RedFAra

Red Fitosanitaria de Aragón

ENSAYO DETECCIÓN DE RESISTENCIAS EN POBLACIONES de *Lolium rigidum* EN CEREAL DE INVIERNO DE ARAGÓN

1. INTRODUCCIÓN

Debido a los problemas de eficacias de herbicidas en poblaciones de vallico en diferentes zonas cerealistas de Aragón se plantea saber si estos fallos son debidos a resistencia o a mal uso de los herbicidas.

2. OBJETIVOS

Los objetivos del estudio fueron confirmar si las poblaciones de *Lolium rigidum* son resistentes a los herbicidas utilizados normalmente y conocer alternativas de manejo químico en cereal de invierno.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

a. MATERIAL VEGETAL

Las semillas de las poblaciones de vallico utilizadas en el ensayo (Tabla 1) fueron recogidas o cedidas por los técnicos, al final de la campaña de cereal de 2017-2018 cuando estas estaban maduras (Imagen 1), pocos días antes de la cosecha del cereal. Para ello, se recorrió la parcela o una parte de la parcela de manera aleatoriamente o en zig-zag (Imagen2), según la forma de esta y se fueron recogiendo las semillas que se desprendían del fruto y se mezclaron todas las semillas en una bolsa de papel. Todas las semillas de poblaciones susceptibles de ser resistentes provenían de parcelas en las que, durante al menos dos años, los tratamientos herbicidas no habían sido efectivos. En total se cuenta con 11 poblaciones de vallico proveniente de distintas localidades de Aragón. Se incorporó una población resistente a herbicidas fop y dim de Aragón (L17) y otra resistente a ALS y ACC proveniente de Cataluña (L16). Se utilizó una población sensible proveniente de una zona en la que, en principio, no había recibido tratamientos herbicidas de Aragón (L11).

Imágenes 1 y 2. Detalle del estado de madurez las inflorescencias de *Lolium rigidum* y ejemplo de recorrido para recoger semilla en las parcelas de estudio.

Las semillas se mantuvieron en una nevera a 4 ºC hasta su siembra. Una prueba previa de germinación nos ayudó a determinar el porcentaje de germinación de cada población para que se sembraran las suficientes semillas para asegurar que en cada maceta quedaran dos plántulas. En este proceso se descartó una población porque no hubo ninguna germinación.

Tecnología Agroalimentaria de Aragón

Tabla 1. Localidad, cultivo y tratamientos recibidos de las parcelas donde se recogieron las poblaciones de vallico.

Población	localidad	Cultivo	Tratamientos recibidos	Control	Aplicación
L1	Sádaba	cebada	18: ESTACA diflufenican+ iodosulfuron+florasulam 17, otros: AXIAL pinoxaden	18: malo 17: malo	postemergencia
L2	Ejea de los Caballeros	Trigo	18: POLARPEC prosulfocarp 80% + MOHICAN diflufenican; Otros años: TRAXOS clodinafop-propanil+pinoxaden	16, 17 ,18: malo	preemergencia postemergencia
L3	Tauste	4-5 años cereal	18: POLARPEC: prosulfocarp 80% + diclofop	17, 18: malo	preemergencia postemergencia
L4	Tauste	4-5 años cereal	18: HUSSAR: IODOSULFURON+ MESOSULFURON	17, 18: malo	postemergencia
L5	Pozán de Vero	3 años cebada+1 trigo+1 haba/guisante	18: prosulfocarb+ diflufenican 17: Axial pinoxaden 16:diclofop	18: se escapan 17: malo 16: malo	preemergencia
L6	Abiego, Paraje la Sierra	Cebada	18: no tratada 17 AXIAL pinoxaden 16,15 HUSSAR iodosulfuron + mesosulfuron	17: muy malo 16: malo 15:bueno	
L8	Rueda de la Sierra	3 años cereal, 1 girasol	18: iodosulfuron, floraxsulam+difufenican 16,17: diclofop Antes con clorsulfuron (Glean)	18: malo 16, 17: bueno Antes: malo	
L9	Cubillero de la sierra	Cereal+ barbecho+ cereal o girasol	18: GANATER iodosulfuron+florasulam+diflufenican 17: barbecho 16: Pearly prosulfocarb	18: mal control 17: barbecho 16: buen control	
L10	HUESCA. **Sin información**				
L12	Fraga	cebada	18: prosulfocarb 80% + Pinoxaden 17: Pinoxaden 16: Pinoxaden.	18: Satisfactorio pero alguna zona se escapa; 17: nulo control 16: regular	preemergencia postemergencia tardía
L13	Anchuela de Campo		18: GANATOR florasulan+diflufenican+iodosulfuron 17: ASESOR PRO Diflufenican 2,5% p/v. Clortoluron 40% **DESCARTADA POR NO GERMINAR**	18: malo 17: malo	
L14	Gurrea de Gállego	Guisante, cebada, cebada, guisante	18: centurión plus (cletodim 12%) dos aplicaciones 17: axial pro pinoxaden 16: axial pro pinoxaden 15: centurión plus (cletodim 12%)	18: mal control 17: mal control 16: mal control 15: mal control	

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

b. DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo se llevó a cabo en los invernaderos del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentario de Aragón (CITA) localizados en Zaragoza durante los meses de enero a mayo de 2019. El 14 de enero se sembraron las semillas necesarias en un total de 6 macetas (7 x 7 x 8 cm) por población (Imágenes 3 y 4). Se incorporó un testigo sin tratar de cada población común a todos los tratamientos. A medida que fueron germinando se escardó para dejar sólo 2 plántulas en cada una de ellas. Las macetas se rellenar con sustrato hortícola. El ensayo se instaló en invernadero sin climatización en el mes de enero. El riego se realiza manualmente a medida cuando era necesario. Los porcentajes de germinación fueron, finalmente, más elevados que en el test previo y hubo que aclarar varias veces a medida que iban germinando las semillas.

Imágenes 3 y 4. Siembra de las semillas de las poblaciones de vallico y detalle del número de semillas de una población.

c. TRATAMIENTOS

Se realizaron los correspondientes tratamientos herbicidas en premergencia (PRE), post emergencia temprana (POST I) (1 hoja) y postemergencia tardía (POST II) (4 hojas) de la mala hierba (Tabla 2). Se aplicaron un total de 4 herbicidas en PRE, 4 en POST I y 4 en POST II. El criterio de elección de estos productos fue, por un lado, los herbicidas que habían sido utilizados reiteradamente donde se recogió la semilla, herbicidas utilizados en las zonas de muestreo y herbicidas eficaces para el control de vallico resistente según las casas comerciales. Los herbicidas se aplicaron mediante un pulverizador a presión fija de 2 bares con boquillas Teejet® XR 110 dando un caldo de 300 l/ha (Imagen 5).

Los tratamientos de PRE se aplicaron 3 días después de la siembra (DDS). Los tratamientos de POST I, a los 17 DDS y los tratamientos de POST II a los 31 DDS.

Las 14 poblaciones para los 12 tratamientos, incluyendo el testigo sin tratar, con 6 repeticiones por tratamiento se distribuyeron de manera aleatoria en el invernadero agrupadas por tratamientos en PRE, POST I y POST II.

Centro de Investigación y Tecnología

Imagen 5. Detalle del pulverizador en fijo y de una de las bandejas con las poblaciones a tratar.

Para los tratamientos de PRE se realizaron tres conteos a los 7, 15 y 30 días después del tratamiento (DDT). La supervivencia (nº de emergencias) se comparó con el testigo sin tratar. Además, se obtuvo un valor de fitotoxicidad que nos ayuda a saber cómo está la planta en el caso de que no esté muerta.

Para los tratamientos de POST I y POST II se obtuvieron los mismos datos pero a los 30 DDT. Al final del ensayo se cortaron todas las plantas y se secaron en estufa a 60 ºC para obtener la materia seca (datos aún en proceso). Se dio un valor de fitotoxicidad del herbicida sobre la planta. El valor 0 corresponde a planta intacta y el valor 10 a planta muerta.

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

Tabla 2. Materia activa, nombre comercial, momento y fecha de aplicación y dosis aplicada para cada uno de los tratamientos herbicidas realizados para el ensayo de vallico resistente en invernadero.

Materia activa	NOMBRE COMERCIAL	MOMENTO APLICACIÓN	FECHA APLICACIÓN	DOSIS (l/ha)
Clortoluron 50%	ERTURON BASF	Preemergencia	18 enero	2,5
Prosulfocarb 80%	AUROS 80 Syngenta			4
(Diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%)	LIBERATOR + HARPO-Z Bayer			0,6 + 2,5
Clorsulfuron 75%	GLEAN 75 PX FMC			20 g/ha
Iodosulfuron-metil-sodio 5% + mesosulfuron-metil 0,75%	HUSSAR PLUS BAYER	Postemergencia temprana	1 febrero	0,18
Pinoxaden 6%	AXIAL PRO Syngenta			0,75
Diclofop 36%	FOLMETOR Trade Corp.			1,75
Clodinafop-propargil 3% +Pinoxaden 3%	TRAXOS PRO Syngenta			1
Iodosulfuron-metil-sodio 5% + mesosulfuron-metil 0,75%	HUSSAR PLUS BAYER	Postemergencia tardía	14 febrero	0,18
Pinoxaden 6%	AXIAL PRO Syngenta			0,75
Diclofop 36%	FOLMETOR Trade Corp.			1,75
Clodinafop-propargil 3% +Pinoxaden 3%	TRAXOS PRO Syngenta			1

ntaria de Aragón

4. RESULTADOS

Tratamientos herbicidas en preemergencia

Si agrupamos los resultados de los tratamientos por tratamiento (Figura 1) vemos que sólo el tratamiento 2, a base de prosulfocarb 80% (Imagen 6), y el tratamiento 3, mezcla de (diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%), obtuvieron en todos los casos algo de eficacia en comparación con el testigo sin tratar. Los tratamientos 1, a base de clortoluron 50%, y 4, a base de clorsulfuron 75% (Imagen 7), fueron muy poco efectivos y en pocas poblaciones.

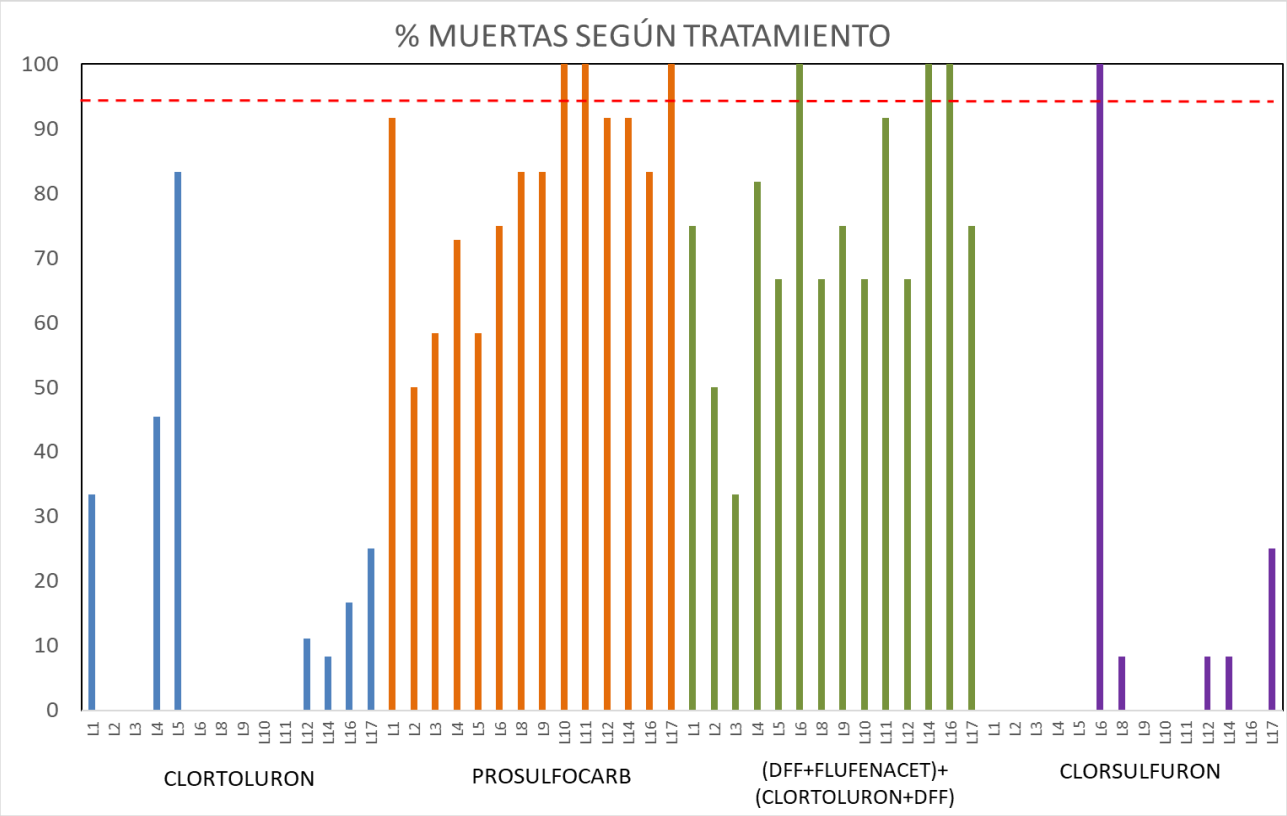
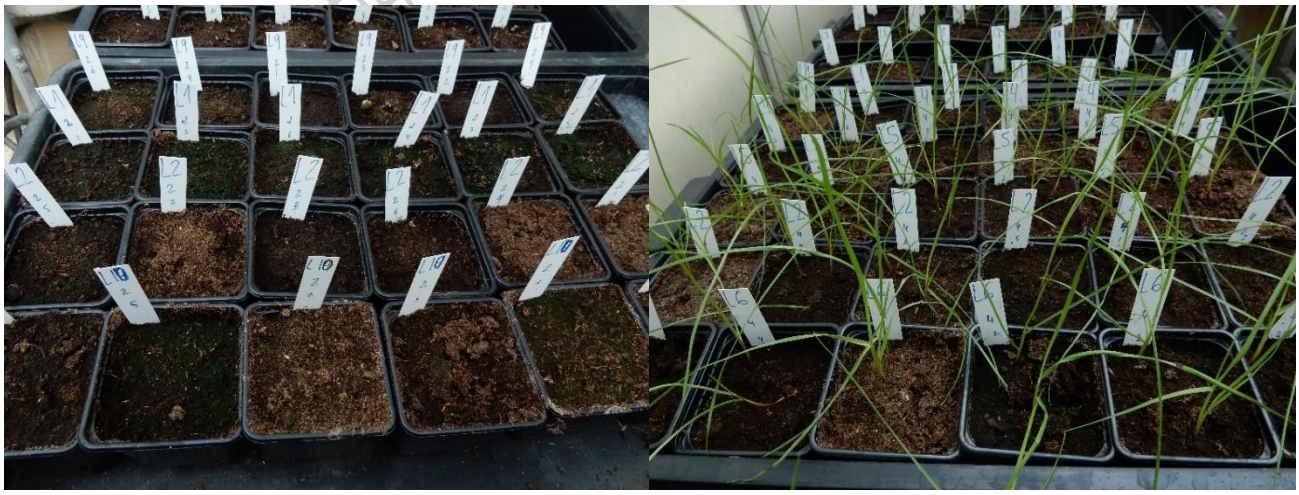


Figura 1. Eficacia (%) frente al testigo de los distintos tratamientos herbicidas en preemergencia agrupados por materia activa.



Imágenes 6 y 7. Detalle de varias poblaciones tratadas con prosulfocarb 80% (izda.) y con clorsulfuron 75% (dcha.) a los 30 días después del tratamiento.

Si analizamos las poblaciones por separado (Figura 2), vemos que a la **Población L1** el tratamiento que más le ha afectado es prosulfocarb llegando casi al 95% de eficacia. Con menor eficacia tenemos la mezcla de

(diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%) que ha conseguido matar al 75% de las plantas de vallico con respecto al testigo sin tratar. El tratamiento con clorsulfuron no mató ningún individuo de todas las repeticiones. Por lo que si se recurre al tratamiento químico debería utilizarse sólo el prosulfocarb ya que sino, seguirá generándose semilla de vallico año tras año.

La **Población L2** es la que menos individuos muertos ha tenido de todas las poblaciones, sólo los tratamientos 2 (prosulfocarb) y 3 ((diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%)) han conseguido matar plántulas de vallico pero en un 50% de eficacia, los otros dos tratamientos no mataron ningún individuo (Imagen 8) por lo que la parcela que tiene esta población de vallico no podrá eliminar el problema que tiene con ninguno de estos productos.

Imagen 8. Detalle del aspecto de las plantas de vallico de una población al final del ensayo donde se aprecia que prácticamente todas las plantas están vivas tras el tratamiento.

La **Población L3** ha tenido una respuesta similar a la Población L2, en este caso el prosulfocarb obtuvo una eficacia del 60%, pero no son eficacias buenas para recomendar un tratamiento químico ya que quedan demasiados individuos vivos que generarán semilla al final del ciclo (Imagen 9).

Centro de Investigación y Tec

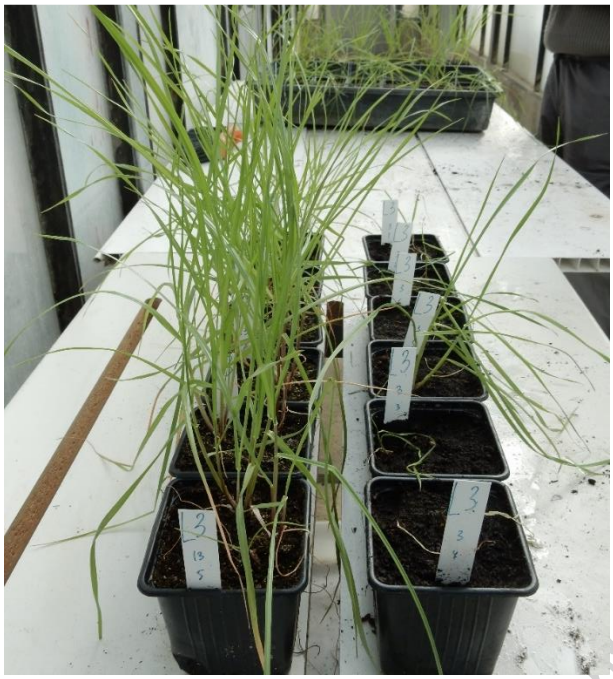


Imagen 9. Población con una mortalidad intermedia al prosulfocarb frente al testigo sin tratar (fila de macetas izda.)

Ningún tratamiento obtuvo una buena eficacia contra las **Poblaciones L4 y L5,** en el caso de la mezcla (diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%) la eficacia asciende al 85% para la Población L4 y el clortoluron alrededor del 75% pero estas cifras no son aceptables cuando hablamos de eficacias de tratamientos herbicidas.

La **Población L6** ha tenido menor presión de estas materias activas por eso las eficacias han sido mayores. En el caso de la mezcla (diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%)y del clorsulfuron han conseguido matar todas las plántulas de vallico. La m.a. prosulfocarb no superó el 75% de plantas muertas con respecto al testigo.

Ningún tratamiento obtuvo una eficacia lo suficientemente buena contra la **Población L8.** En el caso del prosulfocarb, se llegó al 85% pero no es suficiente para recomendar un tratamiento en esta parcela. El clorsulfuron no obtuvo ni el 10% de eficacia frente al testigo sin desherbar. La **Población L9** se comporta de manera similar a la Población 8. Algo similar ocurre en la **Población L10** donde clortoluron y clorsulfuron no consiguieron matar ninguna plántula de vallico pero en este caso prosulfocarb eliminó el 100% de las plántulas.

En la **Población L12** vemos que la m.a. que obtuvo una mayor eficacia fue el prosulfocarb pero no llego al 95% de eficacia frente al testigo. En cambio, en la **Población L14** murieron el 100% de los individuos con la mezcla (diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%) y le sigue el prosulfocarb con una eficacia cercana al 95%.

Hemos podido comprobar que la población sensible (**Población L11**) realmente solo ha sido sensible a los tratamientos con prosulfocarb y algo sensible a la mezcla (diflufenican 10% + flufenacet 40%) + (Clortoluron 40% + diflufenican 2,5%).

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

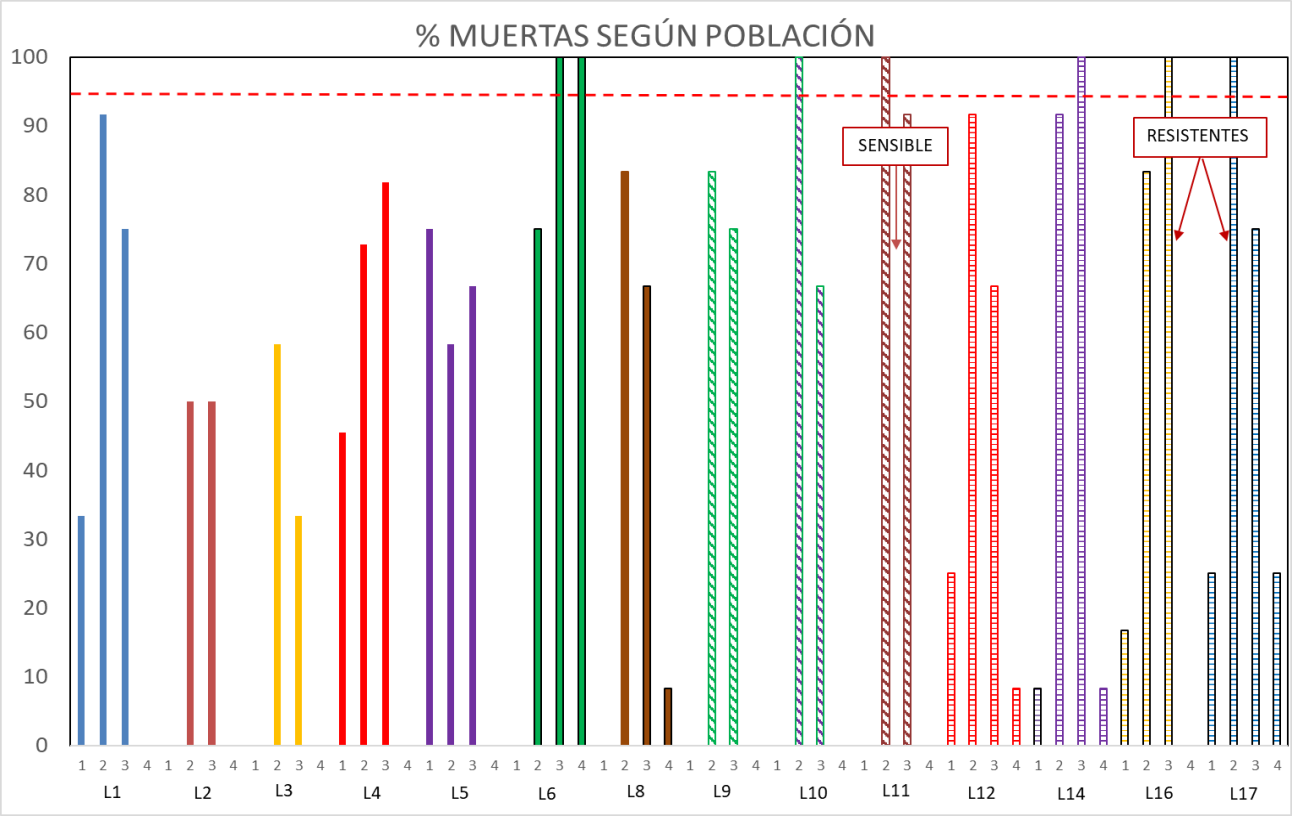


Figura 2. Eficacia (%) frente al testigo de los distintos tratamientos herbicidas en preemergencia agrupados por población.

El valor de fitotoxicidad (Figura 3) nos ayuda a interpretar como estaban las plántulas en los momentos de conteo, como le ha afectado el herbicida. En alguna población murieron todos los individuos y era claro el efecto del herbicida, pero en otras el efecto no había sido tan claro, **las plántulas estaban vivas pero dañadas** (Imagen 10). Sobre estas poblaciones es donde **podemos tener dudas de la eficacia del herbicida ya que si nos encontramos estas plántulas dañadas pero no muertas en campo, en competencia con el cultivo, podríamos pensar que la algunas de ellas morirían y, por lo tanto, el porcentaje de eficacia sería mayor en realidad.** Estas poblaciones 'dudosas' son la **L2** o la **L4**, entre otras.

Centro de Investigación y Tecnología Agro

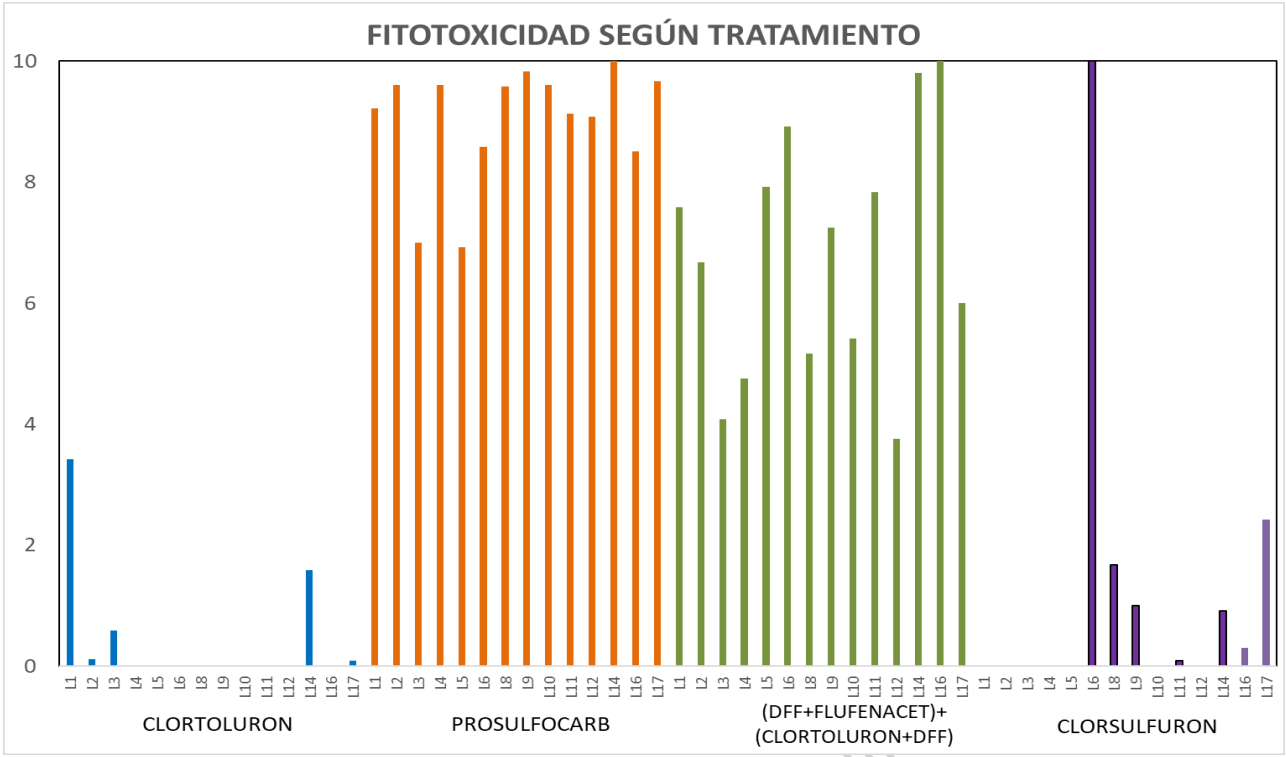


Figura 3. Fitotoxicidad (valores del 0 al 10) de las poblaciones agrupada por materia activa.

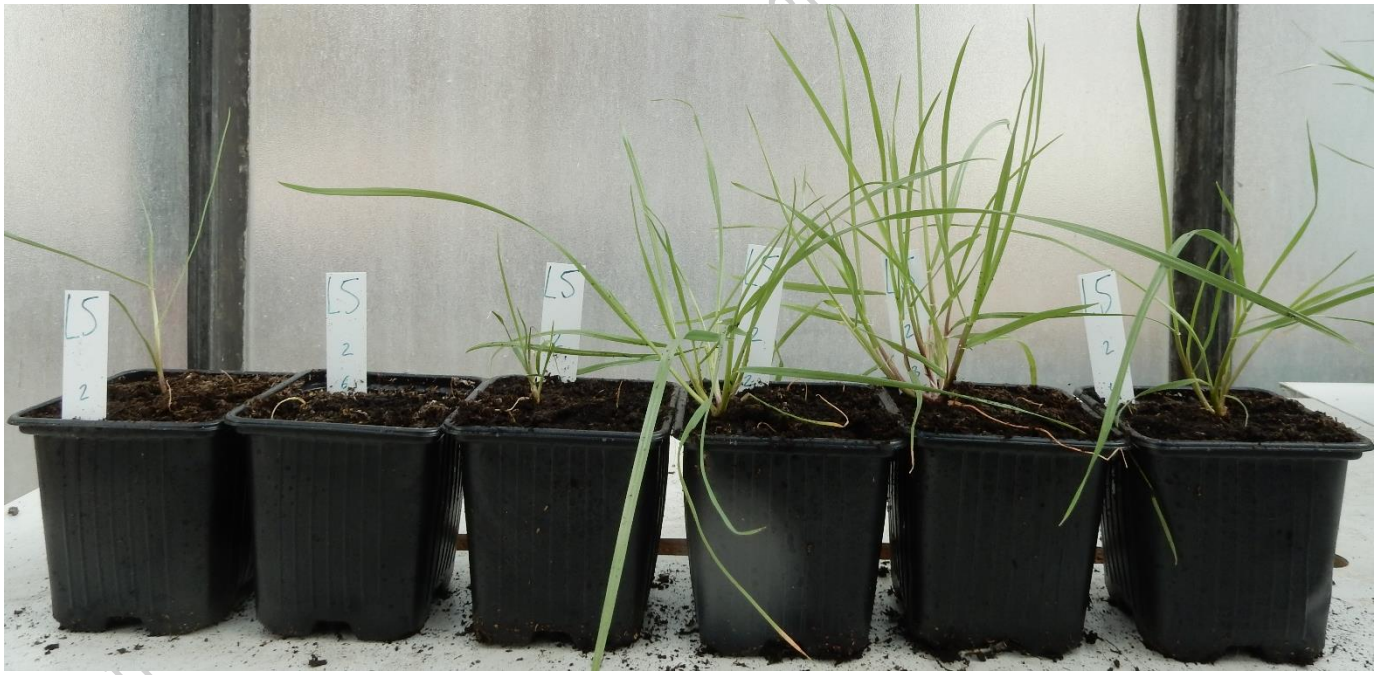


Imagen 10. Población en la que se aprecia los diferentes grados de fitotoxicidad en las plantas de vallico tras el tratamiento herbicida.

Tratamientos herbicidas en postemergencia temprana (POST I)

Aquí podemos comprobar lo que suele verse en campo y es que las poblaciones de vallico mueren peor con los tratamientos en postemergencia de la mala hierba (Figura 4). Agrupados los resultados por m.a., vemos que en varios casos el diclofop ha tenido cierta eficacia, seguido de la mezcla de clodinafop+pinoxaden pero con eficacias insuficientes en la totalidad de los casos. El caso de pinoxaden y de iodosulfuron+mesosulfuron vemos que son tratamientos a descartar en todas las parcelas donde se recogieron las semillas.

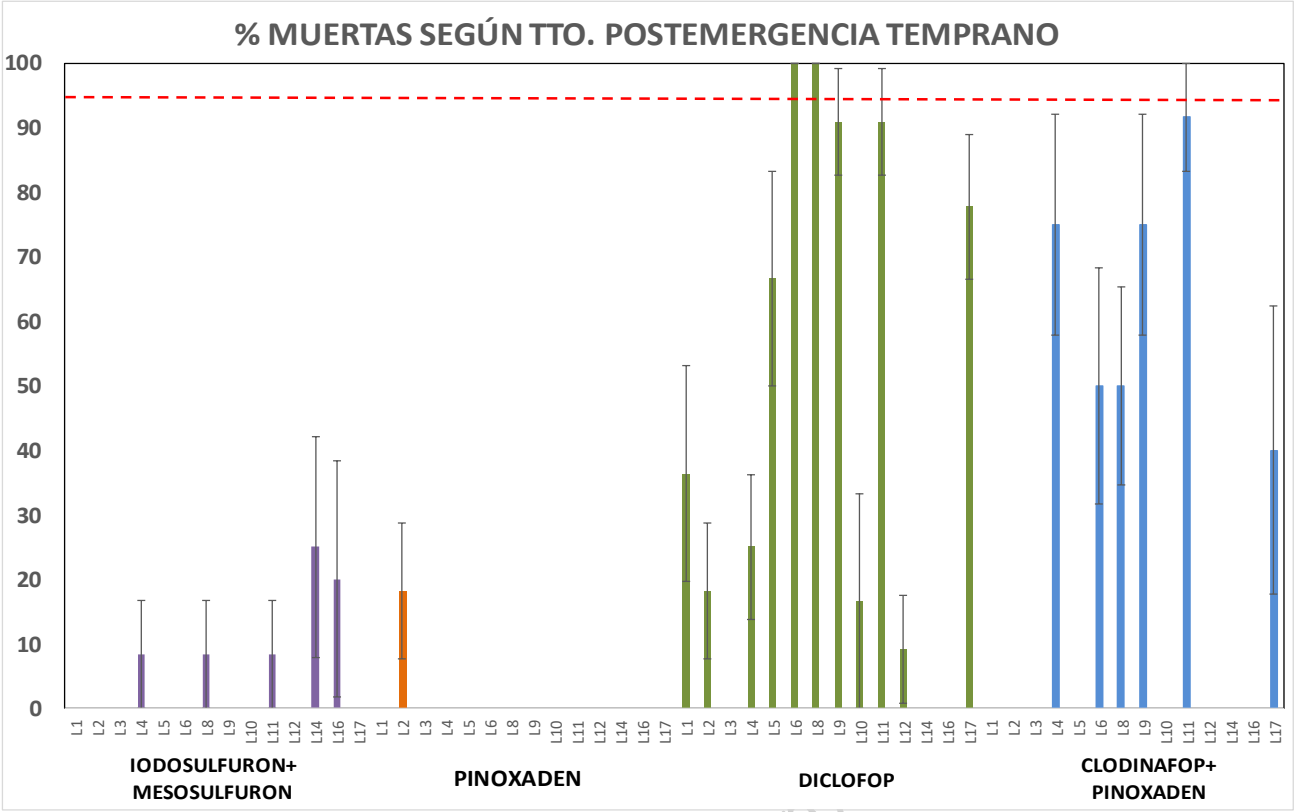


Figura 4. Eficacia (%) frente al testigo de los distintos tratamientos herbicidas en postemergencia I agrupados por materia activa.

Si agrupamos los resultados por poblaciones (Figura 5), tenemos que la **Población L1 y la Población L2** no mueren de manera efectiva con ningún tratamiento**.** La **Población L3** es indiferente a todas las m.a. de postemergencia, las plantas estaban verdes y sanas, un comportamiento muy similar se encuentra en las **Poblaciones L10, L12 y L14,** donde sólo alguna plántula muere. Comportamiento muy similar a la **Población resistente L16.**

La **Población L4** obtuvo unas eficacias mayores pero ninguna materia activa eliminó las suficientes plántulas como para poder recomendar uno de los tratamientos. En cuanto a la **Población L5,** sólo le afectó el diclofop pero obtuvo una eficacia del 65%. Las plántulas de las **Poblaciones L6 y L8** murieron en el 100% de los casos con el tratamiento de diclofop (Imagen 11). Para la **Población L9,** de nuevo la m.a. diclofop fue la que mató más vallico pero las eficacias no llegaron al 95%.

Centro de Investigación y Tecnología Agro

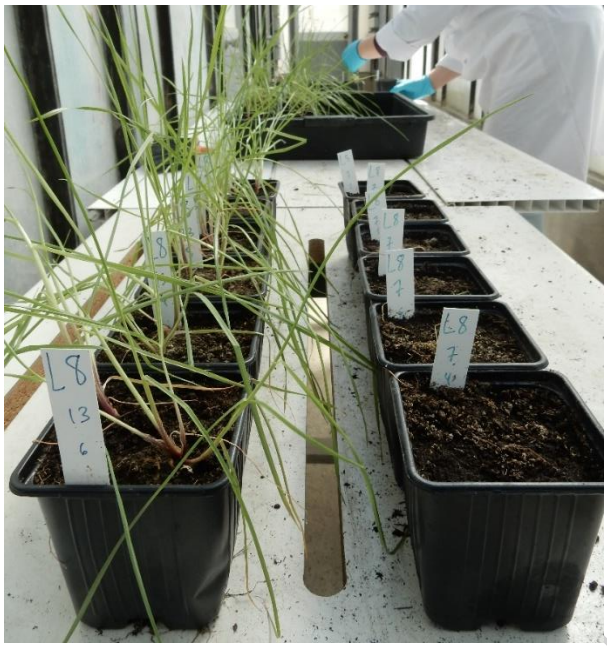


Imagen 11. Detalle de una población con 100% de mortalidad en un tratamiento de postemergencia temprano frente al testigo sin tratar.

limentaria de Aragón

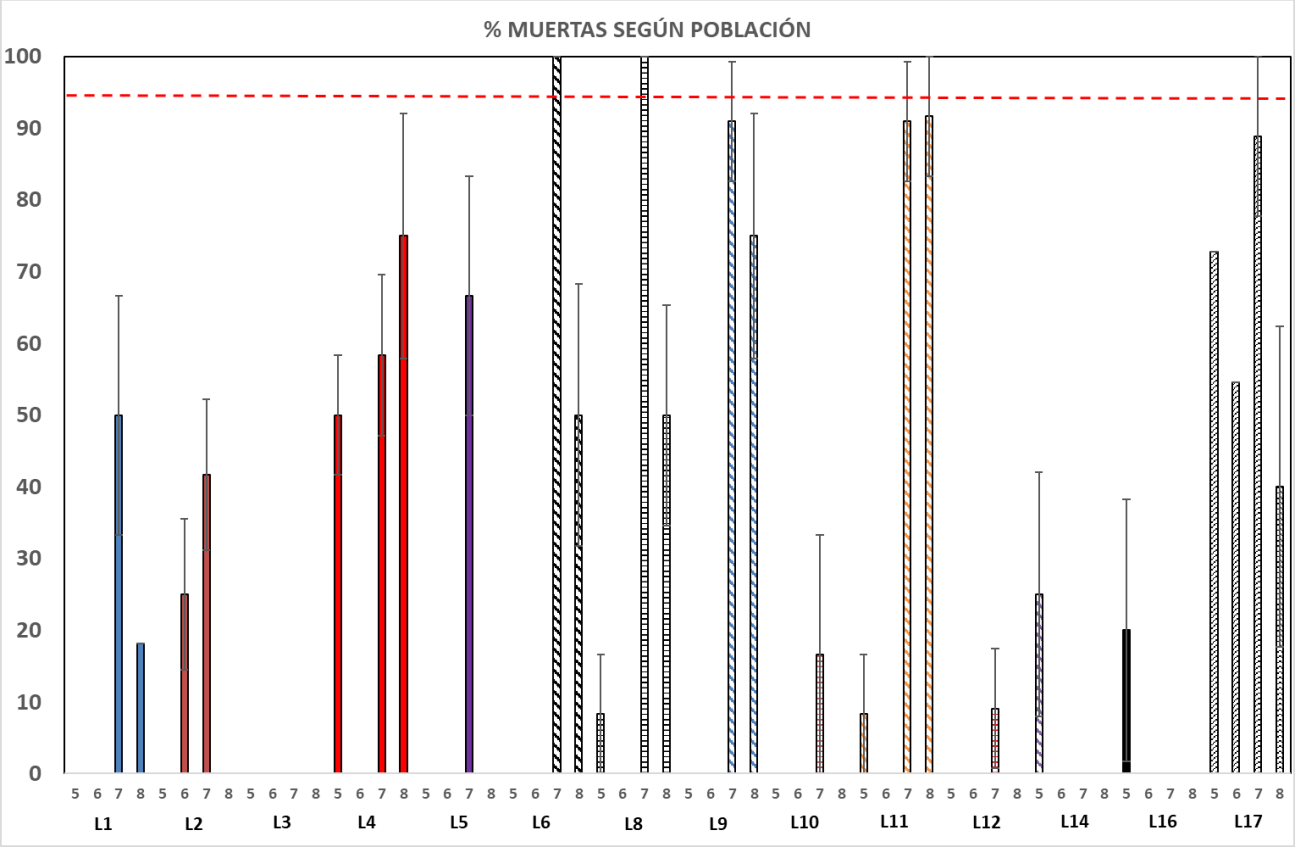


Figura 5. Eficacia (%) frente al testigo de los distintos tratamientos herbicidas en postemergencia temprana agrupados por población.

Tratamientos herbicidas en postemergencia tardía (POST II).

Agrupando los resultados de los tratamientos realizados en postemergencia tardía, vemos que las eficacias son similares a los de POST I (Figura 6). El único tratamiento que consiguió matar las plántulas de vallico fue el diclofop, seguido de la mezcla clodinafop+pinoxaden en alguna población.

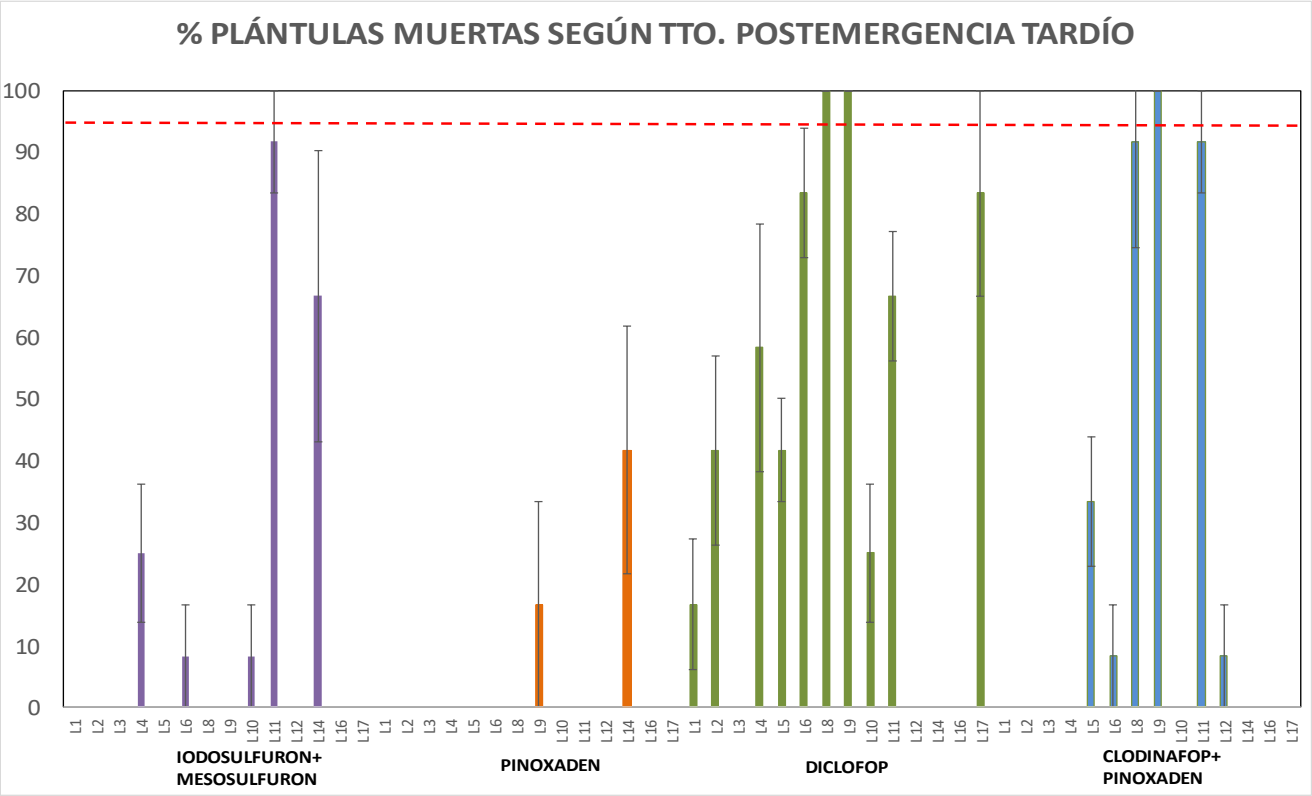
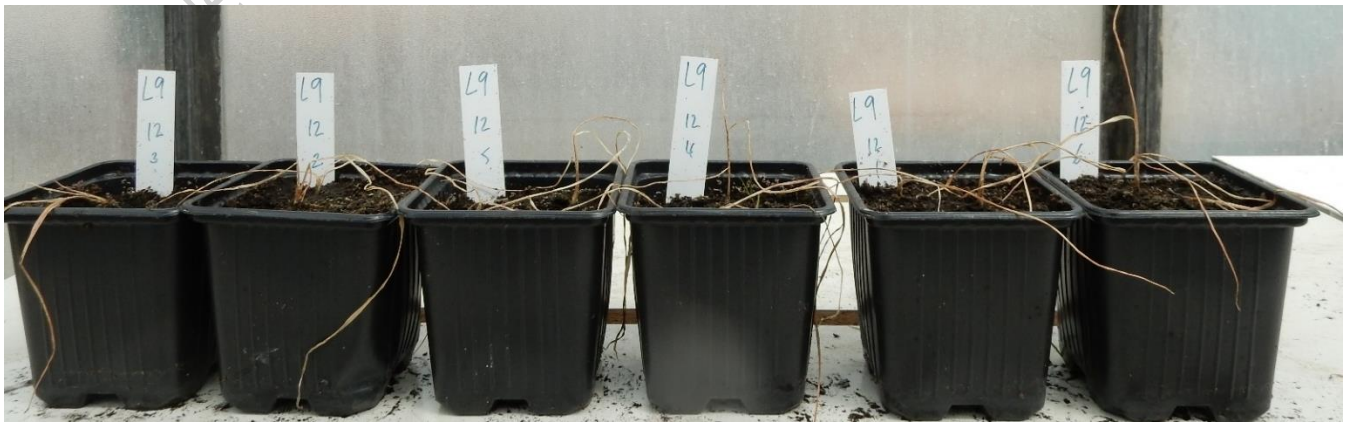


Figura 6. Eficacia (%) frente al testigo de los distintos tratamientos herbicidas en postemergencia tardía agrupados por materia activa.



Imágenes 12 y 13: Detalle del efecto del mismo tratamiento de postemergencia tardía sobre diferentes poblaciones de vallico.

Si analizamos los datos por poblaciones (Figura 7) vemos que las **Poblaciones L1, L2, L3, L4, L5, L10, L12 y L14** no mueren prácticamente con ningún producto (Imagen 12). En el caso de la **Población L6,** el diclofop es de nuevo el producto que ha alcanzado mayores eficacias, pero aun así por debajo del 95%. De las **Poblaciones L8 y L9** mueren todos los individuos con diclofop y, en el caso de la L9, también con clodinafop+pinoxaden (Imagen 13).

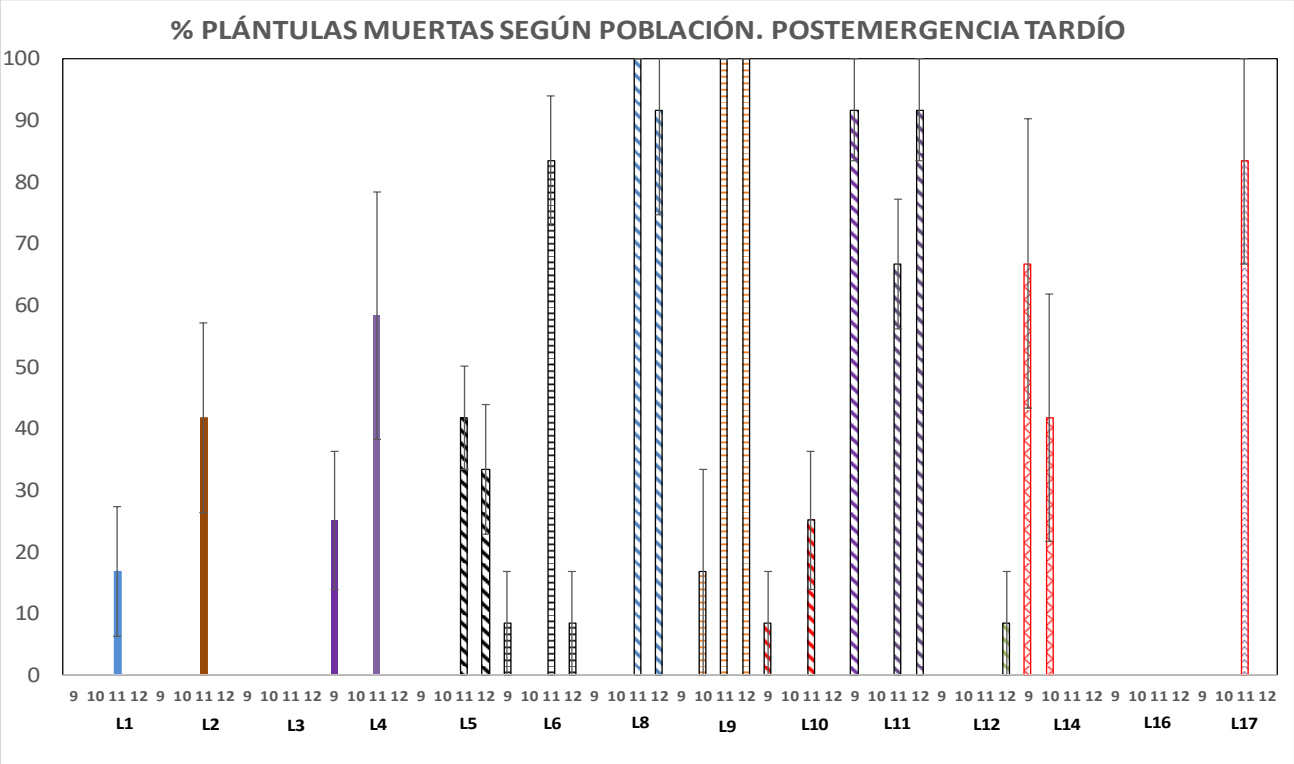


Figura 7. Eficacia (%) frente al testigo de los distintos tratamientos herbicidas en postemergencia tardía agrupados por población.

Se plantea otra situación diferente con ciertas poblaciones. Hay casos en los que mueren el 100% de las plantas o viven el 100% de las plantas, aquí el manejo es claro, se recomiendo o no el herbicida. Estos casos son los sencillos en cuanto a manejo. El problema está en las **poblaciones que tienen un comportamiento intermedio** (Imagen 14), como las poblaciones **L6** y **L8** tratadas en POST I con clodinafop+pinoxaden. Ha habido plantas que han sobrevivido al tratamiento y otras que no. Recordar que las semillas fueron recogidas de muchas plantas de vallico dentro del campo por lo que la mezcla de semillas contiene variabilidad. En el caso de estas poblaciones intermedias tenemos plantas en el campo que ya son resistentes y no mueren y plantas que aún son sensibles y pueden morir con el tratamiento herbicida. **La recomendación en estas poblaciones sería no utilizar estas materias activas ya que lo que conseguiremos es eliminar las plantas sensibles** e ir seleccionando las plantas resistentes con lo que al final tendremos todos los individuos resistentes. En cambio, si utilizamos un herbicida de otro grupo podremos eliminar estos individuos resistentes.

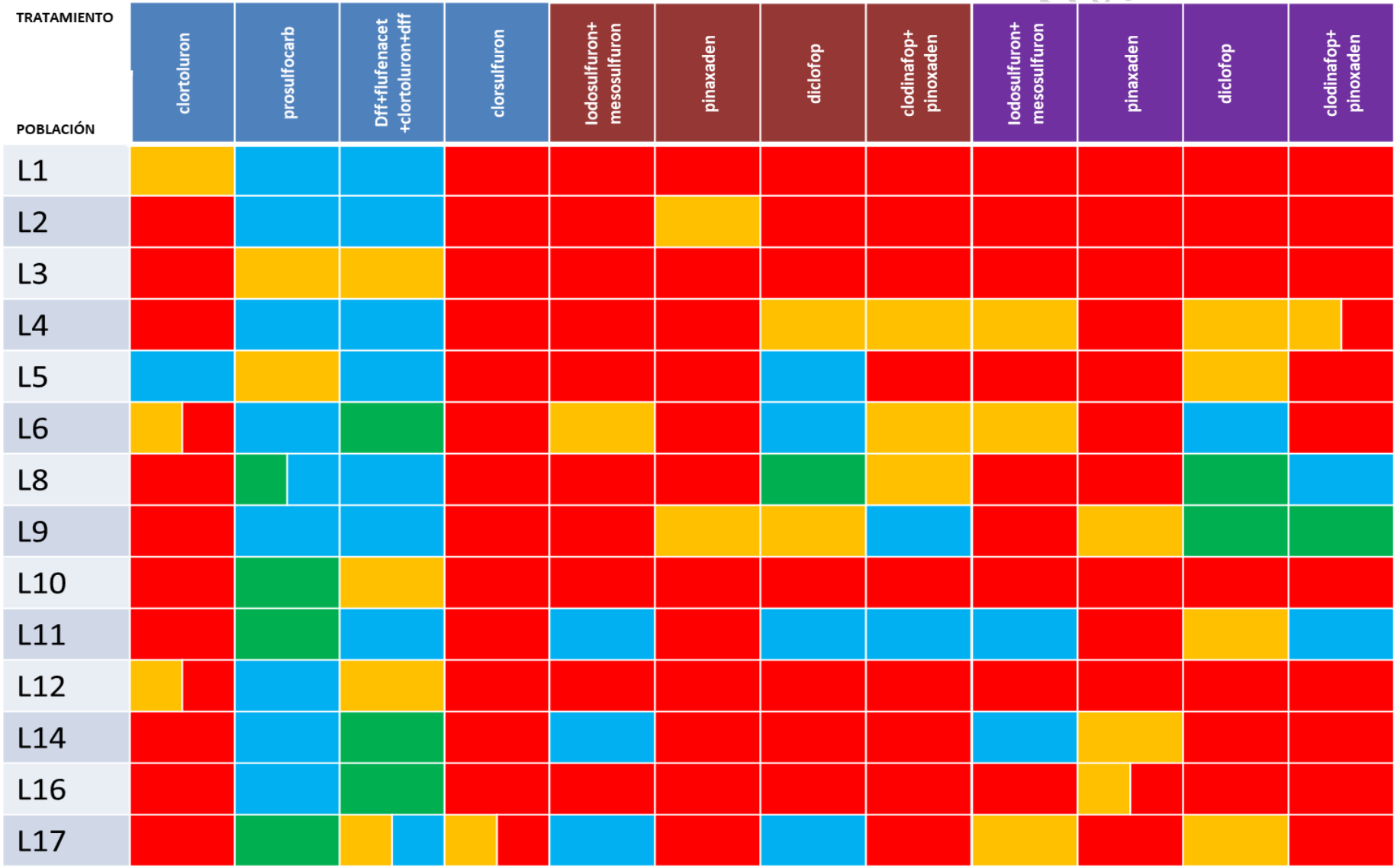
Centro de Investigación y Tecnol

Imagen 14. Aspecto de una de las poblaciones en las que empieza a haber individuos que no mueren con el tratamiento aplicado.

Se adjunta un **resumen de los tratamientos aplicados en cada momento y las eficacias para cada una de las poblaciones** (Figura 8). Sólo se considera aceptable un tratamiento químico cuando la eficacia es superior al 95%, aquí en color verde.

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

Figura 8. Eficacias de los tratamientos herbicidas en preemergencia (tratamientos fondo azul), postemergencia temprana (fondo marrón) y postemergencia tardía (fondo morado) para las diferentes poblaciones. L11 población sensible. L16 población resistente a fop y dim. L17 población resistente a ALS y ACC. En verde control muy bueno (>95% eficacia frente al testigo); en azul, control bueno (85-95%); en amarillo, control regular (85-60%) y en rojo, mal control (<60%).



5. CONCLUSIONES

Todas las poblaciones presentan resistencia a algún producto fitosanitario. Las mejores eficacias se han obtenido en los tratamientos en preemergencia por lo que si se va a realizar manejo químico se recomienda aplicar en este momento y cuando la mala hierba tenga 1-2 hojas.

A veces es difícil que coincida este estado fenológico con el estado óptimo del cultivo para que no haya problemas de fitotoxicidad pero se deben realizar lo antes posible. Si se espera a que hayan salido más individuos no conseguiremos matar las primeras cohortes o germinaciones, sobre todo si estamos tratando con vallico que ha recibido muchos tratamientos y los tratamientos anteriores no han sido eficaces.

Algunas poblaciones tienen una respuesta intermedia, presentan individuos resistentes y otros sensibles por lo que habría que evitar las ma que presentan este comportamiento para evitar una mayor presión de selección para evitar que año tras año queden las plantas resistentes en la parcela y generen semillas.

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón