primer caso es el más frecuente, es decir, las infestaciones de *Phalaris* proceden de la semilla producida el año anterior cuando el terreno estaba probablemente cultivado con girasol.

En un estudio realizado en la finca Tomejil (Castañeda *et al.*, 2005), ubicada en la vega de Carmona, se concluye que **es difícil evitar la lluvia de semillas**, ya que incluso en tratamientos que fueron totalmente eficaces se detectó producción de semilla de alpiste y se justificó por la emergencia escalonada de esta mala hierba.

En un experimento realizado durante los años 2005-2007 en Sevilla (Mancebo *et al.*, 2007) estudiando la emergencia de malas hierbas gramíneas del trigo se concluye que la **semilla de *Phalaris* presenta poca latencia** en nuestras condiciones, ya que la mayor parte de la semilla germina en el primer año de su caída al suelo.

Es decir, que un técnico o un agricultor que esté interesado en manejar de forma racional esta mala hierba, se enfrenta al **problema** de la **carencia de información publicada** que aporte datos locales sobre el impacto que tiene en el rendimiento del cultivo la competencia causada y sobre la conveniencia de aplicar medidas de control químicas y no químicas.

### 1.1.2.- Descripción de las especies arvenses del género Phalaris.

**No es fácil reconocer** en campo las infestaciones causadas por **Phalaris**, porque generalmente se producen **en cultivo de trigo**, el cual es otra gramínea.

Es fácil **confundir Phalaris** con otras gramíneas como **Lolium o Avena**. Para poder distinguirlas en campo en los momentos iniciales se puede separar **Avena** por su gran vigor inicial (Figura 1.1.2.2.) debido al tamaño de su semilla. De hecho es práctica habitual tirar de la plántula con precaución para conseguir observar la cariósida típica.

Para diferenciar **Phalaris** es frecuente observar las tonalidades rojizas en los meristemos apicales y a la lígula que es de gran tamaño lo cual la diferencia de **Lolium** que se caracteriza por presentar aurículas (visibles a partir de la tercera hoja) y una lígula muy pequeña.

Figura 1.1.2.1.- Detalle de aurícula de Lolium (MalezappUS, 2016).



Figura 1.1.2.2.- Detalle vigor de Phalaris (izquierda) y Avena (derecha) (MalezappUS, 2016).



Entre las **especies de Phalaris**, se encuentran 3 que son problemáticas en el cultivo del trigo: *Phalaris brachystachys*, *Phalaris minor* y *Phalaris paradoxa*.

Figura 1.1.2.3.- Características de las distintas especies de Phalaris (*MalezappUS*, 2016; *Herbario de la Universidad Pública de Navarra*, 2017).

	P. brachystachys	P. minor	P. paradoxa
<b>C. EPPO</b>	PHABR	PHAMI	PHAPA
<b>Familia</b>	Gramineae.	Gramineae.	Gramineae.
<b>Caraterísticas</b>	Semilla (cariópside) ovoidea 3,5mm x 1,5 m. Plántula sin pelos, sin brillo, aparentemente poco vigor inicial.	Semilla (cariópside) ovoidea 2,3-2,8 mm x 1,2-1,4mm. Meristemos apicales con abundante pigmentación antociánica (más que las demas especies de Phalaris).	Semilla (cariópside) ovoide, 3 mm x 1,2 mm. Cariópside se dispersa dentro de la espiguilla. Plántula sin pelos, sin brillo, aparentemente con poco vigor inicial.
<b>Otras particularidades</b>	Lígula membranacea dentada de forma muy irregular y de gran tamaño. Presenta pseudoaurículas.	Lígula larga (5-10 mm) membranacea dentada de forma regular. Presenta pseudoaurículas.	Lígula membranacea y dentada de forma irregular. Con frecuencia la espiga madura en el zurrón. Se distingue de otras especies del género por presentar la base de la panícula tapada por la vaina ensanchada de la hoja superior
<b>Inflorescencia</b>	En panícula densa, especificome, ovada, de longitud igual o inferior al doble de la anchura.	En panícula densa, especificome, ovoide o subcilíndrica.	En panícula densa, especificome, engrosada en el ápice.

Figura 1.1.2.4.- Detalle de semilla de *Phalaris brachystachys* (izquierda) *Phalaris minor* (derecha) y *Phalaris paradoxa* (abajo) (MalezappUS, 2016).

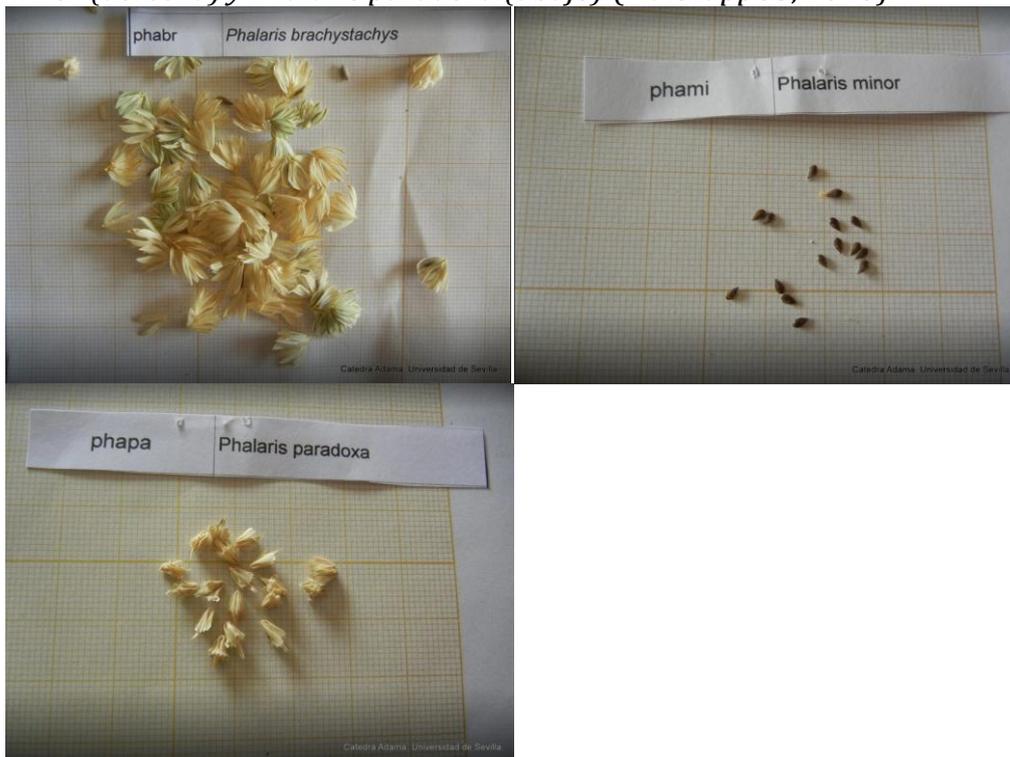


Figura 1.1.2.7.- Detalle de inflorescencia de *Phalaris minor* (izquierda), *Phalaris paradoxa* (derecha) y *Phalaris brachystachys* (abajo) (MalezappUS, 2016).



### 1.1.3.- Dificultad de control de *Phalaris spp* en el trigo

Como ya se ha comentado el **control** de las malas hierbas **dicotiledóneas en el cultivo del trigo** es relativamente **fácil** para el agricultor.

Sin embargo el relativo éxito del **control de dicotiledóneas** en el cultivo de los cereales de invierno **no ha resuelto el problema de las malas hierbas** sino que estas dicotiledóneas **han sido sustituidas** en muchas ocasiones **por gramíneas** del mismo ciclo que el trigo (Gonzalez-Barragán, Sombrero and Benito, 2006).

La **dificultad de control** de *Phalaris* en el cultivo del trigo es debido a la **proximidad botánica y fisiológica** de ambas especies lo cual limita la eficacia y la selectividad de las materias activas herbicidas (Pérez-García, 2006).

El problema está cuando la densidad de *Phalaris* es muy elevada, ya que causa una **gran competencia al cultivo, llegando incluso a reducir el rendimiento en un 95 %** (Chhokar *et al.*, 2006).

Los **herbicidas habituales no controlan estas especies gramíneas** y obligan al agricultor a utilizar otras sustancias activas que suelen ser más caras y más difíciles de aplicar.

Los **precios** de los tratamientos **herbicidas** aplicados en este trabajo están desglosados en el **capítulo 3.2** y sirven para comprobar que el coste de los tratamientos **anti gramíneos** es considerablemente **superior a** los tratamientos **anti dicotiledóneas**, a lo cual hay que añadir que es muy frecuente que estos tratamientos anti gramíneos sean adicionales y no sustitutivos de los tratamientos anti dicotiledóneas.

En definitiva el **control químico** de *Phalaris* es más **complicado** que a otras malas hierbas porque existen **pocas sustancias activas** disponibles y porque el **riesgo de de fitotoxicidad** en el cultivo es mayor.

Sin embargo esta dificultad puede tener también su **aspecto positivo** es decir que puede ayudar a **sensibilizar al agricultor** para que entre **otros métodos de control** de malas hierbas distinto de los convencionales.

Por ejemplo un **adecuado conocimiento de la emergencia de la mala hierba** puede ayudar a aplicar método de control en los momentos más vulnerables. Otro ejemplo de métodos alternativos puede ser poner en valor el efecto que la **rotación de cultivos** tiene sobre la población de Phalaris (Zambrano-Navea, Bastida and Gonzalez-Andujar, 2012) y en este sentido un **adecuado conocimiento de la latencia de la semilla** puede servir para utilizar de forma eficiente la rotación. En el caso concreto de Andalucía dónde es frecuente la **rotación del trigo con el girasol** puede ser muy interesante el **control de las infestaciones** de Phalaris en cultivo del girasol por su capacidad para **reducir la densidad de la mala hierba en la hoja siguiente de trigo**.

## 1.2 *Centaurea* spp como mala hierba del trigo

### 1.2.1 Importancia de *Centaurea* como arvense del trigo

El género ***Centaurea*** tiene **45 especies presentes en España** (Valdes, Talavera and Fernández-Galiano, 2017), de las cuales solo **dos** son un **problema en el cultivo del trigo** a nivel nacional, *Centaurea diluta* y *Centaurea melitensis* (MalezappUS, 2016).

***Centaurea*** es una de las **malas hierbas** entre las cuales **más crece la preocupación** por su presencia **en cultivos extensivos de secano** como trigo y girasol (Ortiz *et al.*, 2015).

El género ***Centaurea*** es una especie iberoafricana, la cual **hasta la década de los 80 era desconocida en Andalucía como mala hierba**, que se nombra por primera vez en Doñana (Castroviejo, Valdés-Bermejo and Costa, 1980) y **cuando empezaron a encontrarse como arvenses en trigo y girasol** (Pujadas-Salvá and Hernández-Bermejo, 1986). En 1996 se encontró en el término de Córdoba, infestando gravemente guisantes, trigo, remolacha y barbechos (Saavedra, 1997).

Se trata de una especie ligada a terrenos calcáreos, especialmente en las zonas de suelos fértiles y profundos. Actualmente buena parte de las localizaciones que se encuentran en la Península Ibérica **se concentran en las zonas de campiña, en áreas de cultivos anuales**, concentrándose las poblaciones en zonas de linderos y en los márgenes de vías (Vázquez and Guerra, 2008).

Esta situación **facilita la dispersión de la especie al mezclarse las semillas con el grano** en algunos cereales y leguminosas cultivadas, y que para algunos autores (Carretero, 1986), explicaría la irregular distribución de la especie, especialmente por el norte de la península (Vázquez and Guerra, 2008).

En nuestra zona, en la cual es tradicional la rotación trigo girasol, **puede llegar a ser un problema muy importante**, puesto que esta arvense, como se ha comentado anteriormente, dispersa su semilla con facilidad.

Mientras se tenga **el cultivo de trigo**, se puede intentar hacerle frente y se puede **mantener controlada mediante control químico** con una buena eficacia (Alcantara *et al.*, 2016), pero durante el ciclo de **cultivo del girasol**, la presencia de *Centaurea diluta*, **supone un gran problema**, puesto que no se puede realizar control químico, al ser una dicotiledónea de la misma familia botánica, por lo que el **manejo es únicamente mecánico**.

Actualmente es difícil encontrar información sobre esta especie, ya que es una especie relativamente nueva, y que normalmente, **con laboreo se mantiene controlada**, al ser una asterácea aerotransportada, pero proliferan muy rápidamente en linderos, y en parcelas donde se lleven a cabo técnicas de no laboreo (Saavedra, 1997).

**Existen muy pocos estudios sobre esta arvense** en cereal de invierno, y métodos eficaces para su control.

### 1.2.2.- Descripción de las especies arvenses del género *Centaurea*.

La **identificación** de las malas hierbas del género *Centaurea* en el cultivo del trigo es aparentemente **más fácil que** la identificación de **gramíneas** en este cultivo.

Y de hecho esto es así si se limita solamente a la especie *Centaurea diluta*, porque si se tienen en cuenta todas las especies del género *Centaurea*, la identificación en plántula se puede complicar sin límites.

La plántula de *Centaurea diluta* tiene porte en roseta hojas alternas y en los primeros estadios solamente **se podrían confundir con *Scolymus maculatus*** por las manchas en los cotiledones. Pero la **diferenciación** entre ambas malas hierbas es relativamente **fácil** en el momento que aparecen **las primeras hojas** verdaderas porque en *Scolymus* las hojas tienen dientes espinosos que pinchan cuando en *Centaurea* no tienen dientes.

Figura 1.2.2.1- Imagen de *Centaurea diluta* (izquierda) y *Scolymus malacatus* (derecha) en estado de plántula + 1º hoja (*MalezappUS*, 2016).



En estado más avanzados es decir en roseta ya desarrollada es fácil confundir las plantas de *Centaurea* con otras malas hierbas del trigo particularmente crucíferas cómo son *Raphanus*, *Diplotaxis*, *Sinapis* etcétera.

Para diferenciarlas en roseta hay que distinguirlas de la siguiente forma:

Figura 1.2.2.2.- Tabla diferenciación de especies (MalezappUS, 2016).

	<i>Centaurea diluta</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>	<i>Sinapis arvensis</i>	<i>Diplotaxis virgata</i>
<b>C. EPPO</b>	CENDL	RAPRA	SINAR	DIPVG
<b>Plántula</b>	Roseta pubescente	Roseta pubescente rugosa al tacto	Roseta	Roseta pubescente
<b>Hojas</b>	Alternas, pubescentes, primeras hojas enteras lanceoladas, el resto pinnatipartidas con un gran lóbulo terminal	Alternas, pecioladas	Alternas, pubescentes, pinnatisectas	Alternas, oblongas, sinuadas las primeras y pinnatífidas a pinnatipartidas las siguientes

Figura 1.2.2.3.- Imagen de *Centaurea diluta* (superior izquierda), *Raphanus raphanistrum* (superior derecha), *Sinapis arvensis* (inferior izquierda) y *Diplotaxis virgata* (inferior derecha) en estado de roseta (MalezappUS, 2016).



(MalezappUS, 2016)



Centaurea tiene **dos especies problemáticas** en el cultivo de trigo, *Centaurea diluta* y *Centaurea melitensis*. La única forma de diferenciarlas es en floración, ya que *Centaurea diluta* tiene la flor rosada-morada, y *Centaurea melitensis* tiene la flor amarilla.

Figura 1.2.2.4.- Imagen de flor de *Centaurea diluta* (MalezappUS, 2016) y *Centaurea melitensis* (HYPPA, 2001)



### 1.2.3.- Dificultad de control de *Centaurea* spp en el trigo.

***Centaurea diluta* tiene una emergencia temprana que** coincide con la emergencia del cultivo del trigo, aunque también se dan algunas emergencias a lo largo del año, escalonando la emergencia de la planta, que junto con su rápido crecimiento, hacen que el **control** con herbicidas **en post-emergencia** sea **muy dificultoso**.

**Cuando la planta está en roseta su aspecto es similar al de muchos jaramagos** (p.e. los de los géneros *Sinapis* o *Rapistrum*) por lo que pasa bastante desapercibida. Parte de la dificultad para controlarla se debe a que los agricultores no se percatan de que es una especie problemática ya que los jaramagos se eliminan con relativa facilidad (Alcantara *et al.*, 2016).

Estudios recientes realizados por la Junta de Andalucía demuestran que aún **existen sustancias activas** que pueden ser utilizadas en el cultivo del **trigo con cierta eficacia** frente a *Centaurea diluta* (Alcantara *et al.*, 2016). Sin embargo el tratamiento de esta especie requiere un enfoque particular particularmente teniendo en cuenta que **las sulfonilureas no suelen ser eficaces**. Adicionalmente se cita en el mismo trabajo la **gran complejidad** que supone el **control de *Centaurea*** en el cultivo del **girasol** dado que ambas son asteráceas y no existe control químico selectivo y eficaz para resolver este problema.

Por lo tanto se da la paradoja de qué las **dos malas hierbas** incluidas en este trabajo presentan **comportamientos muy diferentes** en la **rotación trigo girasol**. Por un lado el **alpiste no suele causar grandes problemas** en el cultivo del **girasol** pero su **control** puede ser interesante porque **evita la lluvia de semillas** que causan la **infestación en la hoja de trigo**. Por otro lado la ***Centaurea*** es un problema **preocupante** por su capacidad de **competir con el cultivo del trigo** pero **sobre todo** por su capacidad competir con el **cultivo de girasol** y el **control en el cultivo del trigo puede ayudar a reducir la competencia en el cultivo de girasol**.

Es decir que puede ser que merezca la pena **controlar alpiste en girasol** aunque no se trate de un problema para el cultivo y del mismo modo puede que merezca la pena **controlar centaurea en el trigo** aunque **no fuese un problema** en el cultivo del trigo la infestación concreta.



## 2.- OBJETIVOS



## 2.- Objetivos

Los objetivos que persigue este estudio son los siguientes:

- a) Conocer el impacto en el rendimiento debido a la competencia causada por las infestaciones de malas hierbas del género *Phalaris* en el cultivo del trigo.
- b) Conocer el impacto en el rendimiento debido a la competencia causada por las infestaciones de malas hierbas de la especie *Centaurea diluta* en el cultivo del trigo.
- c) Conseguir información sobre la rentabilidad económica y agronómica de los métodos de control químico que se emplean actualmente en aplicaciones realizadas en postemergencia.



## 3.- MATERIAL Y MÉTODOS

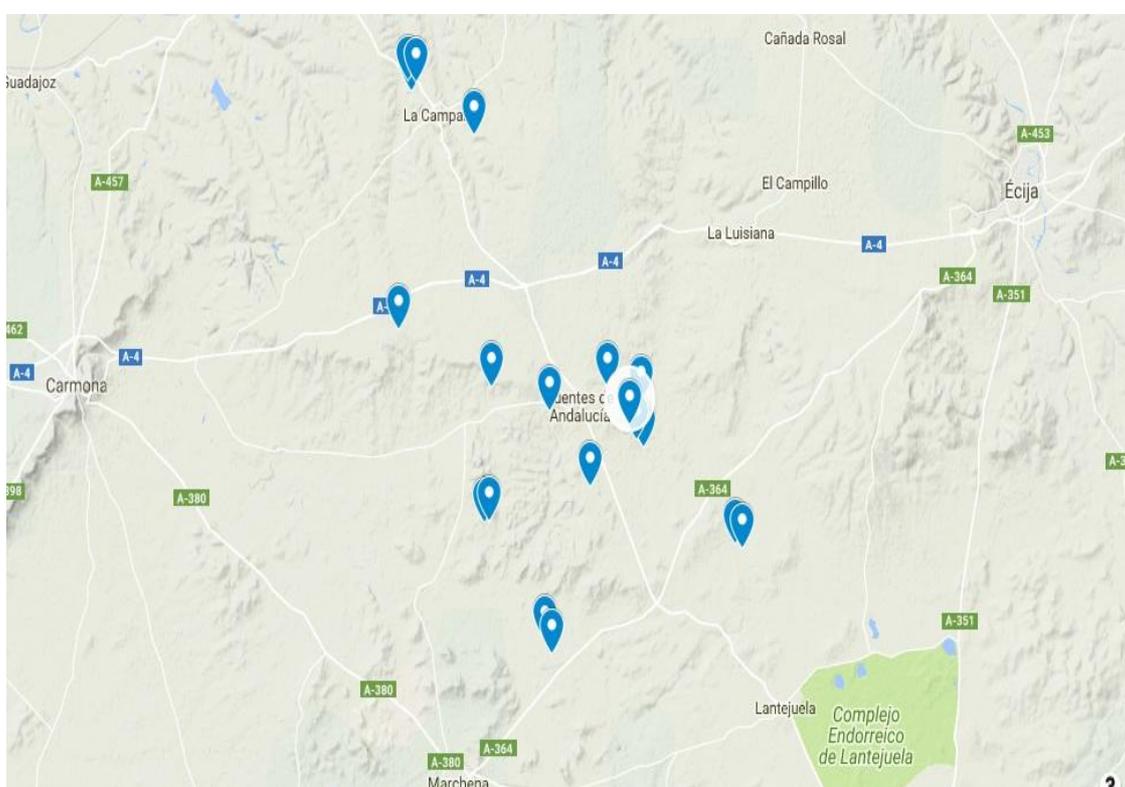


### 3.- Materiales y métodos

#### 3.1.- Diseño experimental

Para la realización de este Trabajo Fin de Grado se han elegido 21 parcelas agrícolas, de la Términos Municipales de Fuentes de Andalucía, Marchena, Écija y La Campana, todos ellos de la provincia de Sevilla y pueden considerarse representativos de los cultivos herbáceos de secano, en los que habitualmente se siembra la rotación trigo – girasol – leguminosa.

Figura 3.1.1.- Localización de las parcelas. Fuente: Google Maps.



Por lo tanto, todo el trabajo experimental ha sido realizado en condiciones de campo, en fincas representativas, sembradas de trigo y seleccionadas por el nivel de infestación de *Phalaris* y/o *Centaurea* de campañas anteriores.

En la Figura 3.1.2. se incluyen las **referencias catastrales** de cada finca. Las parcelas objeto de estudio estaban cultivadas con trigo harinero de dos **cultivares**: Arthur Nick, e Hybiza. Las parcelas sembradas con la variedad Arthur Nick, fueron sembradas a razón de 230 kg semilla/ha, mientras que en las parcelas sembradas con la variedad Hybiza, al tratarse de una variedad de trigo híbrido, la **dosis de siembra** empleada fue inferior, concretamente de 80 kg semilla/ha.

Las fincas con códigos nº 6, 17, 18, 19 y 20 fueron seleccionadas por el **historial previo de infestaciones** de *Phalaris*, mientras que las fincas 1 y 8 fueron seleccionadas por el historial previo de *Centaurea*. En el resto de las parcelas no había información de infestación previa de especial relevancia, por ello en la Figura 3.1.2. se ha puesto como motivo simplemente el cultivo.

Figura 3.1.2.- Referencias catastrales y datos de siembra de las finas incluidas en el estudio.

Código	Referencia <sup>(a)</sup>	Cultivar	Fecha de Siembra	Motivo <sup>(b)</sup>
1	41_42_18_2_1	Artur Nick	17/11/16	CENDL
2	41_22_27_41_1	Artur Nick	13/12/16	T
3	41_22_2_8_1	Artur Nick	11/12/16	T
4	41_22_2_4_1	Artur Nick	12/12/16	T
5	41_22_2_10_1	Artur Nick	12/12/16	T
6	41_42_41_58_1	Artur Nick	18/11/16	PHASS
7	41_42_13_35_1	Artur Nick	18/11/16	T
8	41_42_11_142_1	Hybiza	19/11/16	CENDL
9	41_42_11_91_1	Hybiza	19/11/16	T
10	41_42_11_69_1	Hybiza	19/11/16	T
11	41_24_103_99_1	Artur Nick	18/11/16	T
12	41_42_15_289_1	Artur Nick	18/11/16	T
13	41_42_11_112_1	Hybiza	19/11/16	T
14	41_42_11_253_1	Hybiza	19/11/16	T
15	41_42_12_17_1	Hybiza	19/11/16	T
16	41_42_36_51_1	Hybiza	19/11/16	T
17	41_39_45_1_1	Artur Nick	3/12/16	PHASS
18	41_39_46_65_1	Artur Nick	3/12/16	PHASS
19	41_60_63_9_1	Artur Nick	18/11/16	PHASS
20	41_60_63_12_1	Artur Nick	18/11/16	PHASS
21	41_42_21_1_13	Artur Nick	15/11/16	T

(a) Referencias catastrales: Provincia, Municipio, Polígono, Parcela, Recinto.

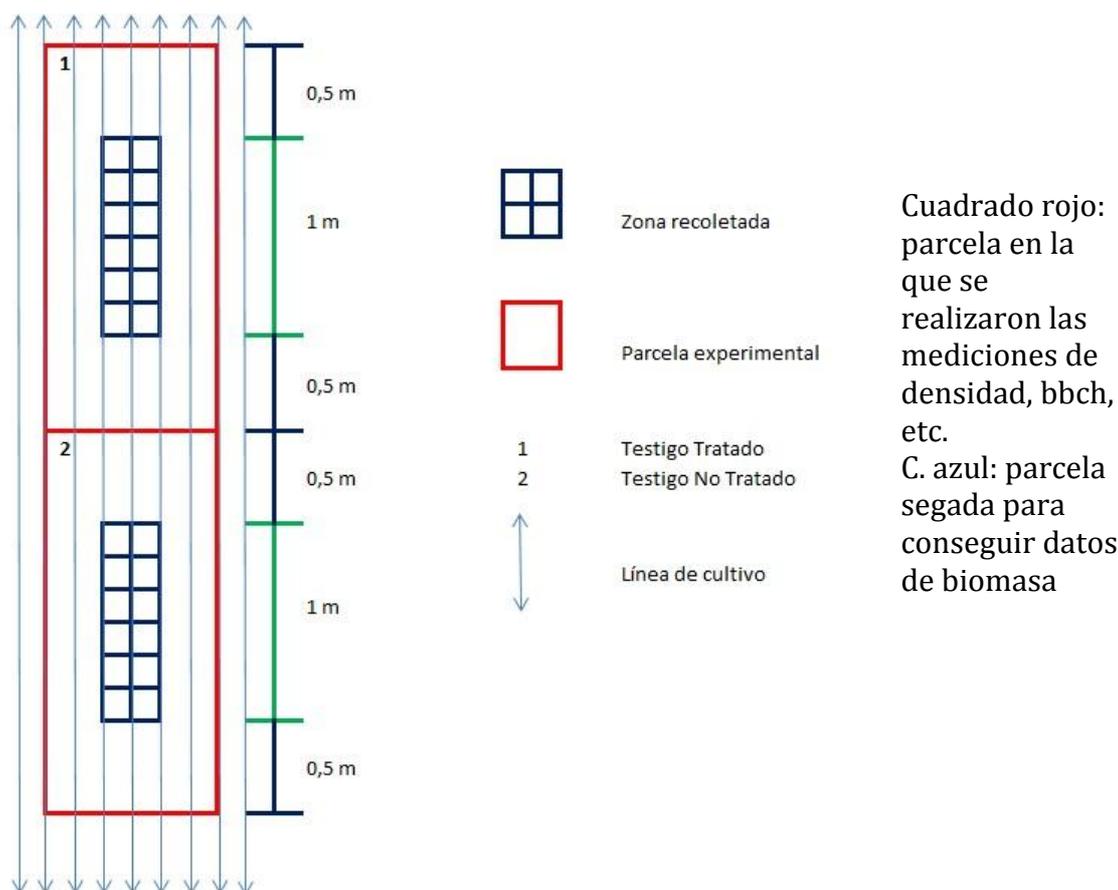
(b) Indica el motivo por el que fue elegida la finca: "PHASS": *Phalaris spp.* "CENDL": *Centaurea diluta*. "T": Cultivo de trigo.

**En cada parcela catastral se han elegido 5 puntos**, que fueron seleccionados en el mes de febrero 2017 (en todos los casos antes del tratamiento herbicida), de modo que en aquellas fincas en las que había infestación no homogénea de arvenses se procuró ubicar los puntos en las zonas con mayor densidad de malas hierbas, mientras que cuando no se detectaron diferencias de

densidad, los puntos se establecieron de forma aleatoria. Por lo tanto, se han estudiado 5 puntos x 21 fincas, lo que supone un **total de 105 puntos**.

Cada uno de los 105 puntos estaba compuesto por una parcela de 4 metros de largo por 1 de ancho (entendido en el sentido de la siembra). Y cada parcela estaba subdividida en dos, siendo una de ellas tratada y la otra sin tratar. En consecuencia, **el diseño elegido ha sido de Split-plot**.

Figura 3.1.3.- Representación del plot.



Una vez analizados los datos de densidad de la infestación, **se han seleccionado varias parcelas para cosechar** y obtener datos del impacto de las malas hierbas en la producción de biomasa. Dado que la operación de recolección de la biomasa del cultivo y de la infestación era excesivamente laborioso y limitado en el tiempo, se optó por seleccionar las parcelas relacionadas en la Figura 3.1.4.

Para las 4 parcelas seleccionadas (Figura 3.1.4.), en cada uno de los 20 puntos (4 parcelas x 5 puntos o splitplots) **se ha recolectado el material vegetal** presente en el cuadrado azul representado en la Figura 3.1.3. Por un lado se segaron a ras del suelo únicamente 1 metro lineal de **cultivo** (por 3 líneas de siembra), dejando 0,5 metros en cabecera y cola sin coger.

Respecto de la **biomasa de la flora arvense**, se ha segado por separado la parte del cuadrado azul y la del resto del cuadrado rojo. Además, la siega de la flora arvense se realizó **separando** a su vez la parte de **Phalaris, Centaurea** y **resto de arvenses**.

Una vez recolectadas las parcelas, las muestras obtenidas se han pesado en fresco, consiguiendo de esta forma el dato de **biomasa fresca**. Posteriormente, las muestras se han introducido en una estufa a 80°C hasta alcanzar el peso constante. Una vez secadas (a las 48 horas de estufa) se ha obtenido el dato de **biomasa seca** de las muestras.

Tabla 3.1.4.- Datos medios preliminares de la infestación en base a los cuales se seleccionaron las parcelas para recolección de biomasa.

<b>Código</b>	<b>Motivo <sup>(a)</sup></b>	<b>Densidad <sup>(b)</sup></b>	<b>Cobertura <sup>(c)</sup></b>
1	CENDL	6,8	12,4
17	PHASS	74,6	11,6
18	CENDL	1,3	2,2
20	PHASS	104,4	25

(a) Indica motivo por el cual fue elegida la finca. "PHASS": *Phalaris spp.*  
"CENDL": *Centaurea diluta*.

(b) Densidad de plantas por metro cuadrado.

(c) Cobertura de la infestación en tanto por ciento.

### 3.2.- Tratamientos herbicidas

Todas las fincas utilizadas en este estudio estaban gestionadas por un mismo agricultor, el cual se dedica a gestionar fincas de distintos propietarios con el objetivo de obtener una mínima rentabilidad económica a corto y medio plazo. Se menciona este aspecto para dejar constancia de que **la elección de los tratamientos herbicidas se hizo de forma meditada**, dado que el gasto condiciona la rentabilidad del cultivo.

Los formulados comerciales que el agricultor utilizó son los siguientes:

- Nombre comercial: **Amadeus Top™**. Coste: 318 €/Kg
- Composición: TIFENSULFURON-METIL 50% + TRIBENURON-METIL 25% [WG] P/P.
  
- Nombre comercial: **Axial Pro™**. Coste: 67,8 €/l
- Composición: PINOXADEN 6% [EC] P/V.
  
- Nombre comercial: **Bromoxan™**. Coste: 12 €/l
- Composición: BROMOXINIL 23,5% (ESTER OCTANÓICO) [EC] P/V.
  
- Nombre comercial: **Chardex™**. Coste: 7,5 €/l
- Composición: MCPA 35% (SAL AMINA) + CLOPIRALIDA 3,5% (SAL AMINA) [SL] P/V.
  
- Nombre comercial: **Megara 75™**. Coste: 402 €/kg
- Composición: TRIBENURON METIL 75% WG.

Las aplicaciones de los distintos formulados comerciales en las distintas parcelas, dosis, y fechas, aparecen en la Figura 3.2.1.

En la Figura 3.2.1. se incluye **información detallada del tratamiento herbicida realizado en cada una de las parcelas**, se puede observar para cada caso se tomó una decisión meditada y por lo tanto independiente, con diferentes materias activas implicadas y con diferente coste económico.

Figura 3.2.1.- Tratamientos realizados en las distintas parcelas catastrales y coste.

<b>ParcelaN</b>	<b>Fecha_Tratamiento</b>	<b>Nombre</b>	<b>Hbda_dosis</b>	<b>Coste Hbda €/ha</b>
<b>1</b>	21-2	Bromoxan	1,25 L/ha	26,25
		Chardex	1,5 L/ha	
<b>2</b>	27-2	Bromoxan	1 L/ha	25,23
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
<b>3</b>	27-2	Bromoxan	1 L/ha	25,23
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
<b>4</b>	27-2	Bromoxan	1 L/ha	25,23
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
<b>5</b>	27-2	Bromoxan	1 L/ha	25,23
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
<b>6</b>	22-2	Axial Pro	0,8 L/ha	77,37
		Amadeus Top	35 gr/ha	
		Bromoxan	1 L/ha	
<b>7</b>	22-2	Axial Pro	0,8 L/ha	77,37
		Amadeus Top	35 gr/ha	
		Bromoxan	1 L/ha	
<b>8</b>	24-2	Axial Pro	0,8 L/ha	77,37
		Amadeus Top	35 gr/ha	
		Bromoxan	1 L/ha	
<b>9</b>	21-2	Bromoxan	1,2 L/ha	27,63
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
<b>10</b>	21-2	Bromoxan	1,2 L/ha	27,63
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
<b>11</b>	22-2	Bromoxan	1 L/ha	20,04
		Megara 75	20 gr/ha	
<b>12</b>	22-2	Bromoxan	1 L/ha	20,04
		Megara 75	20 gr/ha	
<b>13</b>	22-2	Bromoxan	1,25 L/ha	26,25
		Chardex	1,5 L/ha	
<b>14</b>	25-2	Bromoxan	1 L/ha	24,72
		Amadeus Top	40 gr/ha	
<b>15</b>	25-2	Bromoxan	1 L/ha	24,72
		Amadeus Top	40 gr/ha	
<b>16</b>	25-2	Bromoxan	1 L/ha	24,72
		Amadeus Top	40 gr/ha	

---

<b>17</b>	20-2	Bromoxan	1 L/ha	78,96
		Amadeus Top	40 gr/ha	
		Axial Pro	0,8 L/ha	
<b>18</b>	20-2	Bromoxan	1 L/ha	78,96
		Amadeus Top	40 gr/ha	
		Axial Pro	0,8 L/ha	
<b>19</b>	25-2	Bromoxan	1 L/ha	101,18
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
		Axial Pro	1,12 L/ha	
<b>20</b>	25-2	Bromoxan	1 L/ha	101,18
		Amadeus Top	41,66 gr/ha	
		Axial Pro	1,12 L/ha	
<b>21</b>	24-2	Bromoxan	1 L/ha	24,72
		Amadeus Top	40 gr/ha	

---

El **coste del tratamiento herbicida** es de 44,76 euros de media, siendo el tratamiento más costoso de 101,18 euros por hectárea, y el más barato, 20,04 euros por hectárea. El tratamiento más caro es el que incluye el producto comercial Axial Pro (específico para anti gramíneas en cereales).

En la columna de “coste” de la Figura 3.2.1 no se incluye el coste de la aplicación que el agricultor indica que asciende a 8,00 euros por hectárea. Por lo tanto el **coste real del tratamiento herbicida** se puede determinar en la Figura 4.5.3.

### 3.3.- Toma de datos

Durante la realización del estudio, ha **sido necesario realizar visitas periódicas** a las distintas parcelas para recoger información.

**Se han visitado las parcelas una vez por semana** desde el momento en el que se realizó la aplicación del herbicida. Se han estado visitando las parcelas hasta alcanzar la madurez fisiológica del cultivo, momento en el cual se ha considerado que la competencia con la flora arvense, había quedado realizada.

En primer lugar, antes del tratamiento, se ha procedido a **marcar las parcelas**, , y se han numerado para poder llevar un orden a la hora de la toma de datos.

Figura 3.3.1.- Parcelas cubiertas para realizar la aplicación.



**En el momento de la aplicación, se han cubierto las parcelas**, para poder dejar un testigo sin tratar en cada uno de los cinco puntos que se han elegido en cada una de las parcelas catastrales, con el fin de poder tomar datos en parcelas que han recibido tratamiento y parcelas que no lo han recibido.

Figura 3.3.2: Momento de la aplicación con tractor.



Mientras se han visitado las parcelas objeto de estudio, **se han tomado los siguientes datos:**

**-Fecha:** Fecha de la visita a la parcela.

**-Estado fenológico del cultivo:** Siguiendo la escala BBCH para el trigo, hemos tomado el dato del estado fenológico en cada una de las visitas.

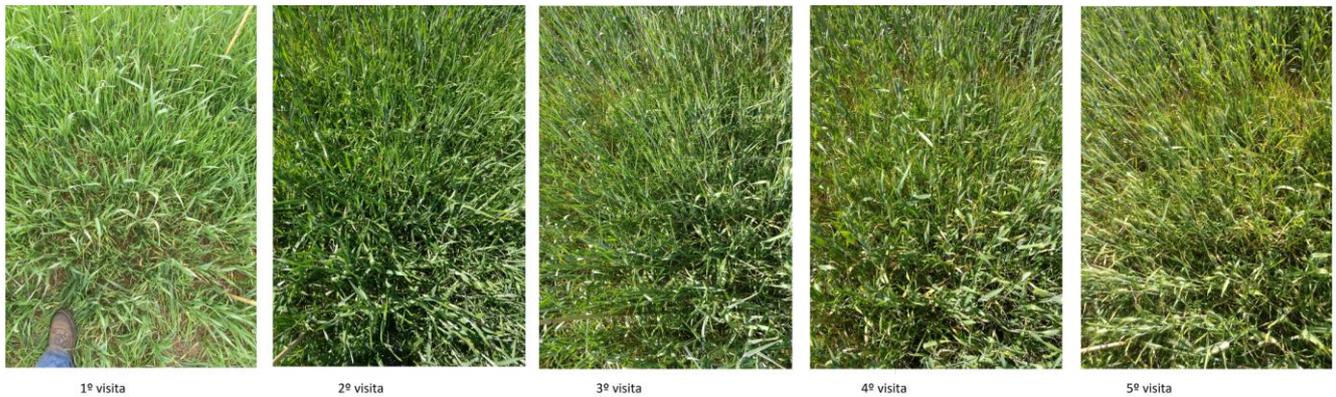
**-Cobertura de arvenses:** Medida subjetiva del porcentaje de superficie de la parcela ocupado por la flora arvense.

**-Estado fenológico de la mala hierba:** Siguiendo la escala BBCH general, hemos tomado el dato del estado fenológico en cada una de las visitas.

**-Densidad de población de malas hierbas:** Medida objetiva del número de plantas arvenses del género Phalaris o Centaurea existentes en la parcela objeto de estudio.

**-Fotografía:** Cada vez que hemos visitado la parcela, se han tomado fotografías, seis de cada punto, tres pertenecientes al testigo no tratado, y otras tres pertenecientes al testigo tratado.

Figura 3.3.3.- Evolución de testigo no tratado. Punto 4, parcela 20.



A las 5 semanas después del tratamiento se ha dado por **finalizada la toma de datos**.

Una vez se han recopilado todos los datos en un fichero digital, se han procesado dichos datos para poder realizar un estudio estadístico.

Una vez se ha realizado un primer estudio estadístico, **se ha procedido a cosechar las parcelas indicadas en la tabla 3.2**.

Figura 3.3.4.- Momento de la aplicación con Unimog.



### 3.4.- Análisis estadísticos.

Para la realización del análisis estadístico, se han introducido todos los datos recogidos durante las visitas realizadas y anotadas en el cuaderno de campo en una tabla Excel.

**Los datos se han procesado mediante el programa RStudio**, con el cual se han realizado las distintas tablas y gráficos. Para el procesado de los datos **se ha usado el programa estadístico RStudio** Version 1.0.143 – © 2009-2016 RStudio, Inc.  
**TBR.**

Se ha realizado una comparación entre los siguientes parámetros:

- Cobertura de la mala hierba.
- Peso de la biomasa fresca del cultivo.
- Peso de la biomasa seca del cultivo.
- Número de tallos de trigo en la parcela.
- Biomasa fresca de las arvenses presentes en los líneas de recolección del cultivo.
- Biomasa seca de las arvenses presentes en los líneas de recolección del cultivo.
- Biomasa fresca de la mala hierba presente en el resto de la parcela.
- Biomasa seca de la mala hierba presente en el resto de la parcela.
- Densidad de arvenses presentes en la totalidad de la superficie de la parcela.

## 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN



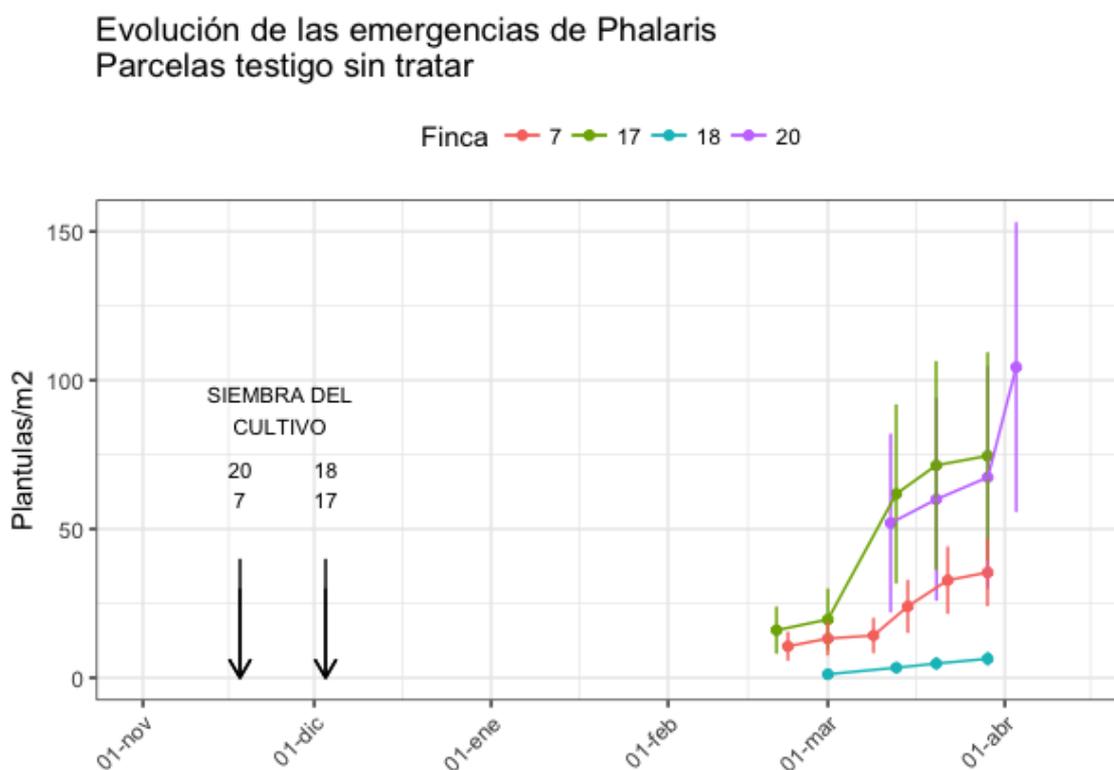
## 4.- Resultados y discusión

### 4.1.- Evolución de las emergencias de las malas hierbas respecto del cultivo

En el caso de Phalaris, las emergencias comenzaron poco tiempo después de la emergencia del cultivo, aunque las mediciones se empezaron a realizar una semana después de la aplicación herbicida (Figura 4.1.1). En todo caso, únicamente aparecieron **infestaciones de Phalaris en 4 de las 21 fincas** prospectadas, y tan **solo en tres fincas, las densidades eran relevantes**.

Las **densidades** que aparecen en este trabajo, son **bastante inferiores a la que se describen en trabajos relacionados con Phalaris** (Fuentes-García *et al.*, 2014), dado que la densidad máxima encontrada ha sido de 267 plantas por metro cuadrado, cuando otros autores estiman que la densidad de esta mala hierba puede llegar a **alcanzar valores superiores a 1000 plantas por metro cuadrado** (González Díaz *et al.*, 2009).

Figura 4.1.1.- Evolución de las emergencias de Phalaris en parcelas testigo sin tratar.



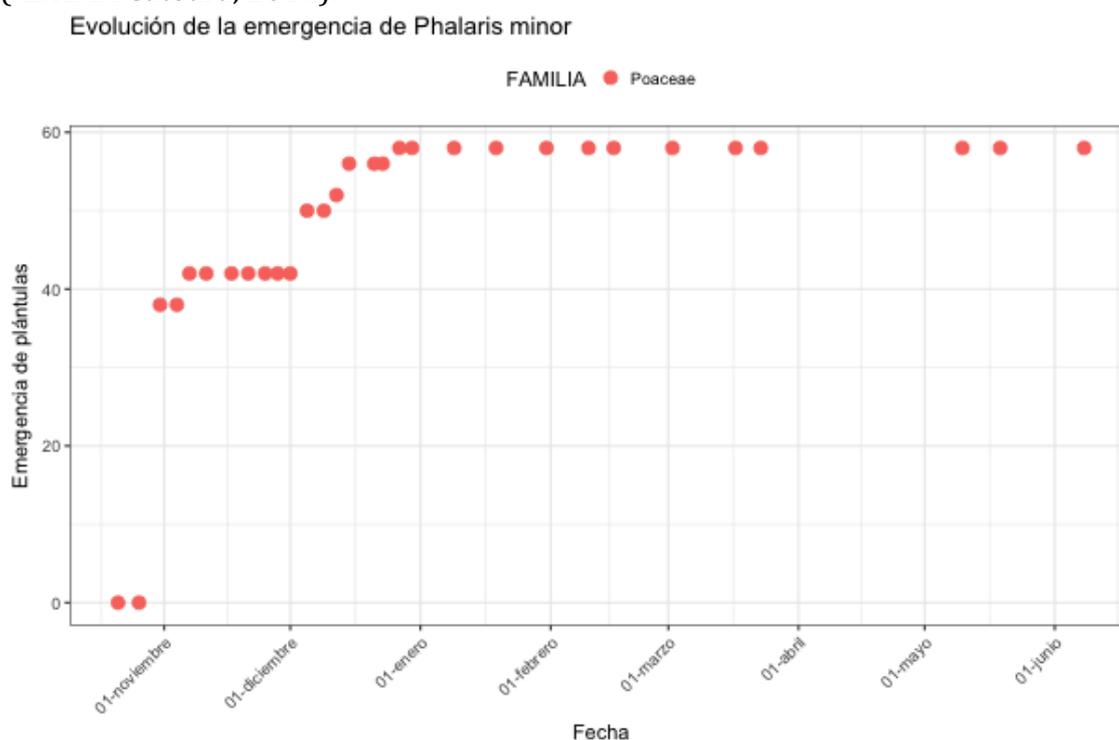
Se observa que **cuando no existe control** alguno sobre la mala hierba, **la densidad** de la misma **va aumentando**.

Con **los datos obtenidos**, se puede **afirmar que la emergencia** de esta familia de arvenses **es escalonada**, lo cual **no coincide con el estudio realizado en el jardín arvense de la ETSIA** (Figura 4.1.2) (ADAMA Cátedra, 2017) el cual reúne la mayoría de las emergencias entre los meses de noviembre y diciembre para después estabilizar la población a lo largo del año.

Estas discrepancias **pueden ser debidas** por las lluvias acaecidas durante la temporada agrícola en **el lugar en el que se ha llevado a cabo el trabajo**, en el cual **se enfrentan las condiciones de campo con un entorno controlado**.

Hay que mencionar, que **las fincas donde más aumenta la densidad**, son parcelas, en la cual el agricultor que nos facilita el terreno para la realización del trabajo, **son las que menos tiempo llevan bajo su gestión**, en las cuales, como podremos observar más adelante, las dosis de herbicidas son más bajas y los rendimientos mayores, quizás **debido a el manejo** que el agricultor realiza, principalmente a la rotación de cultivo que lleva a cabo, ya que, como algunos autores justifican, **la rotación de cultivos reduce las poblaciones de arvenses** en comparación con los sistemas en monocultivo (Liebman and Dyck, 1993), ya que **se alternan métodos de control y diferentes épocas** de cultivos, que ayudan a la lucha contra las especies arvenses (Zambrano-Navea, Bastida and Gonzalez-Andujar, 2012), y a su vez a la **disminución del banco de semillas** presente en la parcela.

Figura 4.1.2.- Evolución de la emergencia de *Phalaris minor* en jardín arvense (ADAMA Cátedra, 2017).



En el caso de **Centaurea**, los **niveles de infestación** de los testigos sin tratar **han sido inferiores**, no siendo una infestación despreciable, con **densidades aproximadas a unas 5 plantas / m<sup>2</sup>** en la finca con mayor infestación (Figura 4.1.3). Aunque cabe destacar, que **este número de plantas por metro cuadrado** puede llegar a ser **un gran problema**, debido a la estructura de la planta y la altura que logra alcanzar en situaciones óptimas (entre 1,5 y 3 metros) (Saavedra, 1997). Esto se puede probar comparando con los gráficos de cobertura más adelante.

Figura 4.1.3.- Evolución de las emergencias de Centaurea en parcelas testigo sin tratar.

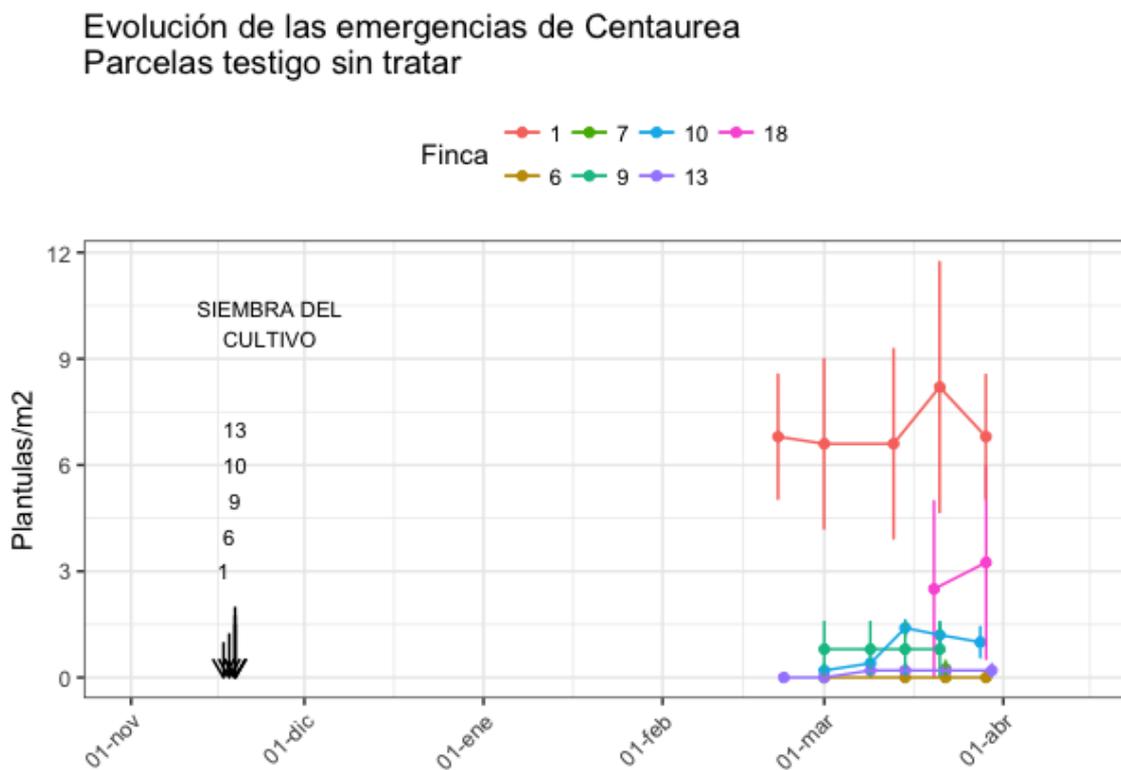
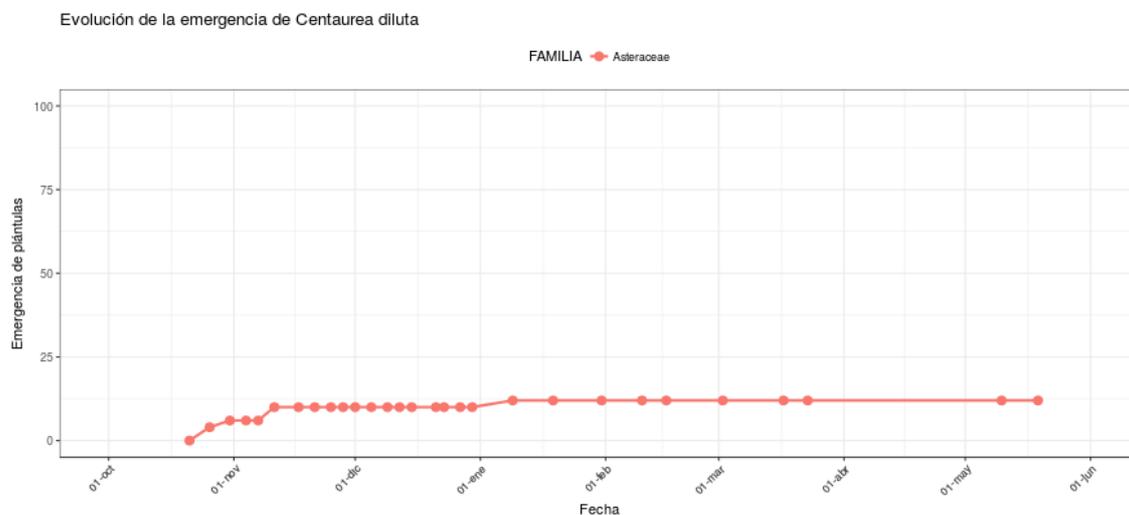


Figura 4.1.4.- Evolución de la emergencia de *Centaurea diluta* en el jardín arvense (ADAMA Cátedra, 2017).



La **emergencia de Centaurea** (Figura 4.1.4) es parecida a la de Phalaris en los gráficos de emergencia obtenidos en el jardín arvense de la ETSIA (ADAMA Cátedra, 2017), aunque con menos número de plantas. La emergencia de las plantas se da **principalmente** en el mes de **Octubre y Noviembre**, aunque también encontramos emergencias en el mes de Enero, aunque menos numerosas que en el caso de Phalaris (Figura 4.1.2.).

No se pueden comparar los datos de emergencia con los datos de nuestro trabajo puesto que en los meses de Octubre y Noviembre no se han tomado mediciones, pero si **se puede afirmar** que **la emergencia de Centaurea es escalonada**, como afirman otros autores (Alcantara *et al.*, 2016). La toma de datos de las parcelas afectadas por plantas del género Centaurea comienzan a mediados de Febrero (Figura 4.1.3), y observamos, que en la parcela 1, la parcela con más infestación, **la densidad aumenta en el mes de Abril**, y en la parcela 18, en la cual no teníamos infestación de Centaurea inicialmente, **aparecieron 3 plantas** por metro cuadrado en el testigo no tratado **a finales de Marzo**.

Hay que **destacar** en **la parcela 18**, en la cual el agricultor no realizó tratamiento para combatir a Centaurea, que como hemos visto en materiales y métodos, realiza un tratamiento con el formulado comercial Chardex, y en dos testigos no tratados, **aparecen plantas** de Centaurea **a la tercera semana de la aplicación**. Es posible, que se haya producido un **control inesperado** de esta arvense, por una aplicación en el momento óptimo para su control.

Hay que **comparar** los resultados de **densidad** con los resultados de **cobertura**, **para determinar**, si una infestación de **este número de plantas puede llegar a ser un verdadero problema** para el cultivo.

En el resto de parcelas no se han encontrado arvenses objeto de estudio.

#### 4.2.- Evolución del desarrollo fenológico

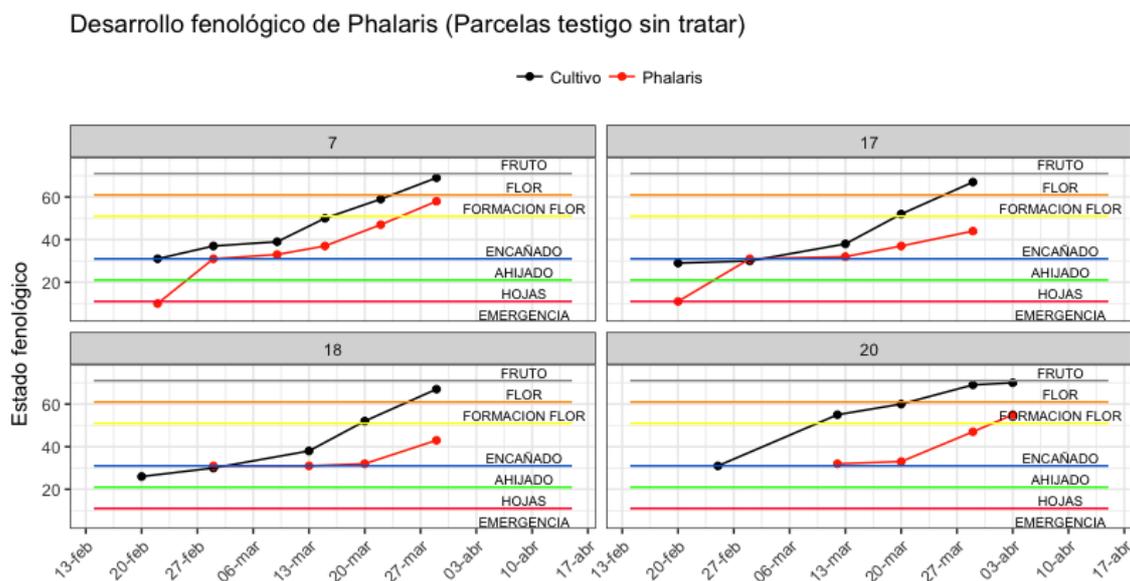
La evolución del **desarrollo fenológico**, tanto **del cultivo**, como de las **arvenses**, puede **determinar**, a la **fecha de la recolección** del cultivo, ya que la arvense puede influir en la calidad de la cosecha y determinar si se puede proceder a dicha tarea, por el factor negativo que puede ejercer sobre la calidad del producto (Saavedra, 1997), la **toma de decisiones a la hora del manejo de las malas hierbas** para el año venidero, en una rotación de trigo girasol, en la cual, *Phalaris* no producirá semillas, debido al control que se lleva a cabo sobre la arvense en a la hora de realizar las labores para la preparación del lecho de siembra del siguiente cultivo (Zambrano-Navea, Bastida and Gonzalez-Andujar, 2012).

El **desarrollo fenológico**, también **indica la capacidad** que tiene la arvense, **para adaptarse** a situaciones de **competencia y estrés**, que en situaciones de un mal manejo, podrían incluso llegar a desarrollar resistencias (Abbas *et al.*, 2016), y completar su desarrollo de manera satisfactoria, **causando graves problemas para su manejo**.

**Se puede observar** en los datos tomados tras la aplicación de los herbicidas (Figura 4.2.1.), que **la arvense** en los testigos sin tratar, en todo momento **se encuentra en un nivel de desarrollo inferior al del cultivo**. Esto es **debido al manejo**, en el cual se intenta **afectar a la emergencia de la mala hierba**, procurando que sea más tardía con respecto al cultivo (manejo en la fecha de siembra), **a la competencia** cultivo-arvense que se pueda dar, que varios autores indican que la competencia es muy severa (Cudney and Hill, 1979; Dellow and Milne, 1986), la dosis de siembra, que según la población de malas hierbas puede afectar al cultivo o a la mala hierba (Lacasta *et al.*, 2007), el vigor a la hora de desarrollarse que pueda tener la arvense, y a **la aplicación del herbicida**, que puede causar una parada en el desarrollo vegetativo de la flora arvense presente en la parcela. El **objetivo** del manejo es **impedir** en la manera de lo posible, **el desarrollo de la arvense** de forma óptima, pero siempre teniendo en cuenta que debemos de favorecer al cultivo.

La **disponibilidad de agua** es crucial para este tipo de arvenses y cultivo, dado el agrosistema en la que se realiza el estudio, con un **clima semi-árido**. La madurez fisiológica en las plantas del género *Phalaris*, **se acelera** cuando se encuentra **en situaciones de estrés hídrico moderado y severo**, aunque alcanzan menor desarrollo vegetativo y con lo cual menor altura de lo normal (Alcantara, Jimenez-Hidalgo and Saavedra, 2010), situación en la cual queda por debajo del cultivo, y a la hora de la cosecha puede ser un **problema** porque esta arvense puede permanecer en el campo una vez recolectado el cultivo y consigue **aumentar el banco de semillas**.

Figura 4.2.1.- Desarrollo fenológico de Phalaris en parcelas testigo sin tratar.

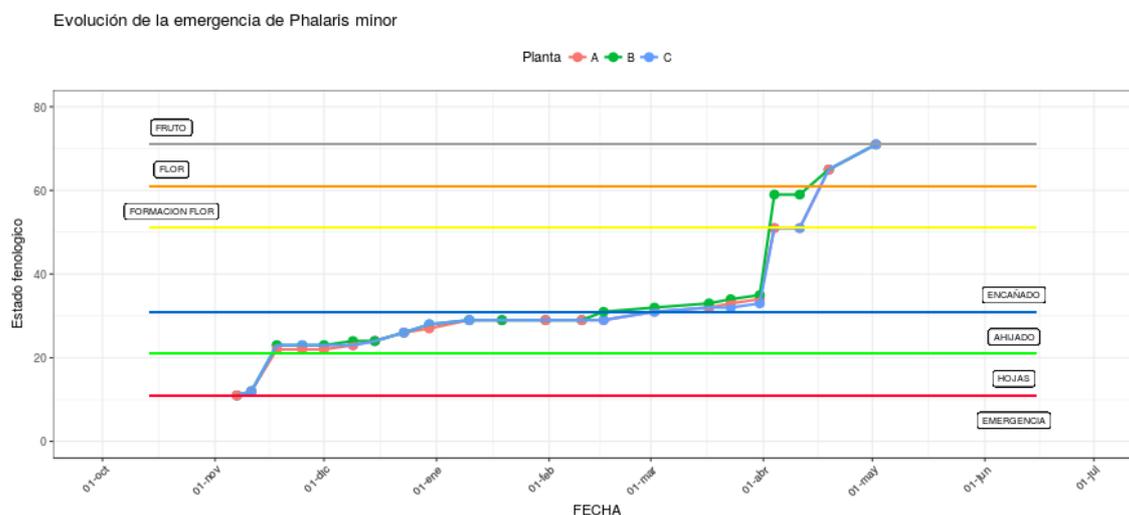


Las **parcelas 17 y 18 son colindantes**, el desarrollo del cultivo es prácticamente el mismo, y por consiguiente el de la mala hierba, prácticamente igual. Es por supuesto que **el manejo de las parcelas ha sido el mismo**, y **el comportamiento del cultivo y de la mala hierba son muy semejantes** en ambas parcelas (Figura 4.2.1.). **Tras el tratamiento, Phalaris sufre un paro en el desarrollo con evidentes síntomas de fitotoxicidad**, en parcelas tratadas, llegando en el mejor de los casos al control total de la planta. En el **testigo no tratado, continúa su ciclo con normalidad**, aunque se mantiene **fenológicamente hablando en un nivel inferior al del cultivo**.

La **parcela 20** es la que **mayor infestación de Phalaris** tiene, sobre todo en el punto 4. La **fuerte presión** que ejerce Phalaris **sobre el cultivo**, obliga a este a **acelerar su ciclo en detrimento del ahijamiento** del mismo (Figura 4.2.1.), siendo la **única parcela**, como se puede ver más adelante, que tiene **importantes diferencias de reducción de biomasa**. Phalaris consigue alcanzar el estado de madurez fisiológica antes de que se haya procedido a la recolección del cultivo, ayudando de esta forma a mantener el banco de semillas de la mala hierba en la parcela.

La **parcela 7** sigue con el ciclo normal que se esperaba de la arvense y el cultivo, bastante parecido a las parcelas 17 y 18. **La diferencia del estado fenológico de la arvense y el cultivo es menor** en comparación, que en las parcelas anteriores citadas (Figura 4.2.1.).

Figura 4.2.2.- Evolución del estado fenológico de *Phalaris minor* en el jardín arvense de la ETSIA (ADAMA Cátedra, 2017).



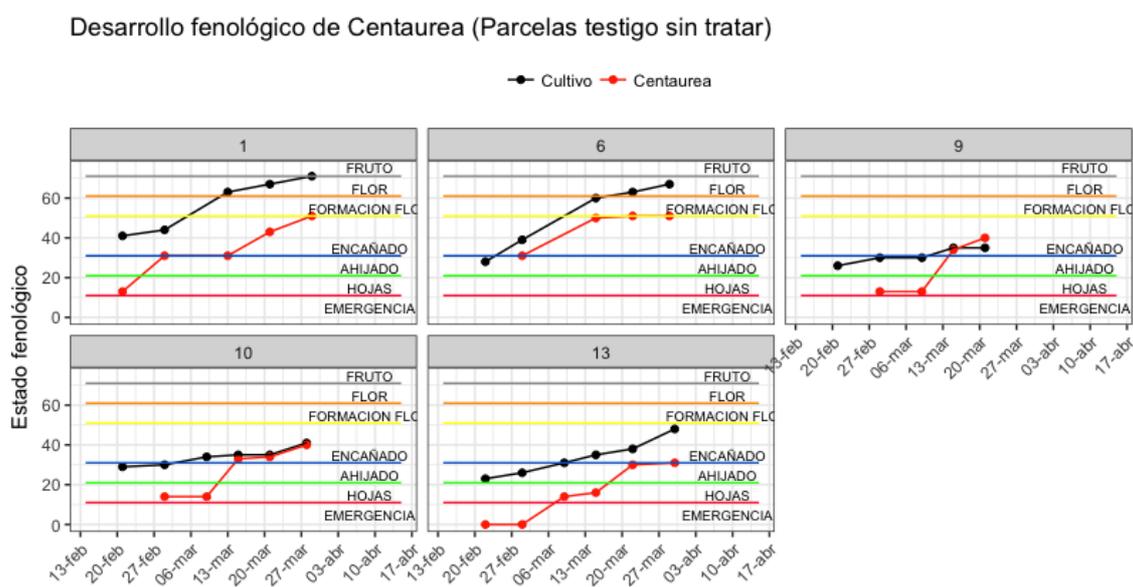
Los **estados fenológicos** de *Phalaris*, que se han **obtenido en campo** (Figura 4.2.1.), en el cual **las mediciones han comenzado a finales de Febrero** tras la aplicación del herbicida, el **estado fenológico menos desarrollado** medido ha sido **1 hoja** en las parcelas 7 y 17 la semana del **20 de febrero**. El estado fenológico de **encañado**, se ha alcanzado en todas las parcelas el día **20 de Marzo**, con pequeñas diferencias, y todas las parcelas han ido aumentando su desarrollo fenológico progresivamente hasta alcanzar la **floración** en las últimas mediciones tomadas alrededor del **30 de Marzo** como se puede observar en el gráfico.

En el gráfico **de desarrollo fenológico** obtenido en el **jardín arvense** de la ETSIA (Figura 4.2.2.) el estado fenológico de **1 hoja** se da en **Noviembre**, tres meses antes que la fecha en la que se ha alcanzado en campo. El estado fenológico de **encañado**, ha sido alcanzado de **primeros de Marzo hasta primeros de Abril**, lo cual coincide en cierto modo con la fenología obtenida en campo. En la primera semana de Abril, en el jardín arvense de la ETSIA, se da un **importante salto fenológico** en el gráfico **de encañado a formación de flor**. **En campo** el estado de floración, como se ha comentado anteriormente, también se alcanza sobre esa fecha, pero el **salto fenológico no ha sido tan drástico** como en el jardín arvense.

En **campo** se ha observado, que el estado de **ahijamiento** de *Phalaris*, ha sido **breve en el tiempo**, de hecho, la mayoría de plantas, **no desarrollan hijos**. Las **condiciones de campo** del cultivo y la arvense, hacen que esta evolución de **distinta forma que en condiciones controladas**.

Con respecto a **Centaurea**, es una planta dicotiledónea, y el **desarrollo** sufre **algunas variaciones**. Cabe destacar, que al estar en **competencia** con un **cultivo de porte alto** con respecto a **Centaurea** en sus estados fenológicos iniciales, **Centaurea no ha desarrollado su ciclo de una forma natural**. Durante las mediciones, se ha observado que para poder competir por la luz contra el cultivo, la planta de **Centaurea ha crecido en altura**, cuando **lo normal** es que crezca en **roseta**.

Figura 4.2.3.- Desarrollo fenológico de **Centaurea** en parcelas testigo sin tratar.



En **todas las parcelas** con infestación de **Centaurea** se observa un **salto en el estado fenológico** de la misma (Figura 4.2.3.). Todas las plantas que se encontraban entre el cultivo, **no han desarrollado tallos laterales**, por la falta de luz, en pro del desarrollo del fruto y poder alcanzar así la madurez fisiológica.

La **parcela 1** era la parcela con **mayor infestación** en lo que a densidad respecta. Como se ha comentado anteriormente **el desarrollo de Centaurea no ha sido normal**, y durante las mediciones, se observó que **la planta creció en altura**, cuando debería de haber desarrollado un estado inicial en roseta. Esto ha influenciado mucho el estado fenológico de **Centaurea**, la cual siempre, como podemos ver en el gráfico (Figura 4.2.3) ha ido por detrás del cultivo en lo que a estado fenológico se refiere.

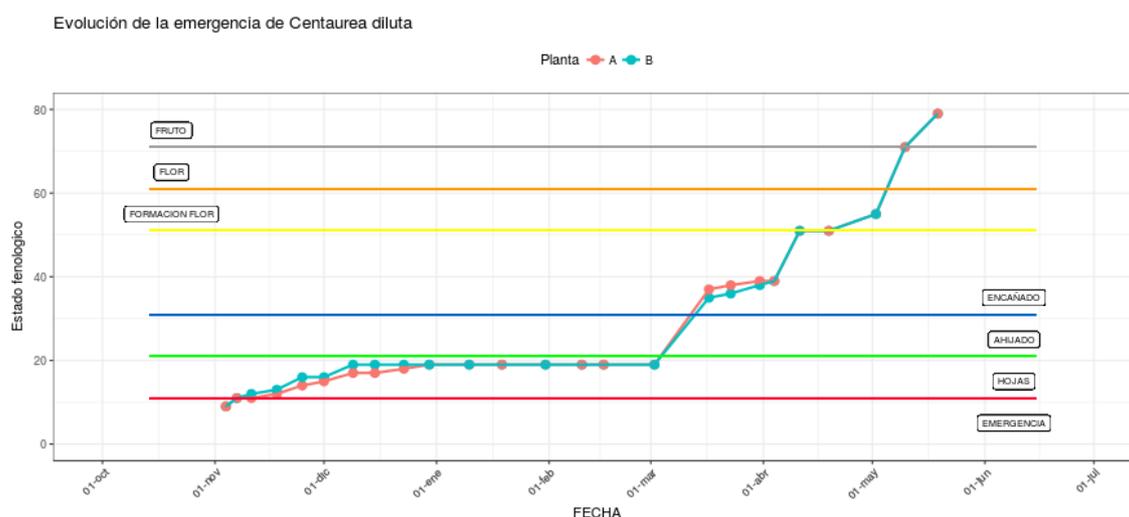
Hay que mencionar que las **variedades de trigo** de las parcelas **1 y 6** son **Artur Nick**, variedad común en la zona, y las parcelas **9, 10 y 13**, son parcelas en las que se encuentra el varietal **Hybiza**, una variedad híbrida de reciente introducción en la zona por parte de este agricultor, con un ciclo de desarrollo más largo que el de la variedad anterior.

Se observa que el ciclo de **Artur Nick** en las parcelas **1 y 6** (Figura 4.2.3.) alcanza el estado de **madurez fisiológica** bastante **antes**, lo cual, a la hora de la lucha contra la arvense en cuestión puede **suponer una ventaja**, puesto que la **recolección** se puede realizar **antes de que la arvense alcance la madurez fisiológica**, y le puede causar estrés a la hora de la competición por la luz, como ha ocurrido.

La variedad **Hybiza**, presente en las parcelas **9, 10 y 13** (Figura 4.2.3.), tienen un **ciclo de cultivo más largo** que la variedad predominante en la zona. Se ha observado, que en estas parcelas, **Centaurea** si **ha desarrollado un estado inicial de roseta**, aunque **no muy prolongado**. Con el paso del tiempo, el varietal **Hybiza** se caracteriza por su potencial de **ahijamiento**, observándose, que cuando este se había completado, **las arvenses habían quedado totalmente debajo del cultivo**, siendo incapaces de superar al trigo.

El desarrollo del cultivar, influye también en el desarrollo de la arvense. **Artur Nick** crece en altura más rápidamente que **Hybiza**, por lo tanto **Centaurea**, como hemos comentado anteriormente, **encuentra más dificultad a la hora de competir por la luz**. En el caso de **Hybiza**, el **ahijado** es muy lento, pero **muy abundante**, pero aún así, no le supone a **Centaurea** un digno competidor, y puede **desarrollar su ciclo de forma natural**, en roseta, **aunque después ha tenido serios problemas** por la capacidad de **Hybiza** de cubrir el suelo.

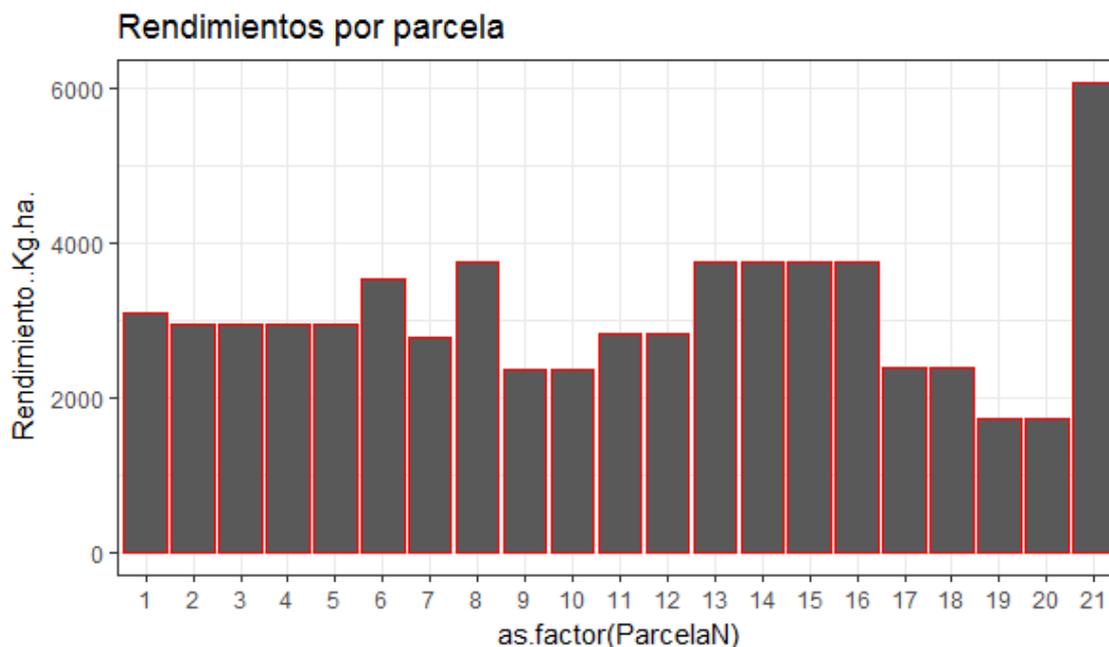
Figura 4.2.4.- Desarrollo fenológico de *Centaurea diluta* en el jardín arvense de la ETSIA (ADAMA Cátedra, 2017).



El desarrollo de *Centaurea* que hemos obtenido en campo, se asemeja a la evolución que ha sufrido en el **jardín arvense** de la ETSIA (ADAMA Cátedra, 2017) (Figura 4.2.4), aunque **en el jardín**, el estado fenológico de formación de hojas es más prolongado en el tiempo, debido a que habrá **desarrollado su estado de roseta**. Los demás **estados fenológicos**, en campo han estado adelantados a las fechas en las que los estados se dan en el jardín arvense.

### 4.3.- Estimación del impacto en el rendimiento del cultivo

Figura 4.3.1.- Rendimientos en kg/ha obtenido en las distintas parcelas.



El **rendimiento** de las parcelas, (Figura 4.3.1) ha seguido una línea relativamente constante. Se ha obtenido una **media de producción de 3076 kg/ha**, con un rendimiento **mínimo de 1736 kg/ha** en las parcelas 19 y 20, y un rendimiento **máximo de 6064 kg/ha**. Este último valor se sale de la normal, es una parcela, en la cual los durante 4 años ha sido cultivada de algodón de regadío, por lo que las condiciones del suelo son muy distintas a la de las demás parcelas, por lo que si se excluye la parcela, el valor medio desciende hasta 2927 kg/ha y el rendimiento máximo disminuye hasta 3739 kg/ha.

Para realizar el estudio de **impacto en el rendimiento** de las parcelas, únicamente se han tenido en cuenta las **parcelas con un cierto nivel de infestación**, que nos han parecido interesantes para el estudio. Dichas parcelas son, para el caso de **Phalaris**, las **parcelas 17 y 20**, y para el caso de **Centaurea** las **parcelas 1 y 18** (Figura 4.3.2).

Tras la **obtención de las muestras cosechadas** en campo se han obtenido los siguientes datos (Tabla 4.3.1):

La parcela con **mayor nivel de infestación** de mala hierba, concretamente **Phalaris**, era la **parcela 20**, en la cual se obtuvo una **reducción de peso de biomasa fresca a biomasa seca de un 5,73% de media**, con un valor **máximo de 8,44%**, y un valor **mínimo de 3,70%**.

La **biomasa de la mala hierba presente en los líneas** de cultivo, sufrió una **reducción de 9,74% de media**, con un valor **máximo de 19,59%**, y un valor **mínimo de 4,91%**.

La **biomasa de la mala hierba presente en el resto de la parcela**, obtuvo una **reducción del peso** fresco con respecto al peso seco de **9,43% de media** con un valor **máximo de 19,65%** y un valor **mínimo de 4,61%**.

La **parcela 17**, también con problemas de **Phalaris**, aunque una menor infestación que en la parcela anterior, **la biomasa de cultivo** obtuvo una **reducción de peso** de biomasa fresca a biomasa seca de un **6,92% de media**, con un valor **máximo de 8,86%** y un valor **mínimo de 5,52%**.

La **biomasa de la mala hierba presente en los líneas** de cultivo, **redujeron su biomasa** de materia fresca con respecto de la seca en un **28,93% de media**, alcanzando un valor **máximo de 62,33%** y un valor **mínimo de 8,46%**.

La **biomasa de la mala hierba presente en el resto de la parcela**, se redujo en un **23,11% de media**, con un valor **máximo de 56,25%** y un valor **mínimo de 7,19%**.

La **parcela 1** era la que mayor infestación de **Centaurea** tenía, tras su cosecha, el valor de la **biomasa de cultivo**, sufrió una **reducción** de la biomasa fresca a la seca de un **5,77% de media**, alcanzando un valor **máximo de 7,09%** y un valor **mínimo de 4,04%**.

La **biomasa de mala hierba presente en los líneas** de cultivo, sufre una reducción de un **14,38% de media**, con un valor **máximo** que alcanza el **32,40%**, y un valor **mínimo de 3,95%**.

La **biomasa de mala hierba presente en el resto de la parcela**, reduce su peso en un **20,59% de media**, con un **máximo de 41,12%** y un **mínimo de 12,05%**.

La **parcela 18** sufre una **reducción del peso de biomasa** fresca a peso seco de un **9,68% de media**, con un valor **máximo** que alcanza el **12,01%** y un valor **mínimo de 8,11%**.

La **biomasa de mala hierba presente en los líneas** de cultivo se reduce en un **14,21% de media** en los testigos no tratados, que es donde únicamente encontramos arvenses, con un valor **máximo de 17,57%** y un valor **mínimo de 10,85%**.

En el resto de los puntos de las parcelas no se encontraron malas hierbas.

Tabla 4.3.1.- Datos de biomasa de las parcelas recolectadas.

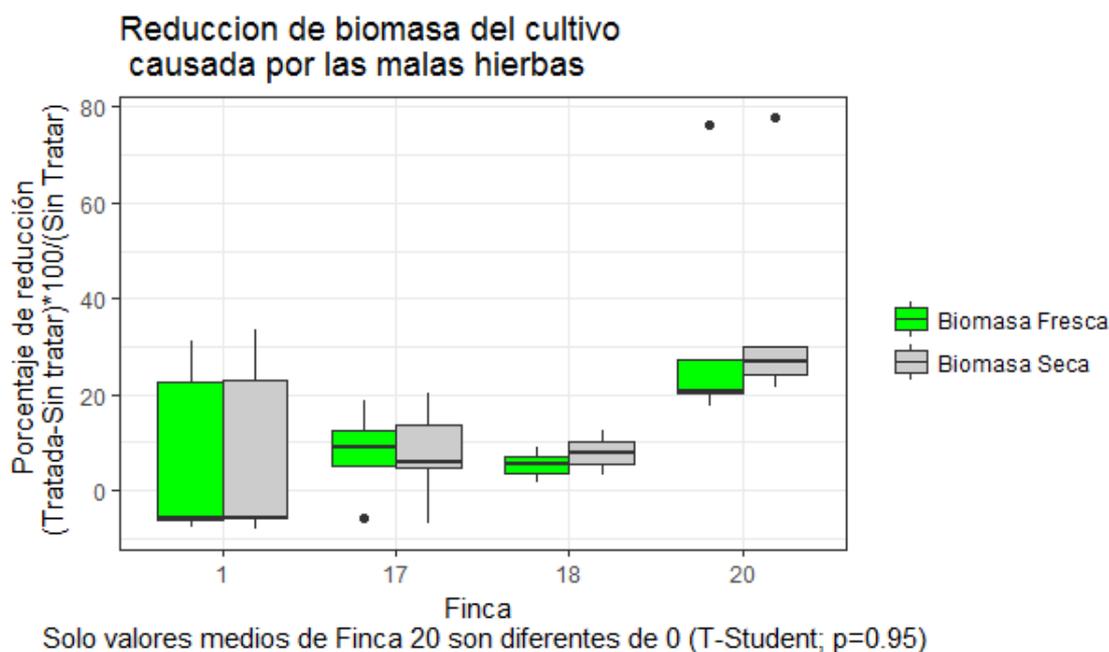
Parcela	Subparcela	Tratado	Nº tallos	Peso Biomasa Fresca	Peso MH en lineos fresca	Peso MH resto fresca	Peso Biomasa Seca	Peso MH lineos seca	Peso MH resto seca
<b>17</b>	1	SI	174	353,45	0	17,92	331,23	0	16,63
	1	NO	161	336,02	20,08	22,5	316,17	18,38	19,77
	2	SI	174	322,53	0,27	0,32	293,93	0,13	0,14
	2	NO	151	295,93	29,72	30,94	277,98	21,25	23,87
	3	SI	168	318,94	0,32	0,37	297,96	0,21	0,29
	3	NO	152	339,42	0,44	21,97	320,66	0,34	19,63
	4	SI	173	383,67	0	19,57	355,49	0	17,79
	4	NO	148	341,58	23,59	39,36	312,82	21,09	31,38
	5	SI	182	454,75	1,54	1,27	424,79	0,58	0,79
	5	NO	169	382,9	21,9	43,58	353,58	19,14	29,09
<b>18</b>	2	SI	142	336,85	0	0	309,54	0	0
	2	NO	137	331,97	23,56	0	300,52	19,42	0
	3	SI	115	254,65	0	0	231,36	0	0
	3	NO	106	233,56	22,39	25,02	205,53	19,96	20,41
<b>1</b>	1	SI	147	413,22	2,65	2,43	395,32	2,35	2,11
	1	NO	154	438,41	30,7	33,48	420,69	27,29	29,09
	2	SI	178	376,71	1,22	1,78	354,6	1,01	1,52
	2	NO	171	401,62	19,05	21,09	376,83	18,54	18,09
	3	SI	211	457,23	1,07	1,29	433,9	0,87	0,92
	3	NO	181	348,88	16,17	20,32	324,99	15,53	17,87
	4	SI	153	382,63	0	0	360,78	0	0
	4	NO	177	312,68	15,19	17,2	293,28	14,78	15,93
	5	SI	134	324,08	2,87	2,14	301,08	1,94	1,26
<b>20</b>	5	NO	146	350,9	36,28	152,64	328,46	25,62	90,09
	1	SI	148	342,23	17,34	16,7	329,56	16,46	15,93
	1	NO	132	283,43	62,45	148,72	259,49	57,17	136,57
	2	SI	134	321,75	9,32	6,87	306,45	8,46	5,52
	2	NO	128	273,98	48,02	112,47	252,72	45,66	103,72
	3	SI	137	329,63	11,38	13,26	315,45	10,35	12,23
	3	NO	122	258,97	61,05	151,54	242,69	49,09	139,82
	4	SI	138	331,35	7,58	7,89	318,23	6,85	6,93
	4	NO	112	188,18	85,31	626,87	178,82	85,48	579,33
	5	SI	146	339,56	0	0	322,55	0	0
5	NO	132	282,62	0	0	259,64	0	0	

Si se observan los **valores, la reducción de biomasa del cultivo causada por la malas hierbas** (Figura 4.3.2.), **desde un punto de vista, exclusivamente económico, el tratamiento herbicida no está estrictamente justificado.**

**Es muy rentable una visita a la finca antes de la aplicación herbicida.** Se puede mejorar la rentabilidad del cultivo, **realizando una prospección por parte de un técnico independiente,** previa al tratamiento.

En el caso de las **parcelas con mayor infestación de arvenses,** la comparación de las biomazas de las parcelas tratadas frente a las no tratadas permiten estimar **ganancias de rendimiento asociadas al tratamiento** herbicida próximas a 0, 10 y 8% en las **fincas 1, 17 y 18,** siendo estas ganancias estadísticamente **no significativas.** Es decir, **solo en una finca (la número 20)** se detectó una **ganancia** de rendimiento asociada al herbicida, siendo esta **estadísticamente significativa,** y por ende, la única parcela en la que el tratamiento podría estar económicamente justificado.

Figura 4.3.2.- Reducción de biomasa del cultivo causada por las malas hierbas.



En la Figura 4.3.2. se representan las ganancias de biomasa debidas al tratamiento herbicida en las fincas 1 17 18 y 20. El Gráfico este tipo boxplot o caja y bigotes en el que la caja está formada por los percentiles 25 y 75 mientras que dentro de la caja hay una línea que es el percentil 50 o mediana. Las cajas de color verde corresponden a los resultados de biomasa fresca y la de color gris la de biomasa seca y el **gran parecido entre ellas** indica que la mayor parte de la biomasa era biomasa seca es decir que cuando fue recolectada la biomasa el cultivo ya estaba en estado de **madurez fisiológica.**

En la **finca 1** se puede ver que las cajas son relativamente grandes lo cual indica que había **bastante dispersión** entre los datos pero en todo caso la **ganancia de biomasa** debida al tratamiento es **escasa** de hecho la mediana es inferior a 0. Realizado el test del test t de Student se verifica que no existen diferencias entre las parcelas tratadas y las no tratadas en lo que refiere a biomasa es decir que no es esperable una ganancia de rendimiento debida al tratamiento.

En las fincas **17 y 18** las cajas representadas en el gráfico son mucho más estrechas lo cual indica que hay **menos variabilidad** en los datos pero en ambos casos la **ganancia de biomasa** debido al tratamiento es **bastante pequeña** estando cerca del 10%. De nuevo el test t de Student no detecta diferencias de biomasa entre las parcelas tratadas y las no tratadas. Por lo tanto se puede deducir que la competencia causada por las malas hierbas no provoca una reducción de rendimiento significativa en el cultivo, lo cual permitiría extraer la conclusión de que la **competencia causada por las malas hierbas no justifica el tratamiento en tres de las cuatro fincas** en las que se midió la biomasa que fueron las que tenían **mayor cantidad de mala hierba**.

La finca **20** que ya se ha discutido que la que tenía mayor cantidad de alpiste es la que presenta **mayor reducción de biomasa** debida tratamiento estando esta reducción próximo al 25% y siendo **estadísticamente significativa** por lo tanto se puede deducir que en esta localidad **la competencia del causada por las malas hierbas podría justificar el tratamiento herbicida**.

En esta finca 20 aparecen **dos puntos** con un **valores próximos al 60%** los cuales corresponden ha resultado de biomasa fresca y seca de uno de los cinco split-plot de esa finca. El sistema de graficos boxplot considera, **fuera de rango** a aquellos que se desvían el percentil 25 o 75 más de una vez y media el ancho de la caja y por ese motivo están representados fuera de la caja. Lo mismo sería de aplicación al punto que hay por debajo de la caja en la cinta 17.

#### 4.4.- Estudio de la eficacia de los tratamientos

**Los tratamientos herbicidas** que se han realizado en las distintas parcelas, han tenido una **buena eficacia en general**, aunque con los datos que se han obtenido tras la aplicación del herbicida, la justificación de los tratamientos puede ser algo dudosa.

Para estar seguros del **efecto** que han tenido **sobre la población** de malas hierbas, durante la duración de la toma de datos, se han tomado **datos de densidad y de cobertura**, que nos indican la evolución tanto **del testigo tratado y del testigo no tratado**, para así poder **determinar la eficacia del tratamiento**.

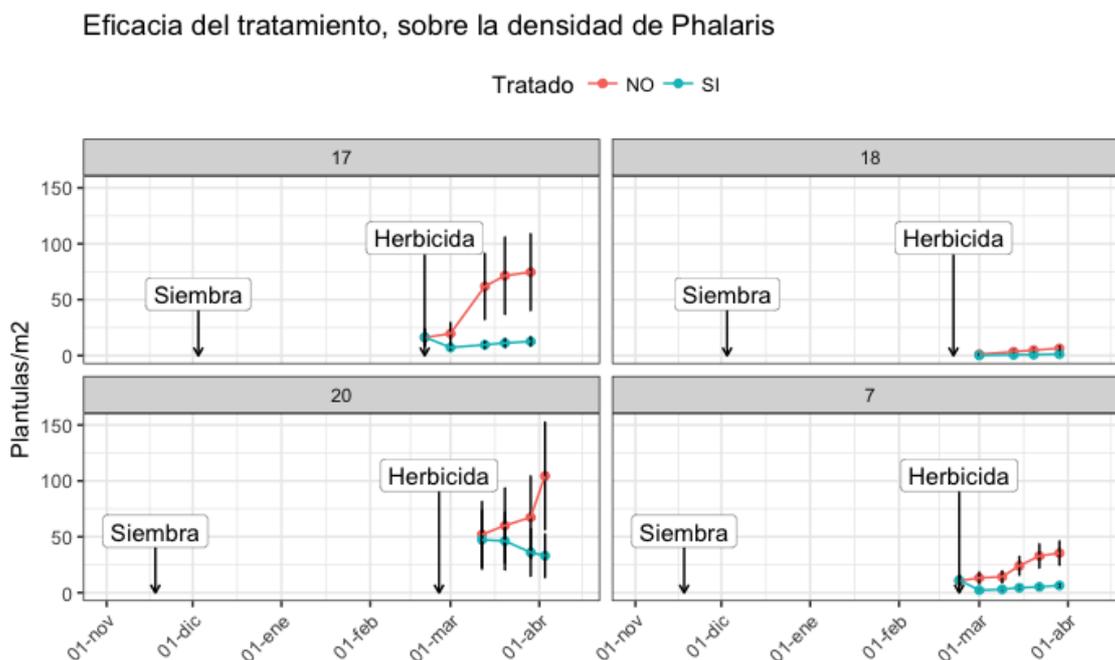
En las **parcelas con** infestación de **Phalaris**, (Figura 4.4.1), hay grandes **diferencias de densidad** entre unas parcelas y otras. Se puede observar el efecto del tratamiento sobre la densidad de la arvense. En las **parcelas 7, 17 y 20**, los **testigos no tratados, aumentan la densidad de Phalaris** paulatinamente, según avanza el año agrícola. Como se ha comentado anteriormente, y justificado mediante el estudio realizado en el jardín arvense de la ETSIA (Figura 4.1.2), la **nascencia de Phalaris no es escalonada, pero** hay que tener en cuenta, que en una parcela con un banco de semillas, es posible que no todas ellas encuentren las condiciones idóneas de germinación en el mismo momento, es por ello, que tenemos esta **nascencia escalonada en campo**, influenciadas seguramente **por los periodos de lluvia** que se han dado en la campaña agrícola.

La cantidad de **semillas** existentes **en el suelo, pueden determinar** en un estudio como el que hemos realizado **la eficacia de los herbicidas**. Se observa, que en todos los testigos tratados, **la densidad** de plantas de Phalaris, sigue **dos tendencias: disminución, o estabilidad**. Cuando la tendencia **tiende a disminuir** esta densidad, en **el testigo tratado la densidad crece**. El caso más representativo es la **parcela 17**, seguida de la **20**. En ambas parcelas la densidad de Phalaris en el testigo tratado disminuye, nunca alcanza el valor 0, pero va disminuyendo, por lo tanto se afirma la efectividad del tratamiento sobre la densidad de plantas. Un autor afirma que un herbicida, aplicado en las dosis recomendadas por el fabricante, tiene un 95% de eficacia, mientras que si se aplica el doble de la dosis (2x), ésta solo sube hasta el 98%, por lo que **no podemos buscar el 100% de efectividad de un herbicida en condiciones de campo** (Abbas *et al.*, 2017). En parcelas **donde la densidad** de Phalaris **no es tan elevada**, la tendencia, **en el testigo tratado** es la de **mantener la población**, pero se puede observar, que en el **testigo no tratado, también se mantiene**.

Tras el estudio del gráfico de la eficacia del tratamiento, se deduce, que **la eficacia sobre la densidad de Phalaris está justificada en 3 de las 4 parcelas estudiadas**.

Observando esta gráfica, y comparando con las dosis de herbicidas aplicadas por parte del agricultor Figura (4.5.2.), se puede deducir que **el agricultor es conecedor**, o tiene una idea, de la existencia **del banco de semillas** y de la composición de este en sus parcelas, puesto que, **no aplica** en todas las parcelas **la dosis comercial recomendada, a veces, es inferior** a lo recomendado, y consigue una **eficacia bastante aceptable**, puesto que la densidad de Phalaris no es elevada en testigos tratados.

Figura 4.4.1.- Eficacia del tratamiento sobre la densidad de Phalaris.

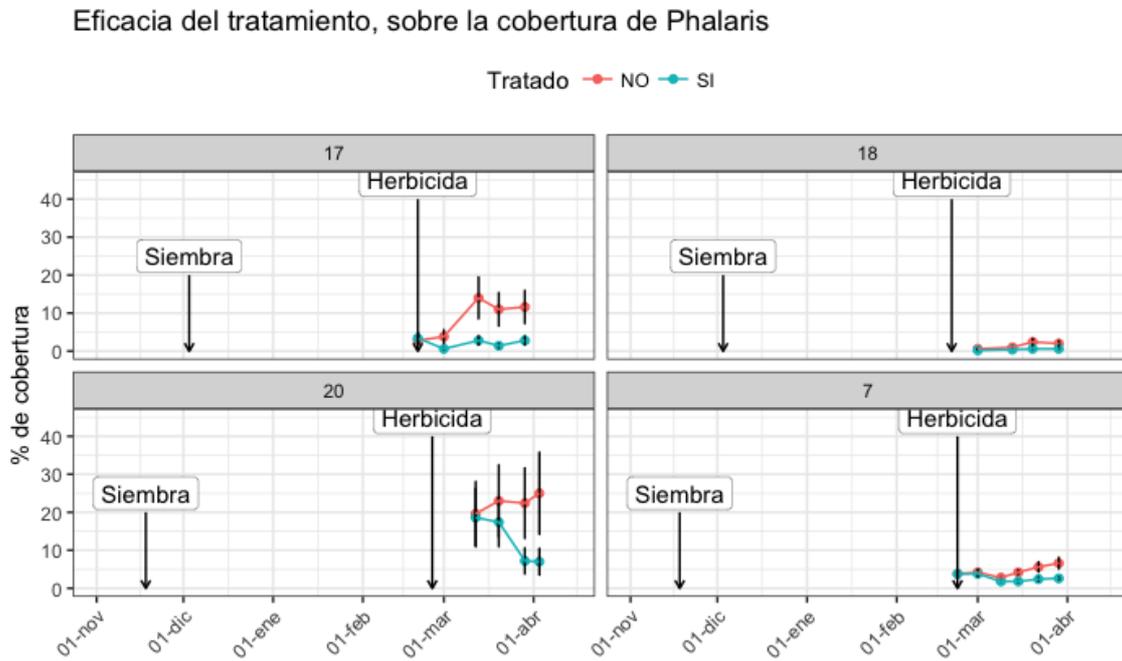


Al igual que la densidad, el **efecto del tratamiento** se puede comprobar en **la cobertura** de las arvenses sobre las parcelas en cuestión. En las parcelas infestadas de **Phalaris**, **la evolución de la cobertura, sigue la misma tendencia de la densidad**, aunque varía en cierto modo (Figura 4.4.2.).

Los tratamientos actúan de forma parecida sobre **la cobertura**, aunque esta en realidad, **depende del tipo de arvense y cultivo** se esté trabajando.

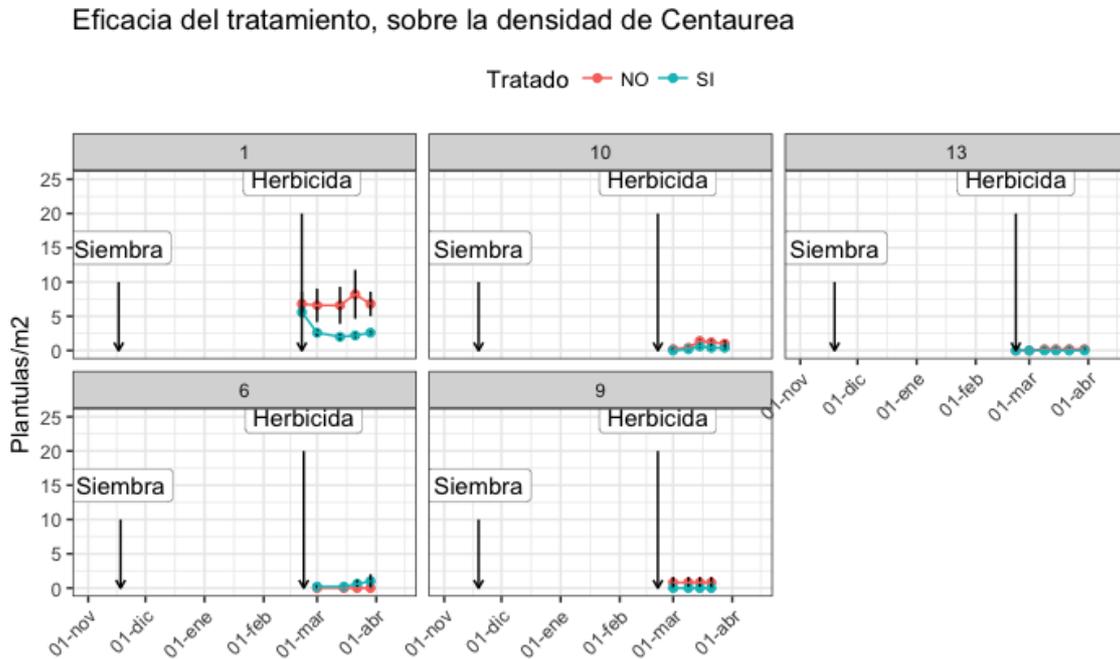
En el caso que se representa, **la cobertura de Phalaris en la parcela 17**, aumenta, hasta que **sufre un descenso en la segunda semana** después del tratamiento, esto es debido a la **evolución del cultivo sobre la arvense**, indica que aunque la **arvense está presente** como se puede observar en el gráfico de densidad, está por **debajo del cultivo**, como podemos ver en el gráfico de cobertura. Este puede ser un **efecto deseable** a la hora de tratar de **combatir a la flora arvense** presente en la parcela, puesto que no se le facilitan las cosas para que complete su desarrollo. En las demás parcelas, el desarrollo de la cobertura sigue la misma línea que el desarrollo de la densidad.

Figura 4.4.2.- Eficacia del tratamiento sobre la cobertura de Phalaris.



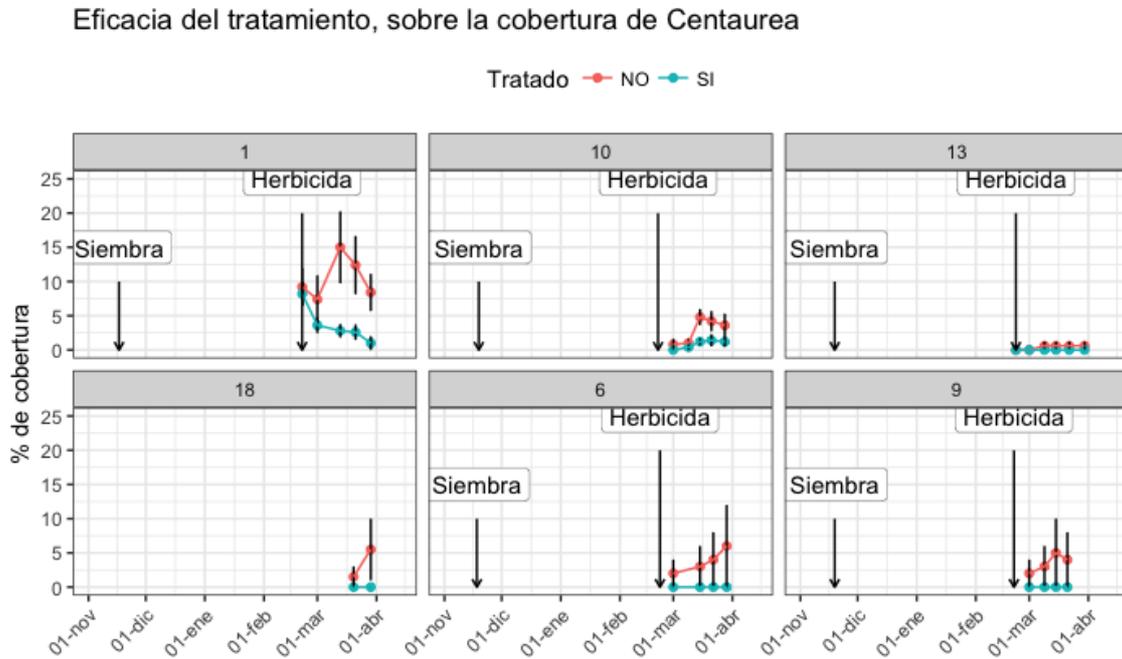
En el caso de **Centaurea** (Figura 4.4.3.), cuando se habla de **densidad**, y el **efecto del tratamiento** sobre esta, únicamente en **1 de las 5 parcelas** estudiadas, **el tratamiento está justificado** (parcela 1). Esto ocurre, porque en la parcela en la que **mayor infestación** encontramos, estamos hablando de unas **5 plantas por metro cuadrado**, algo que **estadísticamente no es justificable**, pero hay que tener en cuenta la estructura de la planta, y **valorar** muy seriamente el efecto sobre **la cobertura de la arvense**.

Figura 4.4.3.- Eficacia del tratamiento sobre la densidad de Centaurea.



Quando se observa el gráfico de la **eficacia sobre la cobertura en Centaurea, el tratamiento se justifica en 4 de 5 parcelas** estudiadas. Como se ha comentado anteriormente, **Centaurea** es una planta que tiene una **estructura aérea muy abundante**, en la cual densidades bajas de **5 plantas por metro cuadrado**, pueden suponer **grandes problemas**. La cobertura sufre modificaciones, según avanza el estado fenológico del cultivo y de la arvense. En los **estadios iniciales, la arvense ocupa una parte del suelo importante**, en el caso donde se ha podido desarrollar **la roseta**, por la dimensión de esta, y **donde no se ha desarrollado** (parcela 1) **por la densidad** de las plantas. Cuando el cultivo ha ejercido una fuerte **competencia, la cobertura de la arvense disminuye**, como se puede observar en la parcela 1. Cuando se desarrolla la roseta, la arvense ha ido ocupando terreno, hasta que esta ha quedado debajo del cultivo, por el ahijamiento de este.

Figura 4.4.4.- Eficacia del tratamiento sobre la cobertura de Centaurea.

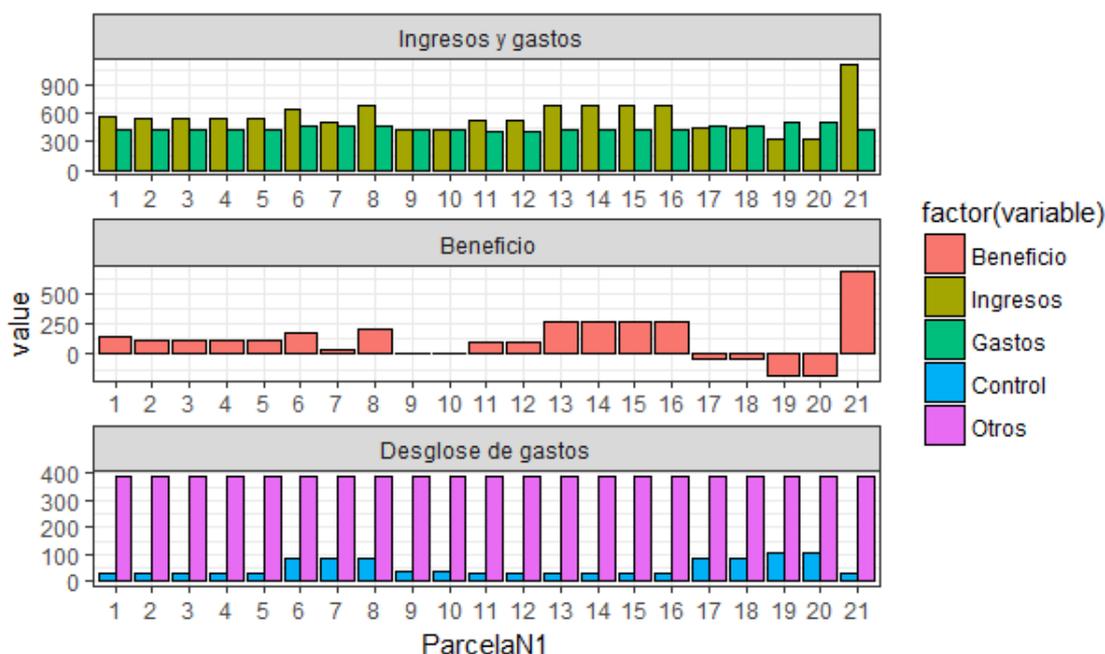


Se puede **afirmar** pues, que **la eficacia del tratamiento**, no únicamente **depende de la población** de malas hierbas que tengamos, sino también, **del tipo de malas hierbas** que tengamos, **y el desarrollo** de las mismas. En el caso de **Phalaris** en 3 de 4 parcelas el **tratamiento se justifica** gracias a la disminución de **densidad** que sufre el testigo tratado respecto al no tratado, mientras que en el caso de **Centaurea**, el tratamiento no se justifica con la densidad de la arvense en 4 de 5 fincas, sin embargo si **se justifica con la cobertura** que esta ejerce en el cultivo **en 4 de 5 fincas**.

#### 4.5.- Estudio de la rentabilidad económica

Mediante los datos obtenidos de **rendimiento** (Figura 4.3.1.) y la evolución de los **precios** obtenidos en el año 2017 (Figura 4.5.4) de trigo duro tipo 3, el cual ha sido la gran mayoría que ha obtenido el agricultor, se puede calcular los **ingresos por hectárea**. En el gráfico 4.5.1 se puede ver los ingresos por cosecha (ingresos en €/ha) obtenidos en cada finca, así como el coste del tratamiento herbicida.

Figura 4.5.1.- Rendimiento económico y desglose de gastos.



El **ingreso medio** por hectárea obtenido por el agricultor ha sido de **563 €/ha**, suponiendo que todo el trigo se haya vendido el 15 de julio, guiándonos por el precio de la lonja de Córdoba (Figura 4.5.4) indica que el precio del trigo es de 183 €/tn.

El **ingreso máximo** obtenido por hectárea ha sido de **1109,75 €/ha** en la **parcela 21**, y el ingreso **mínimo de 317,76 €/ha** en las **parcelas 19 y 20**.

El **gasto** que tiene a la hora de realizar las distintas **labores** que conlleva el cultivo de trigo blando, entre las que se encuentran: picado de restos del cultivo anterior, arado de la tierra, preparación del lecho de siembra, siembra, semillas, aplicaciones de herbicidas, aplicaciones de abono, aplicaciones de fungicidas, abonos, fungicidas, siega, porte del grano hasta el almacén y el abonado que nos indica el agricultor, con el fin de **llevar su cultivo a cosecha**, asciende a unos **395 €/ha de media**, contando con que todas las **labores** sean **realizadas** por una **empresa de servicios agrícolas**.

El **gasto** que se ha realizado en **herbicidas** (Figura 4.5.3) ha sido de **44,76 €/ha de media** con un **máximo de 101,18 €/ha** en las **parcelas 19 y 20** y un **mínimo de 24,72 €/ha** en la **parcela 21**.

El **beneficio medio** obtenido (ingresos-gastos) ha sido de **123,23 €/ha de media**, siendo el **mayor** beneficio alcanzado en la **parcela 21 con 690,03 €/ha**, y el **menor**, que han sido pérdidas, estas ascienden a **-178,42 €/ha** en las **parcelas 19 y 20**.

Se observa que generalmente, las **parcelas** en las que ha existido un **mayor gasto en herbicidas**, se ha obtenido un **menor rendimiento económico**.

Figura 4.5.2.- Dosis de los formulados aplicados a las distintas parcelas.

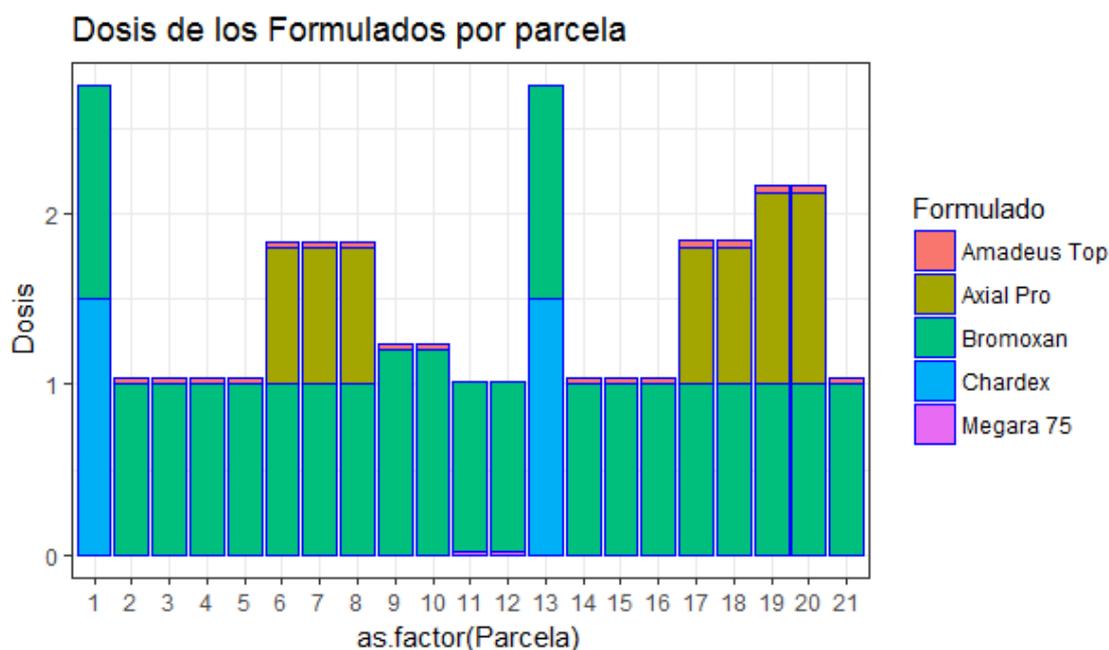


Figura 4.5.3.- Costes de los formulados aplicados en las distintas parcelas.

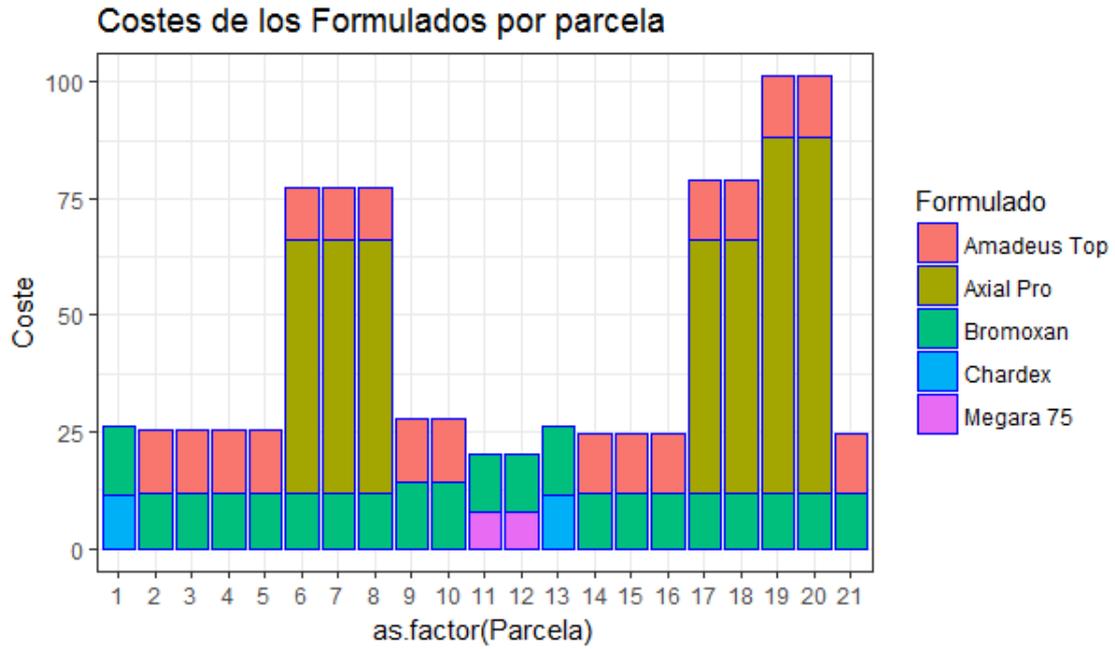
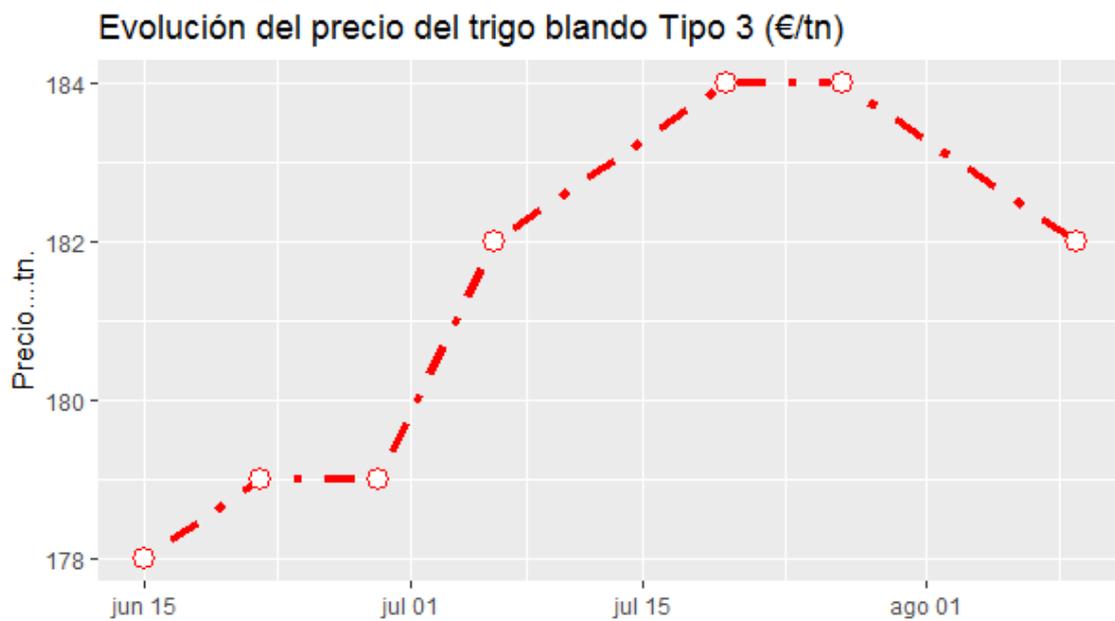


Figura 4.5.4.- Evolución del precio del trigo blando tipo 3 (ASAJA-Córdoba, 2017).



#### 4.6.- Influencia de factores no considerados anteriormente

En definitiva, los datos presentados hasta ahora, indican que el **tratamiento herbicida** estuvo **económicamente justificado**, únicamente en **1 de 21 parcelas**.

Un **análisis simple**, probablemente equivocado, es que el **agricultor no está actuando correctamente** en lo que se refiere al control de malas hierbas. Pero debe de tenerse presente, que el agricultor **es el principal interesado en no realizar gastos innecesarios**, particularmente en cultivos de esta tipología, que tienen un margen de beneficio por hectárea muy estrecho.

Por lo tanto se deben de contemplar algunas **consideraciones adicionales a la rentabilidad económica a corto plazo**, que justifiquen la actuación de este año. Entre estas consideraciones adicionales, se pueden incluir las siguientes:

- a) La predisposición del agricultor a **realizar un tratamiento herbicida generalista en el cultivo**, como si una actividad de mantenimiento general se tratase.
- b) **La dificultad de realizar una adecuada prospección**, por parte del agricultor, en pro del ahorro en herbicidas.
- c) **La variabilidad de los años**. La incertidumbre de la evolución del cultivo en el momento de la toma de decisiones, debido casi exclusivamente a la climatología en cultivos de secano.
- d) La **preocupación** del agricultor por la potencial **lluvia de semillas**. Un escape de malas hierbas puede ser un problema importante, en años venideros.

Estas cuatro **consideraciones, aparentemente son lógicas y compartidas por diversos agricultores consultados de la zona**.

Sin embargo, es probable que el agricultor **no tenga en consideración otras cuestiones como las siguientes**:

- a) Los **tratamientos como** actividad de **mantenimiento general** del cultivo pueden tener un **coste mayor al inicialmente contemplado**. Es decir, no se está teniendo en cuenta el **impacto ambiental** del tratamiento herbicida, ni las consecuencias agronómicas que supone una **presión de selección constante sobre la flora arvense**. Es decir, la **ausencia de tratamiento supone un ahorro económico probablemente pequeño**, pero tiene otros **beneficios adicionales**, de ellos el más fácilmente comprensible es la **prevención de las resistencias**.

- b) No existe costumbre de encargar a un **técnico competente, independiente de la venta de fitosanitarios**, la realización de una adecuada **prospección de malas hierbas** en las parcelas a tratar. Sin embargo este estudio demuestra que es una **opción muy rentable**.
  
- c) Respecto a la **lluvia de semillas**, suele ser un **riesgo sobrevalorado** particularmente en algunas especies cuya semilla tiene poca persistencia en el campo. Una **adecuada prospección** técnica debería **tener en cuenta este aspecto**, por ejemplo en el caso de Phalaris es conocido que la persistencia de la semilla es escasa, y en el caso de Centaurea los escasos datos disponibles demuestran que tampoco tiene una elevada persistencia.

En definitiva, el **correcto asesoramiento de un técnico independiente es necesario para una adecuada gestión de los problemas de malas hierbas** en agrosistemas como en el que se ha llevado a cabo este estudio.

## 5.- CONCLUSIONES



## 5.- Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir que:

5.1.- En la mayoría de las fincas estudiadas (16 de 21) las malas hierbas no eran un problema importante para el cultivo. Solo se han encontrado infestaciones importantes de Phalaris en 4 fincas y de Centaurea en 1.

5.2.- Los resultados de biomasa indican que solo hubo competencia significativa entre las malas hierbas y el cultivo en 1 de 21 fincas, por lo que no es esperable que el tratamiento herbicida se rentabilice en 20 de las 21 fincas, al menos a corto plazo.

5.3.- Todos los tratamientos herbicidas empleados han demostrado ser eficaces y selectivos. Los valores de densidad y cobertura de malas hierbas en las parcelas tratadas, cayeron drásticamente después de los tratamientos.

5.4.- Aunque los tratamientos fueron muy eficaces, en ningún caso se llegó a erradicar completamente la mala hierba. Es decir en todas las parcelas había plantas que sobrevivían al tratamiento, probablemente por su emergencia escalonada.

5.5.- No se deben extraer deducciones precipitadas a partir de estos resultados en el sentido de que puede que haya influido el año u otros factores adicionales que no se han tenido en cuenta. En todo caso sí deben de servir para reflexionar sobre la conveniencia de un correcto asesoramiento técnico independiente sobre el manejo de los problemas de malas hierbas.



## **6.- BIBLIOGRAFÍA**



## 6.- Bibliografía

Abbas, T. *et al.* (2016) 'Evaluation of Fenoxaprop-P-Ethyl Resistant Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor*) in Pakistan', *Planta Daninha*, 34(4), pp. 833–838. doi: 10.1590/s0100-83582016340400024.

Abbas, T. *et al.* (2017) 'Role of allelopathic crop mulches and reduced doses of tank-mixed herbicides in managing herbicide-resistant *Phalaris minor* ...', *Crop Protection*. Elsevier Ltd, (June). doi: 10.1016/j.cropro.2017.06.012.

ADAMA Cátedra (2017) *Cátedra ADAMA*. Available at: <http://www.adamacatedra.es/>.

Alcantara, C. *et al.* (2016) 'Centaurea diluta en Trigo Duro', *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera*, 2016, p. 16.

Alcantara, C., Jimenez-Hidalgo, M. J. and Saavedra, M. (2010) 'Responses of *Phalaris minor* Rezt. and *Phalaris brachystachys* Link to different levels of soil water availability', *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), pp. 1074–1083.

ASAJA-Córdoba (2017) *Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores*. Available at: <http://asajacordoba.es/contenidos/#>.

Bell, C. E. (1992) 'Littleseed canarygrass control in cereal grains', *Western Society of Weed Science. Salt Lake City. UT. USA.*, pp. 232–233.

Bir, S. S. and Shidu, M. (1979) 'Observations on the weed flora of cultivable lands in Punjab- wheat fields in Patiala District.', *New Botanist*, 6(2), pp. 79–89.

CAPYMA (2013) *Principales malas hierbas en el cultivo de trigo duro, Red de Alerta e Información Fitosanitaria*. Available at: [https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/minisites/raif/Fichas\\_Fitopatologicas/TRIGO DURO\\_MALASHIERBAS.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/minisites/raif/Fichas_Fitopatologicas/TRIGO DURO_MALASHIERBAS.pdf).

Carretero, J. L. (1986) 'Notas sobre flora botánica valenciana', *Flora Botánica Miscellanea*, 5, pp. 15–17.

Carretero, J. L. (2004) *Flora arvense española : las malas hierbas de los cultivos españoles*. [Valencia] : MV Phytoma-España. Available at: [http://encore.fama.us.es/iii/encore/record/C\\_\\_Rb1653430\\_SFlora arvense\\_Orightrresult\\_U\\_X6?lang=spi&suite=cobalt](http://encore.fama.us.es/iii/encore/record/C__Rb1653430_SFlora arvense_Orightrresult_U_X6?lang=spi&suite=cobalt) (Accessed: 31 August 2017).

Castañeda, M. *et al.* (2005) 'Dosis reducidas de clodinafop para el control del alpiste (*Phalaris paradoxa*) en trigo', *Malherbología ibérica y magrebí: soluciones comunes a problemas comunes*, pp. 461–466.

Castroviejo, S., Valdés-Bermejo, E. and Costa, M. (1980) 'Novedades Florísticas de Doñana', *Anales del jardín botánico de Madrid*.

Catherine, G., Afentouli, I. and Eleftherohorinos, G. (1996) 'Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor*) and Short-spiked Canarygrass (*Phalaris brachystachys*) Interference in Wheat and Barley', *Weedscience*, 44(3), pp. 560–565.

Catizone, P. and Viggiani, P. (1980) 'Un quadriennio di ricerche sulle Falaridi infestanti il grano', *Atti Giomate Fitopatolog*, 3, pp. 257–311.

Chhokar, R. S. *et al.* (2006) 'Evaluation of herbicides against *Phalaris minor* in wheat in north-western Indian plains', *Weed Research*. Blackwell Science Ltd, 46(1), pp. 40–49. doi: 10.1111/j.1365-3180.2006.00485.x.

Cudney, D. W. and Hill, J. E. (1979) 'The response of wheat grown with three population levels of canarygrass to various herbicide treatments', *Western Society of Weed Science. Salt Lake City. UT. USA.*, 32, pp. 55–56.

Damanakis, M. (Ministry of A. A. (Greece). B. P. I. (1983) 'Weed species in wheat fields of Greece-1982, 1983 survey', *Zizaniologia (Greece)*. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GR9400027#.WagriUOlwfg.mendeley> (Accessed: 31 August 2017).

Dellow, J. J. and Milne, B. R. (1986) 'Control of *Phalaris Paradoxa* in wheat.', *Australian Weeds*, 31, pp. 22–23.

Domínguez-Borrero, M. D. *et al.* (2015) 'Diversidad y Abundancia de semillas de malas hierbas en la cosecha de cereal en la baja Andalucía occidental', *XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, pp. 325–331. *European Plant Protection Organization* (2017). Available at: <https://gd.eppo.int/>.

Fuentes-García, M. *et al.* (2014) 'Ensayos agronómicos de trigo, girasol y olivar', *Agrupación cordobesa de agricultores*, 1, pp. 1–199.

Gonzalez-Barragán, M. I., Sombrero, A. and Benito, A. D. (2006) 'Control de plantas adventicias en Laboreo de Conservación en una región semiárida', *Agricultura de Conservación*, pp. 28–30.

*Herbario de la Universidad Pública de Navarra* (2017). Available at: <http://www.unavarra.es/herbario/index.htm>.

HYPPA (2001) *Unité de Malherbologie & Agronomie Weed Science & Agronomy INRA*. Available at: [https://www2.dijon.inra.fr/hyppa/hyppa-a/hyppa\\_a.htm](https://www2.dijon.inra.fr/hyppa/hyppa-a/hyppa_a.htm).

Lacasta, C. *et al.* (2007) 'Interacción de densidades de siembra de cebada y rotaciones de cultivo sobre el control de la flora arvense y el rendimiento del cultivo.', *Congreso 2007 de la Sociedad Española de Malherbología*, pp. 191–196.

Liebman, M. and Dyck, E. (1993) 'Crop rotation and intercropping strategies for weed management', *Ecological Applications*, 3(9), pp. 2–12.

*MalezappUS* (2016). Available at: <http://www.malezappus.es/>.

Mancebo, M. *et al.* (2007) 'Estudio de la Emergencia de malas hierbas gramíneas en cereales de invierno de Andalucía', *Congreso 2007 de la Sociedad Española de Malherbología*, 1, pp. 107–112.

Ortiz, R. *et al.* (2015) 'Malas hierbas preocupantes en España', *XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Sevilla 2015*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, pp. 497–503. Available at: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/32745> (Accessed: 31 August 2017).

Pérez-García, J. J. (2006) 'Malas hierbas gramíneas y su control en cereales de invierno', *Vida Rural*, pp. 48–50. doi: [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Vrural%2FVrural\\_2006\\_222\\_48\\_50.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2006_222_48_50.pdf).

Pujadas-Salvá, A. and Hernández-Bermejo, J. E. (1986) 'Contribución al conocimiento de la flora arvense y ruderal de Córdoba', *Lagascalía*, 14(2), pp. 203–225.

Rosa, F. J. and Urbano, J. M. (2015) 'Variedades de girasol resistentes a imazamox. Un ejemplo de manejo no sostenible de malas hierbas.', *Actas del congreso 2015 de la Sociedad Española de Malherbología.*, 81, pp. 513–520.

Saavedra, M. (1997) 'Centaurea diluta Aiton, Nueva infestante en cultivos herbáceos en Andalucía', *Congreso 1997 de la Sociedad Española de Malherbología*, 1, pp. 173–176.

Valdes, B., Talavera, S. and Fernández-Galiano, E. (2017) *Flora vascular*. Available at: <https://www.floravascular.com/index.php>.

Vázquez, F. M. and Guerra, M. J. (2008) 'Centaurea diluta Aiton', *Folia Botanica Extremadurensis*, 2, p. 87.

Zambrano-Navea, C., Bastida, F. and Gonzalez-Andujar, J. L. (2012) 'Herbicidal strategies to control Phalaris brachystachys in a wheat-sunflower rotation: a simulation approach', *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(4), pp. 1101–1106. doi: 10.5424/sjar/2012104-578-11.



## **7.- ANEXOS**



## **7.- Anexos**

### **7.1. Script de Gráficos en RStudio.**

## Script R de gráficos de emergencia. Figuras 4.1.1 y 4.1.3.

```

# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)
library(scales)

# Estableciendo el directorio de trabajo
setwd("C:/Users/usuario/Desktop/TFG/R/TFG17_JAGD_R")

# Carga de datos y verificación
DATOS<-read.csv2("TFG17_JAGD_9ago17.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0=subset(DATOS, select=c("Parcela", "PMPPR", "Punto", "Tratado", "FECHA", "Parametros", "valor"))
names(DATOS0)=c("Finca", "PMPPR", "Punto", "Tratado", "FECHA", "Parametros", "valor")

DATOS1=subset(DATOS0, valor>-1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

SBRA1=read.csv2("TFG_JAGD_SiembraFecha.csv",header=T, sep=";")

str(SBRA1)

SBRA1$Fecha_Siembra=as.character(SBRA1$Fecha_Siembra)
SBRA1$Fecha_Siembra1=as.Date(SBRA1$Fecha_Siembra, format = "%d/%m/%y")

SBRA1$Hbda_Fecha=as.character(SBRA1$Hbda_Fecha)
SBRA1$Hbda_Fecha1=as.Date(SBRA1$Hbda_Fecha, format = "%d/%m/%y")

#ggplot(DATOS1, aes(x=FECHA, y=valor, color=Parametros)) + geom_point(shape=1)

str(DATOS1)
DATOS1$FECHA1=as.Date(DATOS1$FECHA, format = "%d/%m/%y")
PLM2PHANT=subset(DATOS1, Parametros=="PL_m2_PHASS" & Tratado=="NO")
head(PLM2PHANT)

PLM2PHANTMN <- ddp1y(PLM2PHANT, c("Finca", "FECHA1"), summarise,
  N = length(valor),
  mean = mean(valor),
  sd = sd(valor),
  se = sd / sqrt(N)
)
head(PLM2PHANTMN)
str(PLM2PHANTMN)
PLM2PHANTMN$Finca=as.factor(PLM2PHANTMN$Finca)
PHALARIS1=ggplot(PLM2PHANTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Finca)) +
  geom_point() +
  geom_errorbar(aes(ymin=mean-se, ymax=mean+se), width=.1, position=position_dodge(0.1))+
  geom_line(aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Finca), position=position_dodge(0.1)) +
  ggtitle("Evolución de las emergencias de Phalaris en Parcelas testigo sin tratar") +
  ylab("Plantulas/m2") + xlab("") + theme_bw() +
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), limits=c(min(as.Date("2016-11-01")),
    max(as.Date("2017-04-14"))),
    breaks = date_breaks("month")) +
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

PHALARIS1

SBRAPHA=subset(SBRA1, MH=="PHA")
str(SBRAPHA)
PHALARIS2= PHALARIS1+ annotate("text", x = as.Date(SBRAPHA$Fecha_Siembra1),
  y = SBRAPHA$tmp1, label = as.character(SBRAPHA$Finca), angle=0, size=3,
  colour="black") +
  annotate("segment", x = as.Date(SBRAPHA$Fecha_Siembra1),
  y = SBRAPHA$tmp1-30, xend = as.Date(SBRAPHA$Fecha_Siembra1),
  yend = 0, arrow = arrow(length = unit(0.3, "cm")) +
  annotate("text", x = as.Date("2016-11-25"),
  y = 90, label = "SIEMBRA DEL CULTIVO", angle=0, size=3,
  colour="black")

PHALARIS2

PHALARIS3= PHALARIS2+ annotate("text", x = as.Date(SBRAPHA$Hbda_Fecha1),
  y = SBRAPHA$tmp1+30, label =paste("T-", as.character(SBRAPHA$Finca)), angle=0, size=2,
  colour="black") +
  annotate("segment", x = as.Date(SBRAPHA$Hbda_Fecha1),
  y = SBRAPHA$tmp1, xend = as.Date(SBRAPHA$Hbda_Fecha1),
  yend = 30, arrow = arrow(length = unit(0.3, "cm")))

PHALARIS3

PLM2CENNT=subset(DATOS1, Parametros=="PL_m2_CENDL" & Tratado=="NO")
head(PLM2CENNT)

PLM2CENNTMN <- ddp1y(PLM2CENNT, c("Finca", "FECHA1"), summarise,
  N = length(valor),
  mean = mean(valor),
  sd = sd(valor),
  se = sd / sqrt(N)
)
head(PLM2CENNTMN)
str(PLM2CENNTMN)
PLM2CENNTMN$Finca=as.factor(PLM2CENNTMN$Finca)
CENTAUREA1=ggplot(PLM2CENNTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Finca)) +
  geom_point() +
  geom_errorbar(aes(ymin=mean-se, ymax=mean+se), width=.1, position=position_dodge(0.1))+
  geom_line(aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Finca), position=position_dodge(0.1)) +
  ggtitle("Evolución de las emergencias de Centaurea en Parcelas testigo sin tratar") + ylab("Plantulas/m2") + xlab("")
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), limits=c(min(as.Date("2016-11-01")), max(as.Date("2017-04-14"))), breaks =
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

```

```

CENTAUREA1
SBRACEN=subset(SBRA1, MH=="CEN")
str(SBRACEN)
CENTAUREA2= CENTAUREA1+ annotate("text", x = as.Date(SBRACEN$Fecha_Siembral),
                                y = SBRACEN$tmp1-1, label =as.character(SBRACEN$Finca), angle=0, size=3,
                                colour="black") +
  annotate("segment", x = as.Date(SBRACEN$Fecha_Siembral),
             y = SBRACEN$tmp1/4, xend = as.Date(SBRACEN$Fecha_Siembral),
             yend = 0, arrow = arrow(length = unit(0.3, "cm")))) +
  annotate("text", x = as.Date("2016-11-25"),
             y = 10, label = "SIEMBRA DEL\ncULTIVO", angle=0, size=3,
             colour="black")

CENTAUREA2
CENTAUREA3= CENTAUREA2+ annotate("text", x = as.Date(SBRACEN$Hbda_Fecha1),
                                y = SBRACEN$tmp1+30, label =paste("T-", as.character(SBRACEN$Finca)), angle=0, size=2,
                                colour="black") +
  annotate("segment", x = as.Date(SBRACEN$Hbda_Fecha1),
             y = SBRACEN$tmp1, xend = as.Date(SBRACEN$Hbda_Fecha1),
             yend = 30, arrow = arrow(length = unit(0.3, "cm")))

CENTAUREA3
#DESARROLLO FENOLOGICO
DATOS2=subset(DATOS1, Tratado=="NO")
PHANT=subset(DATOS2, Finca=="7" | Finca=="17" | Finca=="18" | Finca=="20")

BBCH_PHANT=subset(PHANT, Parametros=="BBCH_MH" | Parametros=="BBCH_CULT")
head(BBCH_PHANT)

BBCH_PHANTMN <- dply(BBCH_PHANT, c("Finca", "FECHA1", "Parametros"), summarise,
                    N = length(valor),
                    mean = mean(valor),
                    sd = sd(valor),
                    se = sd / sqrt(N)
)
head(BBCH_PHANTMN)
str(BBCH_PHANTMN)
BBCH_PHANTMN$Finca=as.factor(BBCH_PHANTMN$Finca)
PHALARIS1=ggplot(BBCH_PHANTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, colour=Parametros)) +
  geom_point(stat="identity")+ geom_line(stat="identity")+
  scale_colour_manual(values=c("#000000", "#FF3300"),
                      name=" ",
                      breaks=c("BBCH_CULT", "BBCH_MH"),
                      labels=c("Cultivo", "Phalaris")) +
  ggtitle("Desarrollo fenológico de Phalaris (Parcelas testigo sin tratar)") + ylab("Estado fenológico") + xlab("") +
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), breaks = date_breaks("week")) +
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
  annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=11, yend=11, color="#FF0033") +
  annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=21, yend=21, color="#00FF00") +
  annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=31, yend=31, color="#0066CC") +
  annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=51, yend=51, color="#FFFF00") +
  annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=61, yend=61, color="#FF9900") +
  annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=71, yend=71, color="#999999") +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=5, label="EMERGENCIA", size=2.5) +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=15, label="HOJAS", size=2.5) +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=25, label="AHIJADO", size=2.5) +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=35, label="ENCAA·ADO", size=2.5) +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=55, label="FORMACION FLOR", size=2.5) +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=65, label="FLOR", size=2.5) +
  annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=75, label="FRUTO", size=2.5) +
  facet_wrap(~Finca)

PHALARIS1
#####
CENTNT=subset(DATOS2, Finca=="1" | Finca=="6" | Finca=="9" | Finca=="10" | Finca=="13")

BBCH_CENTNT=subset(CENTNT, Parametros=="BBCH_MH" | Parametros=="BBCH_CULT")
head(BBCH_CENTNT)

BBCH_CENTNTMN <- dply(BBCH_CENTNT, c("Finca", "FECHA1", "Parametros"), summarise,
                    N = length(valor),
                    mean = mean(valor),
                    sd = sd(valor),
                    se = sd / sqrt(N)
)
head(BBCH_CENTNTMN)
str(BBCH_CENTNTMN)
BBCH_CENTNTMN$Finca=as.factor(BBCH_CENTNTMN$Finca)
CENTAUREA1=ggplot(BBCH_CENTNTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, colour=Parametros)) +
  geom_point(stat="identity")+ geom_line(stat="identity")+
  scale_colour_manual(values=c("#000000", "#FF3300"),
                      name=" ",
                      breaks=c("BBCH_CULT", "BBCH_MH"),
                      labels=c("cultivo", "Centaurea")) +

```

```

ggtitle("Desarrollo fenológico de Centaurea (Parcelas testigo sin tratar)") + ylab("Estado fenológico") + xlab("")
scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), breaks = date_breaks("week")) +
theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=11, yend=11, color="#FF0033") +
annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=21, yend=21, color="#00FF00") +
annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=31, yend=31, color="#0066CC") +
annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=51, yend=51, color="#FFFF00") +
annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=61, yend=61, color="#FF9900") +
annotate("segment", x=as.Date("2017-02-14"), xend=as.Date("2017-04-15"), y=71, yend=71, color="#999999") +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=5, label="EMERGENCIA", size=2.5) +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=15, label="HOJAS", size=2.5) +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=25, label="AHIJADO", size=2.5) +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=35, label="ENCAJADO", size=2.5) +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=55, label="FORMACION FLOR", size=2.5) +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=65, label="FLOR", size=2.5) +
annotate("text", x=as.Date("2017-04-09"), y=75, label="FRUTO", size=2.5) +
facet_wrap(~Finca)

```

CENTAUREA1

### Script R de gráficos de reducción de biomasa Figura4.3.2.

```

# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)

# Estableciendo el directorio de trabajo (Adaptar)
setwd("~/EUITA/TFC/TFG17-JuanAntonioGarciaDomínguez")

# Carga de datos y verificación
# DATOS<-read.csv2(file.choose(),header=T, sep=";")

DATOS<-read.csv2("TFG17-JUANANTONIOGARCIADOMINGUEZ - LCP0.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0<-subset(DATOS, select=c("Parcela", "PMPPR", "Punto", "Tratado", "FECHA", "Parametros", "Valor"))

DATOS1<-subset(DATOS0, valor>-1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

ggplot(DATOS1, aes(x=FECHA, y=Valor, color=Parametros)) + geom_point(shape=1)

str(DATOS1)
DATOS1$FECHA1<-as.Date(DATOS1$FECHA, format = "%d/%m/%y") # correct lowercase y
DATOS1$Parcela1<-as.factor(DATOS1$Parcela)

PL_m2_PHASS<-subset(DATOS1, Parametros=="PL_m2_PHASS")
PL_m2_CENDL<-subset(DATOS1, Parametros=="PL_m2_CENDL")
COBER_PHASS<-subset(DATOS1, Parametros=="COBER_PHASS")
COBER_CENDL<-subset(DATOS1, Parametros=="COBER_CENDL")

str(PL_m2_PHASS)
levels(PL_m2_PHASS$Tratado)

plot_PHASS1<- ggplot(PL_m2_PHASS, aes(x=as.Date(FECHA1), y=Valor, group=FECHA1)) +
  geom_boxplot(aes(fill = interaction(Tratado), group = interaction(factor(FECHA1), Tratado)),
    position = position_dodge(width = 2)) + theme_bw() + scale_x_date(date_labels = "%b %d")+

  facet_wrap(~ Parcela1) + ggtitle("Densidad de PHASS en plantas/m2")
plot_PHASS1

plot_PHASS2<- ggplot(COBER_PHASS, aes(x=as.Date(FECHA1), y=Valor, group=FECHA1)) +
  geom_boxplot(aes(fill = interaction(Tratado), group = interaction(factor(FECHA1), Tratado)),
    position = position_dodge(width = 2)) + theme_bw() + scale_x_date(date_labels = "%b %d")+
  facet_wrap(~ Parcela1) + ggtitle("COBERTURA de PHASS (%)")
plot_PHASS2

plot_CENDL1<- ggplot(PL_m2_CENDL, aes(x=as.Date(FECHA1), y=Valor, group=FECHA1)) +
  geom_boxplot(aes(fill = interaction(Tratado), group = interaction(factor(FECHA1), Tratado)),
    position = position_dodge(width = 2)) + theme_bw() + scale_x_date(date_labels = "%b %d")+
  facet_wrap(~ Parcela1) + ggtitle("Densidad de CENDL en plantas/m2")
plot_CENDL1

plot_CENDL2<- ggplot(COBER_CENDL, aes(x=as.Date(FECHA1), y=Valor, group=FECHA1)) +
  geom_boxplot(aes(fill = interaction(Tratado), group = interaction(factor(FECHA1), Tratado)),
    position = position_dodge(width = 2)) + theme_bw() + scale_x_date(date_labels = "%b %d")+

  facet_wrap(~ Parcela1) + ggtitle("COBERTURA CENDL (%)")
plot_CENDL2

```

## Script R de gráficos de Rendimiento Figura 4.3.1.

```
# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)

# Estableciendo el directorio de trabajo (Adaptar)
setwd("C:\\Users\\usuario\\desktop\\TFG")
# Carga de datos y verificación
DATOS<-read.csv2(file.choose(),header=T, sep=";")

#DATOS<-read.csv2("TFG17-JUANANTONIOGARCIAIDOMINGUEZ - LCPO.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0=subset(DATOS, select=c("ParcelaN","Rendimiento..Kg.ha."))

DATOS1=subset(DATOS0, "Rendimiento..Kg.ha.">-1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

ggplot(DATOS1, aes(x=ParcelaN, y=Rendimiento..Kg.ha.)) +
  geom_bar(colour="red", stat="identity")+ ggtitle("Rendimientos por parcela")+ theme_bw()
```

## Script R de gráficos de eficacia de tratamientos Phalaris

```
# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)
library(scales)

# Estableciendo el directorio de trabajo (Adaptar)
setwd("/volumes/mac636993426/MH_Drive/MH/TFM17/TFG17_JUANANTONIOGARCIAIDOMINGUEZ/TFG17_JAGD_R")

# Carga de datos y verificación
DATOS<-read.csv2("TFG17_JAGD_9ago17.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0=subset(DATOS, select=c("ParcelaN","PMPPR","Punto","Tratado","FECHA","Parametros","Valor"))
names(DATOS0)=c("Finca","PMPPR","Punto","Tratado","FECHA","Parametros","Valor")

DATOS1=subset(DATOS0, valor>-1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

SBRA1=read.csv2("TFG_JAGD_SiembraFecha.csv",header=T, sep=";")

str(SBRA1)

SBRA1$Fecha_Siembra=as.character(SBRA1$Fecha_Siembra)
SBRA1$Fecha_Siembra1=as.Date(SBRA1$Fecha_Siembra, format = "%d/%m/%y")

SBRA1$Hbda_Fecha=as.character(SBRA1$Hbda_Fecha)
SBRA1$Hbda_Fecha1=as.Date(SBRA1$Hbda_Fecha, format = "%d/%m/%y")

#ggplot(DATOS1, aes(x=FECHA, y=valor, color=Parametros)) + geom_point(shape=1)

str(DATOS1)
DATOS1$FECHA1=as.Date(DATOS1$FECHA, format = "%d/%m/%y")
PLM2PHANT=subset(DATOS1, Parametros=="PL_m2_PHASS")
head(PLM2PHANT)

PLM2PHANTMN <- ddp1y(PLM2PHANT, c("Finca", "FECHA1", "Tratado"), summarise,
  N = length(valor),
  mean = mean(valor),
  sd = sd(valor),
  se = sd / sqrt(N)
)
head(PLM2PHANTMN)
str(PLM2PHANTMN)
PLM2PHANTMN$Finca=as.factor(PLM2PHANTMN$Finca)
SBRAPHA=subset(SBRA1, MH=="PHA")
str(SBRAPHA)
```

```

PHALARIS1=ggplot(PLM2PHANTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean)) +
  geom_point(aes(colour=Tratado)) +
  geom_errorbar(aes(ymin=mean-se, ymax=mean+se), width=.1, position=position_dodge(0.1))+
  geom_line(aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Tratado), position=position_dodge(0.1)) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembra1), xend= as.Date(Fecha_Siembra1),
    y = 50, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm"))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembra1), y = 55, label="Siembra"), label.size=0.1) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), xend= as.Date(Hbda_Fecha1),
    y = 100, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm"))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), y = 105, label="Herbicida"), label.size=0.1) +
  ggtitle("Eficacia del tratamiento, sobre la densidad de Phalaris") + ylab("Plantulas/m2") + xlab("") + theme_bw() +
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), limits=c(min(as.Date("2016-11-01")), max(as.Date("2017-04-14"))), breaks =
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
  facet_wrap(~Finca)

```

PHALARIS1

```
## COBERTURA
```

```

PLM2PHANT=subset(DATOS1, Parametros=="COBER_PHASS")
head(PLM2PHANT)

PLM2PHANTMN <- dplyr(PLM2PHANT, c("Finca", "FECHA1", "Tratado"), summarise,
  N = length(valor),
  mean = mean(valor),
  sd = sd(valor),
  se = sd / sqrt(N)
)
head(PLM2PHANTMN)
str(PLM2PHANTMN)
PLM2PHANTMN$Finca=as.factor(PLM2PHANTMN$Finca)
SBRAPHA=subset(SBRA1, MH=="PHA")
str(SBRAPHA)

```

```

PHALARIS1=ggplot(PLM2PHANTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean)) +
  geom_point(aes(colour=Tratado)) +
  geom_errorbar(aes(ymin=mean-se, ymax=mean+se), width=.1, position=position_dodge(0.1))+
  geom_line(aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Tratado), position=position_dodge(0.1)) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembra1), xend= as.Date(Fecha_Siembra1),
    y = 20, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm"))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembra1), y = 25, label="Siembra"), label.size=0.1) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), xend= as.Date(Hbda_Fecha1),
    y = 40, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm"))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), y = 45, label="Herbicida"), label.size=0.1) +
  ggtitle("Eficacia del tratamiento, sobre la cobertura de Phalaris") + ylab("% de cobertura") + xlab("") + theme_bw() +
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), limits=c(min(as.Date("2016-11-01")), max(as.Date("2017-04-14"))), breaks =
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
  facet_wrap(~Finca)

```

PHALARIS1

## Script R de gráficos de eficacia de tratamientos de Centaurea

```

# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)
library(scales)

# Estableciendo el directorio de trabajo (Adaptar)
setwd("/Volumes/mac636993426/MH_Drive/MH/TFM17/TFG17_JUANANTONIOGARCIADOMINGUEZ/TFG17_JAGD_R")

# Carga de datos y verificación
DATOS<-read.csv2("TFG17_JAGD_9ago17.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0=subset(DATOS, select=c("Parcela", "PMPPR", "Punto", "Tratado", "FECHA", "Parametros", "valor"))
names(DATOS0)=c("Finca", "PMPPR", "Punto", "Tratado", "FECHA", "Parametros", "valor")

DATOS1=subset(DATOS0, valor>=1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

SBRA1=read.csv2("TFG_JAGD_SiembraFecha.csv",header=T, sep=";")
str(SBRA1)

SBRA1$Fecha_Siembra=as.character(SBRA1$Fecha_Siembra)
SBRA1$Fecha_Siembra=as.Date(SBRA1$Fecha_Siembra, format = "%d/%m/%y")

SBRA1$Hbda_Fecha=as.character(SBRA1$Hbda_Fecha)
SBRA1$Hbda_Fecha=as.Date(SBRA1$Hbda_Fecha, format = "%d/%m/%y")

#ggplot(DATOS1, aes(x=FECHA, y=valor, color=Parametros)) + geom_point(shape=1)

```

```

str(DATOS1)
DATOS1$FECHA1=as.Date(DATOS1$FECHA, format = "%d/%m/%y")
PLM2PHANT=subset(DATOS1, Parametros=="PL_m2_CENDL")
head(PLM2PHANT)

PLM2PHANTMN <- ddpIy(PLM2PHANT, c("Finca", "FECHA1", "Tratado"), summarise,
  N = length(valor),
  mean = mean(valor),
  sd = sd(valor),
  se = sd / sqrt(N)
)
head(PLM2PHANTMN)
str(PLM2PHANTMN)
PLM2PHANTMN$Finca=as.factor(PLM2PHANTMN$Finca)
SBRAPHA=subset(SBRA1, MH=="CEN")
str(SBRAPHA)

PHALARIS1=ggplot(subset(PLM2PHANTMN, Finca=="1"|Finca=="6"|Finca=="9"|Finca=="10"|Finca=="13"),
  aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean)) +
  geom_point(aes(colour=Tratado)) +
  geom_errorbar(aes(ymin=mean-se, ymax=mean+se), width=.1, position=position_dodge(0.1))+
  geom_line(aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Tratado), position=position_dodge(0.1)) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembral), xend= as.Date(Fecha_Siembral),
    y = 10, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm")))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembral), y = 15, label="Siembra"), label.size=0.1) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), xend= as.Date(Hbda_Fecha1),
    y = 20, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm")))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), y = 25, label="Herbicida"), label.size=0.1) +
  ggtitle("Eficacia del tratamiento, sobre la densidad de Centaurea") + ylab("Plantulas/m2") + xlab("") + theme_bw() +
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), limits=c(min(as.Date("2016-11-01")), max(as.Date("2017-04-14"))), breaks =
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
  facet_wrap(~Finca)

PHALARIS1

## COBERTURA

PLM2PHANT=subset(DATOS1, Parametros=="COBER_CENDL")
head(PLM2PHANT)

PLM2PHANTMN <- ddpIy(PLM2PHANT, c("Finca", "FECHA1", "Tratado"), summarise,
  N = length(valor),
  mean = mean(valor),
  sd = sd(valor),
  se = sd / sqrt(N)
)
head(PLM2PHANTMN)
str(PLM2PHANTMN)
PLM2PHANTMN$Finca=as.factor(PLM2PHANTMN$Finca)
SBRAPHA=subset(SBRA1, MH=="CEN")
str(SBRAPHA)

PHALARIS1=ggplot(PLM2PHANTMN, aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean)) +
  geom_point(aes(colour=Tratado)) +
  geom_errorbar(aes(ymin=mean-se, ymax=mean+se), width=.1, position=position_dodge(0.1))+
  geom_line(aes(x=as.Date(FECHA1), y=mean, color=Tratado), position=position_dodge(0.1)) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembral), xend= as.Date(Fecha_Siembral),
    y = 10, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm")))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Fecha_Siembral), y = 15, label="Siembra"), label.size=0.1) +
  geom_segment(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), xend= as.Date(Hbda_Fecha1),
    y = 20, yend = 0), arrow = arrow(length = unit(0.15, "cm")))) +
  geom_label(data=SBRAPHA, aes(x= as.Date(Hbda_Fecha1), y = 25, label="Herbicida"), label.size=0.1) +
  ggtitle("Eficacia del tratamiento, sobre la cobertura de Centaurea") + ylab("% de cobertura") + xlab("") + theme_bw() +
  scale_x_date(labels = date_format("%d-%b"), limits=c(min(as.Date("2016-11-01")), max(as.Date("2017-04-14"))), breaks =
  theme(legend.position="top", axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)) +
  facet_wrap(~Finca)

PHALARIS1

```

## Script R de gráficos de rentabilidad económica Figura 4.5.1.

```

# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)

setwd("/Volumes/mac636993426/MH_Drive/MH/TFM17/TFG17_JUANANTONIOGARCIA DOMINGUEZ/TFG17_JAGD_R")

DATOS=read.csv2(file.choose(),header=T, sep=";")
head(DATOS)
str(DATOS)
#edit(DATOS)
DATOS$ParcelaN1=as.factor(DATOS$ParcelaN)
DATOS$Control=DATOS$Gastos.herbicidas+8
DATOS$Otros=DATOS$Gastos.labores-8
DATOS$Beneficio=DATOS$beneficio
DATOS$Gastos=DATOS$Control+DATOS$Otros

DATOSN=subset(DATOS, select=c("ParcelaN1", "Beneficio", "Ingresos", "Gastos", "Control", "Otros"))

BENEFICIO=subset(DATOS, select=c("ParcelaN1", "Beneficio"))
GASTOSINGRESOS=subset(DATOS, select=c("ParcelaN1", "Ingresos", "Gastos"))
GASTOS=subset(DATOS, select=c("ParcelaN1", "Control", "Otros"))

GASTOS2=melt(GASTOS, id=c("ParcelaN1"))
head(GASTOS2)

head(DATOS1)
DATOSN2=melt(DATOSN, id=c("ParcelaN1"))
head(DATOSN2)
DATOSN2$POS=ifelse(DATOSN2$variable=="Beneficio", "Beneficio",
                  ifelse(DATOSN2$variable=="Ingresos"|DATOSN2$variable=="Gastos",
                        "Ingresos y gastos", "Desglose de gastos"))
head(DATOSN2)

PLOT1=ggplot(DATOSN2, aes(x=ParcelaN1, y=value, fill=factor(variable),grouping(POS))) +
  geom_bar(stat="identity", position=position_dodge(),colour="black") +
  theme_bw() + facet_wrap(~POS, ncol=1, scales="free")

PLOT1

```

## Script R de gráficos de formulados Figuras 4.5.2. y 4.5.3.

```

# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)

# Estableciendo el directorio de trabajo (Adaptar)
setwd("C:\\Users\\usuario\\Desktop\\TFG")
# Carga de datos y verificación
DATOS<-read.csv2(file.choose(),header=T, sep=";")

#DATOS<-read.csv2("TFG17-JUANANTONIOGARCIA DOMINGUEZ - LCPO.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0=subset(DATOS, select=c("Parcela", "Formulado", "Dosis", "Precio", "Coste"))

DATOS1=subset(DATOS0, Coste>-1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

ggplot(DATOS1, aes(x=Parcela, y=Coste, fill=Formulado)) +
  geom_bar(colour="blue", stat="identity")+ ggtitle("Costes de los Formulados por parcela")

ggplot(DATOS1, aes(x=Parcela, y=Dosis, fill=Formulado)) +
  geom_bar(colour="blue", stat="identity")+ ggtitle("Dosis de los Formulados por parcela")
  + xlab("Dosis (L/ha ó Kg/ha)")

```

## Script R de gráficos de evolución de precios Figura 4.5.4.

```
# Cargando librerías
library(ggplot2)
library(reshape2)
library(plyr)

# Estableciendo el directorio de trabajo (Adaptar)
setwd("C:\\Users\\usuario\\desktop\\TFG")
# Carga de datos y verificación
DATOS<-read.csv2(file.choose(),header=T, sep=";")

#DATOS<-read.csv2("TFG17-JUANANTONIOGARCIA DOMINGUEZ - LCPO.csv",header=T, sep=";")
head(DATOS)
nrow(DATOS)
DATOS0=subset(DATOS, select=c("Fecha", "Precio...tn."))

DATOS1=subset(DATOS0, Precio...tn.>-1)
nrow(DATOS1)
head(DATOS1)

str(DATOS1)
DATOS1$Fecha=as.Date(DATOS1$Fecha, format = "%d/%m/%y") # correct lowercase y

ggplot(data=DATOS1, aes(x=Fecha, y=Precio...tn., group=1)) +
  geom_line(colour="red", linetype="dotted", size=1.5) +
  geom_point(colour="red", size=4, shape=21, fill="white") +
  ggtitle("Evolución del precio del trigo blando Tipo 3 (??/tn)") +
  xlab("")
```