

Control químico de la mala hierba invasora *Araujia sericifera* Brot.

D. Gómez de Barreda-Ferraz^{1,*}, V. De Luca¹, J.M. Osca¹, M. Verdeguer²
y M. Muñoz²

¹ Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València. Camí de Vera s/n. 46022 Valencia, España

² Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València. Camí de Vera s/n. 46022 Valencia, España

Resumen

La mala hierba *Araujia sericifera* Brot. fue introducida en Europa como especie ornamental procedente de Sudamérica. Se ha adaptado al manejo de los huertos de cítricos del área Mediterránea, sobre todo a los que descuidan el control de las malas hierbas y a los abandonados. El objetivo de este estudio fue comprobar la eficacia de los herbicidas autorizados en España en citricultura y de un producto natural en desarrollo frente a esta mala hierba. El trabajo se llevó a cabo en una cámara de crecimiento controlado donde se cultivó la mala hierba en macetas. Se realizaron 2 ensayos en preemergencia de la mala hierba aplicando 11 materias activas y mezclas y otros 3 ensayos en postemergencia, aplicando 14 materias activas y mezclas en dos estados fenológicos diferentes. Se concluyó que la mezcla de penoxsulam + florasulam aplicada al suelo en preemergencia de la mala hierba resultó muy efectiva, sin embargo, el control en postemergencia fue más efectivo que en preemergencia, sobre todo con los herbicidas de contacto (ácido pelargónico, diquat, Natural y piraflofen etil). El herbicida Natural se mostró efectivo solo en postemergencia.

Palabras clave: Herbicidas, plantas invasoras, citricultura, herbicida natural, malherbología.

Chemical control of the invasive weed *Araujia sericifera* Brot.

Abstract

Araujia sericifera Brot. is a weed that was introduced in Europe from South America as an ornamental species. It has had a successful adaptation to citrus orchards management in the Mediterranean area, especially on poorly weed managed or abandoned ones. The objective of this study was to determine the efficacy of the authorized herbicides in Spain for citrus against *A. sericifera* and a Natural product under development. The study was conducted in a controlled environmental chamber where the weed was cultivated in pots. The whole study consisted in 2 experiments applying 11 pre-emergent herbicides and mixtures and 3 experiments applying 14 post-emergent herbicides and mixtures in two different phenological stages. In conclusion, post-emergent control was better than pre-emergent treatments, especially with contact herbicides (pelargonic acid, diquat, Natural and pyraflufen ethyl). However, the penoxsulam + florasulam combination applied to the soil was very effective. The Natural herbicide was just effective when it was applied on post-emergence of the weed.

Keywords: Herbicides, invasive plants, citriculture, natural herbicide, weed science.

* Autor para correspondencia: diegode@btc.upv.es

Introducción

Araujia sericifera Brot., es una planta perenne trepadora de la familia Apocynaceae, originaria de Sudamérica y que fue introducida en Europa como especie ornamental (Sobrino et al., 2002; Parrella et al., 2013). Presenta hojas de 5-10 cm y flores blancas con bandas rosadas (Carretero, 2004). El fruto tiene una longitud de 8-12 cm y anchura de 5-6 cm, es pruinoso, verdoso, péndulo y madura a finales del estío (Calle, 2010), conteniendo una media de 421 semillas (Vivian-Smith y Panetta, 2005). Durante el otoño e invierno se abren los frutos de *A. sericifera*, dispersando sus numerosas semillas provistas de vilano, que en condiciones de sombra y humedad germinan más del 90% (Gómez de Barreda, 1997).

Hace ya más de 40 años que fue detectada en España en huertos de cítricos (Gómez de Barreda, 1976), pronosticándose entonces una rápida infestación y dificultad en su erradicación bajo la copa del árbol pues el manejo de los cítricos estaba cambiando debido a la adopción del no cultivo gracias a los herbicidas y al riego localizado. Hoy en día, en España, *A. sericifera* se encuentra fundamentalmente en campos de frutales mal cuidados o abandonados de la franja costera del litoral Mediterráneo, coincidiendo con el área de cultivo de los cítricos, con los que se encuentra comúnmente asociada. Las plántulas que germinan a finales de la primavera bajo la copa del árbol, rápidamente buscan un tutor para enredarse y crecer, encontrando en las ramas bajas de los cítricos o la base del patrón, su mejor aliado. Una vez conseguido el tutor, se desarrolla rápidamente durante el verano, surgiendo varias de sus ramificaciones por la parte superior de la copa del árbol, envolviéndolo al caer por gravedad y haciéndose su parte basal de consistencia leñosa. También invade ecosistemas urbanos (Ward et al., 1999), simplemente trepando por los diversos tipos de vallado. Aunque tiene un cierto valor ornamental su presencia no es

tan alarmante para el ciudadano, pero se debe saber que presenta un abundante látex que es urticante.

En una extensa y detallada encuesta realizada por Andreu et al. (2009), *A. sericifera* fue una de las 43 especies de malas hierbas clasificadas como de mayor impacto nocivo de las 193 especies alóctonas encontradas en España. Posteriormente, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (MAGRAMA, 2013) ha incluido esta especie en el catálogo de especies exóticas invasoras, estando también incluida desde 2012 en la Lista de Alerta de especies invasoras del European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (D'Errico et al., 2014). No solo es un problema en España sino en otros países europeos (Francia, Grecia, Italia y Portugal), Australia, Israel, Norte América, Nueva Zelanda y Sudáfrica (Coombs y Peter, 2010).

La detección precoz es difícil, escapan a la vista del agricultor, pues las plantas de *A. sericifera* que prosperan son solo las que crecen bajo las densas y muchas veces bajas ramas del arbolado, que forman alrededor del tronco un ambiente propicio para su desarrollo. Además, el color de las hojas de *A. sericifera* es muy similar al de las hojas de los cítricos, se mimetizan con ellas.

El control pasa pues por una detección temprana y eliminación manual de las plantas cuando éstas presentan ya unos 3 a 6 pares de hojas desarrolladas, ya que en estados más tempranos pasan desapercibidas. El control mecánico es difícil, porque las tuberías de riego discurren precisamente por la misma zona de desarrollo de la mala hierba, que es la zona sombreada por la copa y además, muchas veces los árboles están plantados en mesetas elevadas. Sin embargo, Verdú y Más (2007) reportaron un buen control de las malas hierbas mediante un tipo de control físico como es el acolchado con geotextil negro o cáscara de almendra en la línea de los cítricos.

El control químico de esta especie en citricultura es desconocido, no hay referencias científicas en esta dirección, quizás por la sospecha de que el control químico puede presentar problemas. Los herbicidas residuales podrían afectar a las raíces del arbolado y/o los herbicidas de postemergencia a las ramas bajas e incluso a la fruta, bien sea a las variedades tardías de recolección primaveral o a los frutos recién cuajados de recolección otoñal. No obstante, sería útil saber la eficacia frente a *A. sericifera* de los 16 herbicidas que en 2019 estaban autorizados en el cultivo de los cítricos para el control de malas hierbas dicotiledóneas.

Por otro lado, en el año 2009 cambió la legislación sobre productos fitosanitarios en la Unión Europea, mediante el Reglamento (CE) n° 1107/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y la Directiva 2009/128/CE, del Parlamento europeo y del Consejo, por la que se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. La normativa se volvió más restrictiva, para promover un uso más racional de los productos fitosanitarios, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Esta normativa se traspuso a la legislación española mediante el Real Decreto 1311/2012 de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. La nueva legislación promueve el uso de la gestión integrada de plagas, que implica el examen cuidadoso de todos los métodos de protección vegetal disponibles y la integración de medidas adecuadas para evitar el desarrollo de poblaciones de organismos nocivos, manteniendo el uso de productos fitosanitarios y otras formas de intervención en niveles que estén económica y ecológicamente justificados, que reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Uno de los principios de la gestión integrada es que para el control de arvenses se antepondrán, siempre que sea posible, prácticas con bajo consumo de productos fitosanitarios, dando prioridad a los métodos no químicos (biológicos, biotecnológicos, culturales y físicos), de forma que los asesores y usuarios escojan prácticas y productos con menores riesgos para la salud humana y el medio ambiente, de entre todos los disponibles.

En el momento actual hay gran interés para la agricultura por el uso de productos naturales herbicidas, no solo por el hecho de que sean menos tóxicos que los herbicidas sintéticos, sino también por los problemas de resistencias que determinados biotipos de arvenses han desarrollado a los herbicidas sintéticos (Duke et al., 2018). Los productos naturales poseen mecanismos de acción diferentes a los de los herbicidas sintéticos, lo que evita la aparición de resistencias a los mismos (Dayan et al., 2012; Duke, 2012).

En este contexto, la Universidad Politécnica de Valencia y la empresa Seipasa están colaborando para desarrollar un herbicida natural, que minimice los riesgos para la salud humana y animal y el medio ambiente.

El objetivo de esta investigación es realizar un estudio en cámara de crecimiento de la eficacia de los herbicidas actualmente autorizados en el cultivo de los cítricos sobre la mala hierba *A. sericifera* y compararlo con un producto natural aún en desarrollo.

Material y métodos

Se han realizado 5 experimentos en una cámara de crecimiento en la que se mantuvieron las siguientes condiciones: temperatura en el rango 20-28 °C; humedad relativa 50%; 12 horas de luz y 12 horas en oscuridad. Los 2 primeros experimentos fueron iguales y consistieron en la aplicación de diferentes

herbicidas para el control en preemergencia de la mala hierba *A. sericifera*, y en los 3 experimentos restantes, se aplicaron 15 herbicidas para el control en postemergencia de la mala hierba cuando ésta se encontraba en estado de cotiledones desplegados (2 experimentos iguales) y en estado de 3 pares de hojas verdaderas desplegadas (1 experimento). En los 5 experimentos se sembraron semillas de la mala hierba procedentes de frutos recolectados en enero de 2019 en un suelo de textura arenosa, con pH 8,35 y un contenido en materia orgánica del 2,61%, procedente de la Huerta de Valencia y sin historial reciente de aplicación de herbicida residual alguno. El suelo se dispuso en macetas de polietileno de 7x7x7 cm de capacidad y se le dio un riego con 30 ml de agua, cantidad suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo.

Experimentos de control en preemergencia (en adelante PRE)

Se realizaron 2 experimentos iguales. Se sembraron 10 semillas en cada maceta, se añadió 1 cm más de suelo y se regaron con 30 ml de agua. Posteriormente, a los 2 días de la siembra se aplicaron los 11 herbicidas que se relacionan en la Tabla 1. Los herbicidas del experimento PRE son 6 herbicidas fundamentalmente remanentes autorizados en 2019 en el cultivo de los cítricos (diflufenican, isoxaben, metazacloro, oxifluorfen, pendimetalina y penoxsulam), 2 mezclas de 2 materias activas también autorizadas en 2019 en cítricos y con actividad residual de una o las 2 materias activas de la mezcla (flazasulfuron + glifosato y penoxsulam + florasulam), un herbicida natural aún en fase de desarrollo (denominado

Tabla 1. Materias activas (m.a.) herbicidas, mezclas y dosis empleadas en los experimentos.
Table 1. Herbicide active ingredients (a.m.), mixtures and applied dosage in the experiments.

| Herbicidas en preemergencia | | Herbicidas en postemergencia | |
|------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Dosis (g m.a./ha) | | Dosis (g m.a./ha) |
| diflufenican | 350 | ácido pelargónico | 10.880 |
| flazasulfuron + glifosato | 20,1 + 864 | ácido pelargónico + glifosato | 8160 + 2880 |
| isoxaben | 150 | diflufenican | 350 |
| metazacloro | 500 | diflufenican + glifosato | 120 + 1080 |
| Natural (3 materias activas) | 7476 + 4059 + 7090 | diquat | 400 |
| norflurazona | 2400 | flazasulfuron + glifosato | 20,1 + 864 |
| oxifluorfen | 144 | fluroxipir | 300 |
| pendimetalina | 1365 | glifosato | 3600 |
| penoxsulam | 15,3 | MCPA | 1250 |
| penoxsulam + florasulam | 15 + 7,5 | metribucina | 490 |
| terbacil | 1600 | Natural (3 materias activas) | 7476 + 4059 + 7090 |
| | | oxifluorfen | 144 |
| | | oxifluorfen + glifosato | 120 + 800 |
| | | piraflufen-etil | 9,3 |

en este artículo Natural) y 2 herbicidas que antiguamente estuvieron autorizados en el cultivo de los cítricos pero ya no lo están en España en cultivo alguno (norflurazona y terbacil). El producto herbicida Natural, es un prototipo de herbicida desarrollado por la UPV y la empresa Seipasa, que contiene tres productos de origen vegetal con actividad fitotóxica demostrada y presenta acción de contacto, aunque se cree que uno de sus ingredientes pudiera también translocarse.

La aplicación se realizó empleando un equipo que impulsa la solución herbicida con CO₂ a 3 bar de presión y a través de una boquilla de abanico Teejet 9504 EVS. La dosis de caldo fue siempre de 400 l/ha. Una hora tras la aplicación herbicida, se regaron las macetas ligeramente para incorporar al suelo el herbicida, salvo en el caso de la materia activa oxifluorfen. Las macetas se introdujeron en la cámara de crecimiento y se evaluaron los siguientes parámetros: número de plántulas emergidas a los 9, 25 y 31 días después del tratamiento (DDT), altura máxima de las plántulas emergidas por maceta a los 31 DDT, peso fresco total de las plántulas por maceta a los 31 DDT y fenología de las plántulas a los 9, 25 y 31 DDT (datos no mostrados). Los experimentos siguieron un modelo de diseño unifactorial completamente aleatorizado con 5 repeticiones por maceta, uniéndose los resultados de ambos experimentos al no haber diferencias estadísticas significativas entre ellos, por lo que el número de repeticiones final fue de 10. Se realizaron los correspondientes ANOVA al 95% de confianza (test de comparación de medias LSD Fisher) para algunas de las variables estudiadas con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.

Experimentos de control en postemergencia (en adelante POST)

Se realizaron 3 experimentos, 2 con las plántulas de *A. sericifera* en estado de cotiledones desplegados y uno en estado de 3 pares de

hojas verdaderas desplegadas. En estos 3 experimentos, las macetas, el sustrato, el proceso de preparación y siembra de las macetas y la aplicación herbicida fue el mismo que en los experimentos de PRE salvo que se sembraron 5 semillas en vez de 10, de las cuales posteriormente se seleccionó solo 1 de las plántulas emergidas. Se aplicaron 14 herbicidas (Tabla 1): 2 materias activas con acción en postemergencia precoz además de efecto en preemergencia ya usados también en los ensayos de PRE (diflufenican y oxifluorfen), 7 materias activas de postemergencia (ácido pelargónico, diquat, fluroxipir, glifosato, MCPA, metribucina y piraflufen-etil), 4 mezclas de 2 materias activas (ácido pelargónico + glifosato, diflufenican + glifosato, flazasulfuron + glifosato y oxifluorfen + glifosato) y el mismo herbicida natural aplicado en PRE (Natural).

La aplicación se realizó siguiendo exactamente el mismo procedimiento que en los experimentos de PRE en cuanto a equipo de tratamiento, presión y volumen de caldo. Tras la aplicación, las macetas se introdujeron en la cámara de crecimiento y se evaluaron los siguientes parámetros sobre las plantas de *A. sericifera*: fenología a los 0, 7, 14 y 21 DDT (datos no mostrados), altura a los 21 DDT, peso fresco a los 21 DDT y fitotoxicidad a los 7 y 21 DDT mediante una escala visual del 0 al 10, donde el 0 indicaba una planta totalmente sana y el 10 la muerte de la planta. El diseño experimental fue el mismo que en los experimentos PRE, menos en el experimento sobre plantas con 3 pares de hojas desplegadas, que se realizó una única vez y por tanto constaba solo de 5 repeticiones. Se realizaron los correspondientes ANOVA al 95% de confianza (test de comparación de medias LSD Fisher) para algunas de las variables estudiadas con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI. En los experimentos POST, algunas de las variables medidas tuvieron que ser previamente transformadas (el logaritmo en base 10 del peso fresco y el coseno de la

fitotoxicidad) para cumplir con los requerimientos de normalidad de los datos y así poder realizar los ANOVAS correspondientes.

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se observa como a los 10 DDT en PRE hay tan solo 2 herbicidas, penoxsulam y su mezcla con florasulam que han impedido de forma clara la emergencia de *A. sericifera*. El resto de materias activas se comporta igual que el control en cuanto a que emergen el mismo número de plántulas, aunque hay que indicar que algunas de éstas lo hacen con claros signos de fitotoxicidad, por ejemplo, con

aspecto clorótico en el caso del herbicida terbacil, ausencia de clorofila en plántulas afectadas por norflurazona, crecimiento desordenado en oxifluorfen o crecimiento reducido en las tratadas con pendimetalina. A los 25 DDT, prácticamente la totalidad de las plántulas de *A. sericifera* en las macetas control han emergido y ya se ven más diferencias entre los herbicidas que a los 10 DDT. Se observa como la mezcla flazasulfuron + glifosato impide la emergencia en un 45% de las plántulas con respecto al control (5,1 vs 9,2 respectivamente) y vuelve a observarse una buena acción herbicida de la mezcla penoxsulam + florasulam, con un 87% de eficacia frente al control (1,2 vs 9,2 respectivamente). Es así mismo interesante destacar que a los 25

Tabla 2. Número de plántulas de *Araujia sericifera* emergidas a los 10, 25 y 31 días después del tratamiento (DDT) de diferentes herbicidas en preemergencia. Los números indican la media de 10 macetas y las letras a continuación de cada número indican significancia estadística entre medias de una misma columna cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Table 2. Number of emerged seedlings of *Araujia sericifera* at 10, 25 and 31 days after treatment (DDT) with pre-emergence herbicides. Numbers represent the mean of 10 pots and letters following each number show statistical significance when they differ from other number in the same column (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

| | Número de plántulas emergidas | | |
|---------------------------|-------------------------------|----------|---------|
| | 10 DDT | 25 DDT | 31 DDT |
| penoxsulam + florasulam | 0,0 a | 1,2 a | 1,5 a |
| penoxsulam | 0,7 a | 7,0 cd | 7,1 cd |
| flazasulfuron + glifosato | 2,6 b | 5,1 b | 5,4 b |
| isoxaben | 2,7 bc | 7,6 cdef | 7,7 cde |
| norflurazona | 3,6 bc | 6,4 bc | 6,6 bc |
| oxifluorfen | 3,9 bc | 7,0 cd | 7,3 cde |
| diflufenican | 4,1 bc | 8,0 def | 8,5 def |
| metazacloro | 4,2 bcd | 8,2 efgh | 8,7 ef |
| control | 4,4 cd | 9,2 gh | 9,3 f |
| pendimetalina | 4,4 cde | 8,7 fgh | 8,7 ef |
| Natural | 5,9 de | 9,7 h | 9,8 f |
| terbacil | 6,2 e | 7,2 cde | 7,7 cde |

DDT, aunque el herbicida penoxsulam sigue mostrando acción herbicida estadísticamente significativa frente al control, la diferencia es ya muy débil, posiblemente la buena acción herbicida preemergente de su mezcla con florasulam sea debida a esta última materia activa o a que la cantidad de herbicida aplicada al suelo es mayor con la mezcla, pues penoxsulam presenta prácticamente la misma cantidad si se formula solo o en mezcla con florasulam. La eficacia de los herbicidas norflurazona y oxifluorfen para inhibir la emergencia de *A. sericifera* se muestra también estadísticamente significativa, aunque la diferencia con el control es escasa. En este caso el aspecto de las plantas emergidas dista mucho de poder llegar a ser plantas viables y causar daños, sobre todo las tratadas con norflurazona que crecen totalmente blancas al ser este herbicida un inhibidor de la biosíntesis de los carotenoides (Senseman, 2007). En el último día evaluado (31 DDT), hay 3 materias activas autorizadas en citricultura que no han impedido la emergencia de *A. sericifera* (diflufenican, metazacloro y pendimetalina), aunque con diferente efecto sobre el desarrollo de las plántulas, así, las tratadas con diflufenican no mostraban prácticamente signos de fitotoxicidad, mientras que metazacloro y pendimetalina sí que lo mostraban. El herbicida natural, tampoco ha resultado eficaz para la inhibición de la emergencia, pues posiblemente parte del producto pueda haberse evaporado en los minutos posteriores a la aplicación y haber necesitado algún tipo de incorporación al suelo más intensa (mecánica) y/o más rápida tras la aplicación o simplemente algún otro tipo de formulado, quizás uno sólido.

En la Figura 1 se observa la altura máxima alcanzada por las plántulas de *A. sericifera* que han conseguido emerger dentro de cada maceta. Todos los herbicidas menos el producto natural muestran una cierta inhibición del crecimiento y de nuevo la mezcla penoxsulam + florasulam ha sido la que ha ejercido

mayor eficacia herbicida. Las 3 plántulas que consiguieron emerger de 100 sembradas, llegaron a una altura media de 11,3 mm mientras que las 93 plántulas control emergidas alcanzaron casi 76,8 mm de altura. Otros herbicidas que causaron una reducción del crecimiento superior al 50% fueron: flazasulfuron + glifosato, metazacloro, norflurazona y penoxsulam. Por último, diflufenican, isoxaben, oxifluorfen y pendimetalina presentaban una menor reducción en crecimiento. En la Figura 2 puede observarse el peso final alcanzado por las plántulas emergidas a los 31 DDT, donde de nuevo puede comprobarse que todas las materias activas ensayadas redujeron el peso frente al control de forma estadísticamente significativa, incluso el producto natural. Sin embargo, se constata de nuevo mucha diferencia en la reducción del peso de las plántulas entre herbicidas. La diferencia entre el control y Natural, isoxaben o diflufenican es escasa mientras que las plántulas emergidas del tratamiento con flazasulfuron + glifosato, norflurazona, penoxsulam, penoxsulam + florasulam y terbacil presentan un peso bajo.

En la Figura 3 se presenta la comparación de la altura alcanzada por las plántulas de *A. sericifera* a los 21 DDT tras ser tratadas en estado de cotiledones desplegados con los 14 herbicidas de postemergencia. Se observa en la gráfica de la Figura 3 una línea vertical discontinua que marca la altura media de las plántulas de la mala hierba en el momento del tratamiento, apreciándose que tan solo han crecido las plántulas control y las tratadas con diflufenican, las demás no solo no crecieron, sino que disminuyeron su altura pues muchos de los herbicidas fueron sumamente eficaces. Los herbicidas que presentan acción por contacto (ácido pelargónico, diquat, Natural y pirafufen) mostraron una fitotoxicidad muy rápida, destacando el producto Natural que en cuestión de escasos minutos ya ejerció su efecto, quedando las plantas prácticamente muertas (Tabla 3). Por

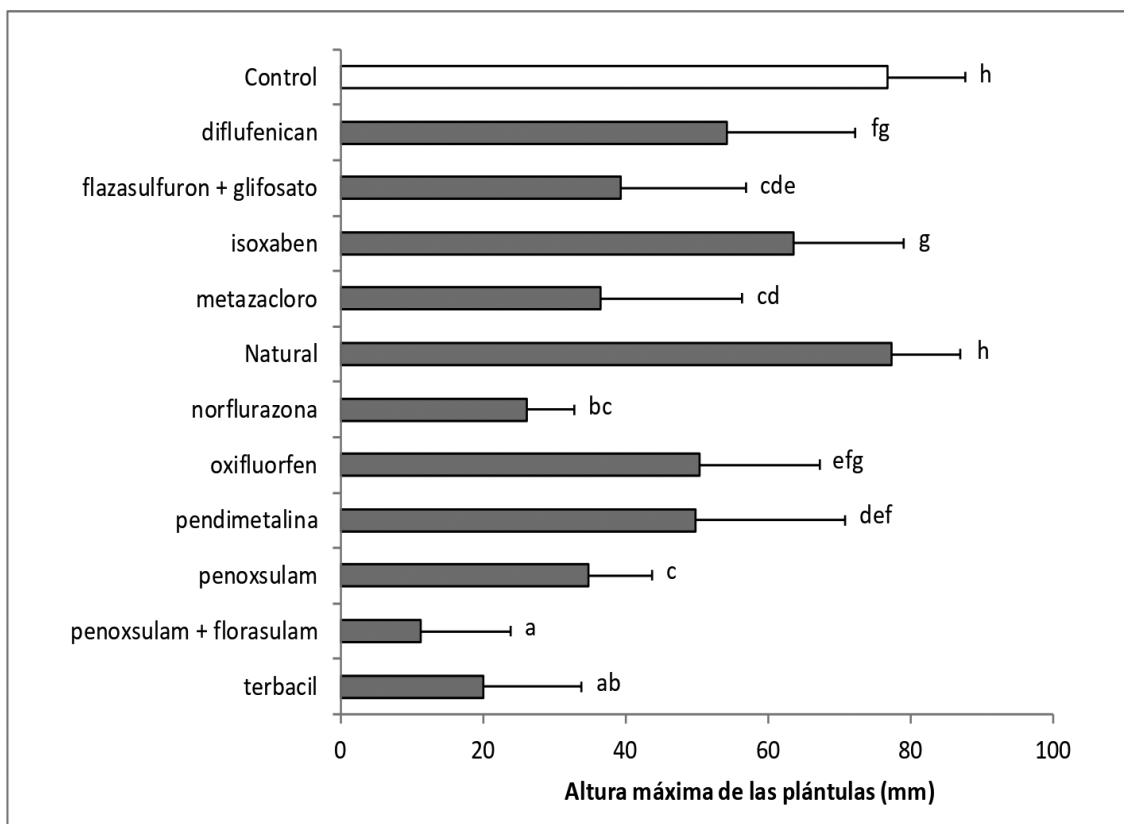


Figura 1. Altura de las plántulas de *Araujia sericifera* a los 31 días de la aplicación de los herbicidas en preemergencia. Las barras indican la media de la altura máxima de las plántulas en 10 macetas y las letras a continuación de cada barra indican significancia estadística entre medias cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Figure 1. Height of seedlings of *Araujia sericifera* at 31 days after treatment with pre-emergence herbicides. Bars represent the mean of the maximum height of the seedlings in 10 pots and letters following each bar show statistical significance when they differ from other bar (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

otra parte, los herbicidas sistémicos tardaron en mostrar un efecto visual y las plántulas tratadas con estos herbicidas no llegaron a morir, aunque eran claramente inviables a los 21 DDT (Tabla 3). En la Figura 4 se corrobora el efecto observado con la inhibición del crecimiento de los 14 herbicidas de postemergencia al determinar el peso de las plántulas tratadas. En general, dejando a un lado los 2 herbicidas que menos han inhibido el

crecimiento (diflufenican y fluroxipir), los demás herbicidas han provocado una reducción del peso de las plántulas con respecto a las no tratadas entre un 87 y 97%. La mezcla flazasulfuron + glifosato, que ya había sido muy eficaz en preemergencia, vuelve a resultarlo en postemergencia, donde se nota la inclusión en la mezcla de la sulfonilurea flazasulfuron, pues la cantidad de glifosato en la mezcla era de un 24% menor con respecto

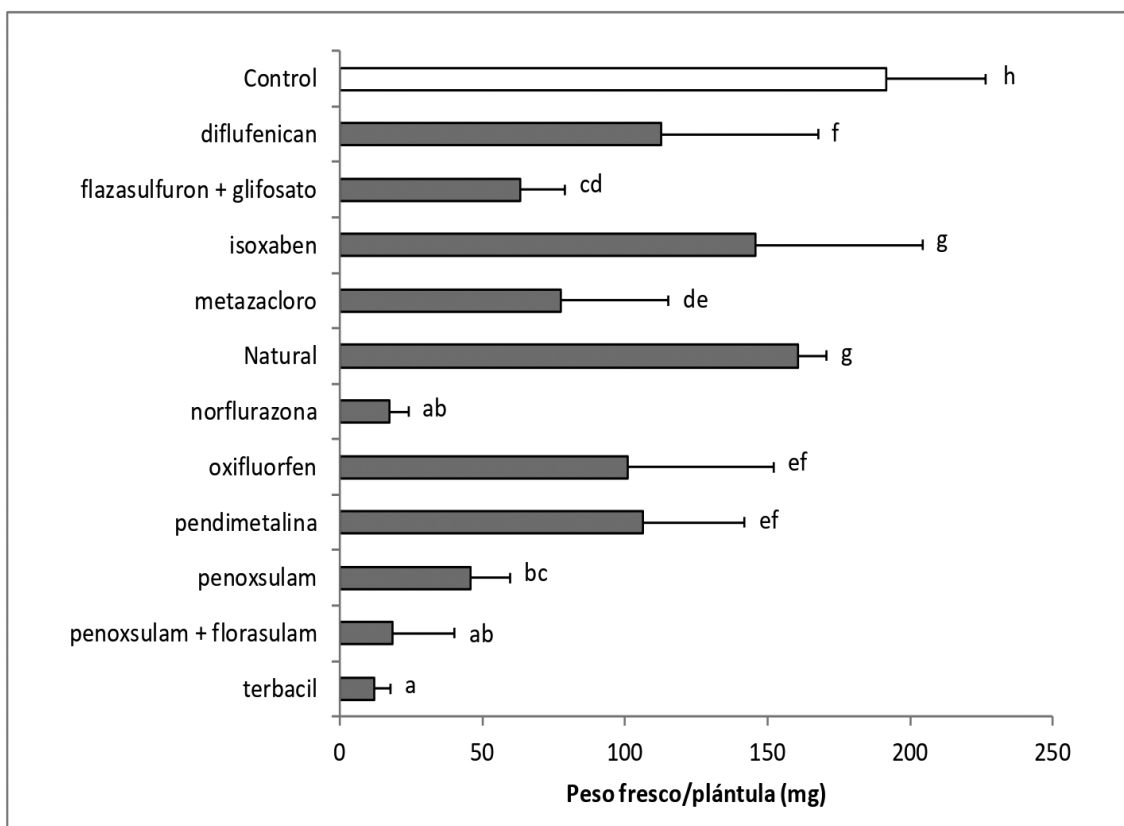


Figura 2. Peso fresco por plántula emergida de *Araujia sericifera* a los 31 días de la aplicación de los herbicidas en preemergencia. Las barras indican la media de las 10 macetas y las letras a continuación de cada barra indican significancia estadística entre medias cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).
 Figure 2. Fresh weight per emerged *Araujia sericifera* seedling at 31 days after treatment with pre-emergence herbicides. Bars represent the mean of 10 pots and letters following each bar show statistical significance when they differ from other bar (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

a cuando se aplica solo, manteniéndose la eficacia. Hay que indicar que Singh *et al.* (2012) observaron una alta fitotoxicidad (70%) en pomelo al aplicar en Florida (EE.UU.) el herbicida flazasulfuron a 200 g/ha (dosis 10 veces mayor que en el presente ensayo) a los 60 DDT y menor fitotoxicidad (20%) en naranjos. Sin embargo, cuando lo aplicaban a 50 g/ha o en combinación con glifosato a 70 + 1.700 g/ha, no había daños en naranjo.

Por último, se presenta en las Figuras 5 y 6 el efecto de los 14 herbicidas de postemergencia sobre plantas de *A. sericifera* más desarrolladas, ya con 3 pares de hojas desplegadas. En este caso, la inhibición del crecimiento no ha sido tan drástica como cuando se trataron en estado de cotiledones desplegados, pero se repiten las siguientes observaciones: (i) el efecto de los herbicidas con acción por contacto es rápido, aunque si el caldo herbicida

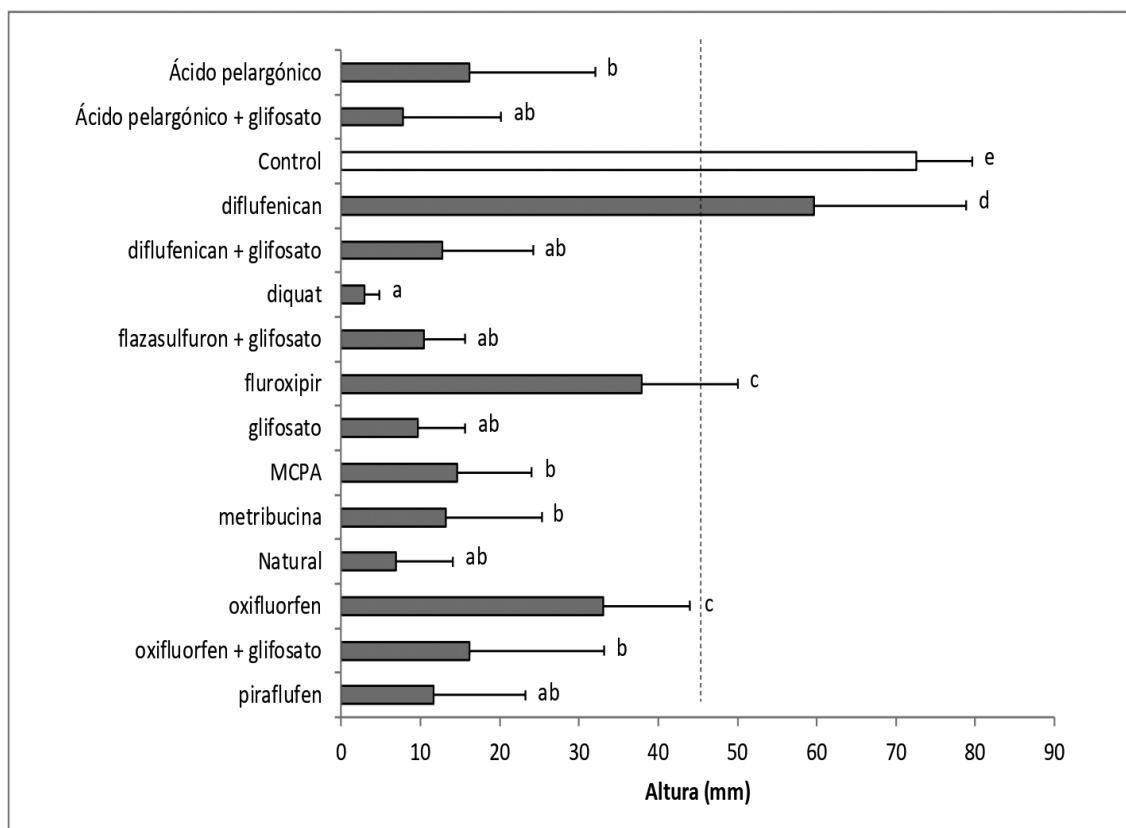


Figura 3. Altura de las plántulas (estado de cotiledones desplegados) de *Araujia sericifera* a los 21 días de la aplicación de los herbicidas en postemergencia. La línea vertical a trazos indica la altura media de las plántulas en el momento del tratamiento. Las barras indican la media de las 10 plántulas y las letras a continuación de cada barra indican significancia estadística entre medias cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Figure 3. Height of the seedlings of *Araujia sericifera* (unfolded cotyledons stage) at 21 days after treatment with post-emergence herbicides. The vertical dotted line represents the mean of the height of the seedlings at treatment day. Bars represent the mean of the 10 seedlings and letters following each bar show statistical significance when they differ from other bar (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

no moja totalmente a la planta, a los 21 DDT se ven zonas de las hojas aún verdes (Tabla 3) aunque las plantas son inviables; (ii) todos los herbicidas sistémicos, salvo diflufenican, reducen el crecimiento. En cuanto al peso de las plantas a los 21 DDT (Figura 6), se vuelve a comprobar el alto grado de eficacia de la mayor parte de los herbicidas aplicados en postemergencia en estado de 3 pares de hojas desarrolladas.

Hay que destacar que 2 de las combinaciones que han resultado más efectivas frente a *A. sericifera*, florasulam + penoxulam en pre-emergencia y flazasulfuron + glifosato en post-emergencia, no están propuestas por las casas comercializadoras para el control de esta mala hierba, aun siendo combinaciones novedosas y eficaces frente a importantes malas hierbas de los cítricos como *Conyza sp.* y *Cyperus rotundus*, respectivamente.

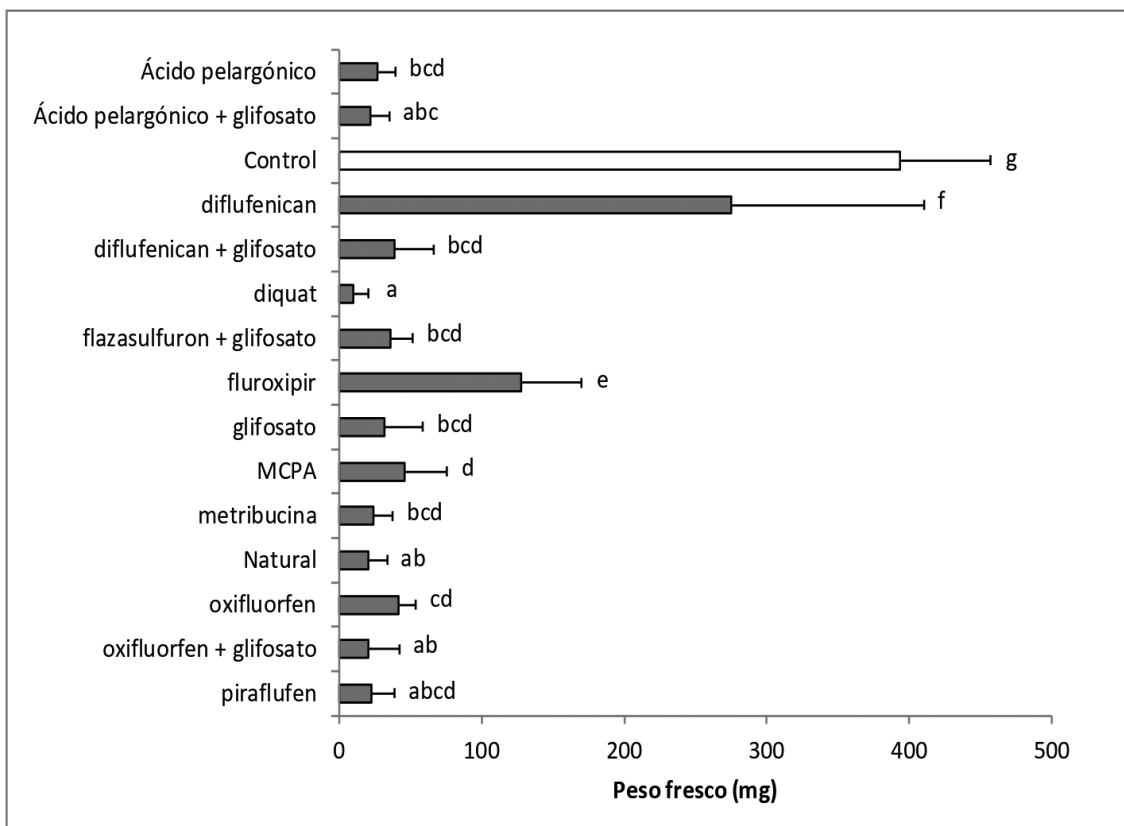


Figura 4. Altura de las plántulas (estado de cotiledones desplegados) de *Araujia sericifera* a los 21 días de la aplicación de los herbicidas en postemergencia. La línea vertical a trazos indica la altura media de las plántulas en el momento del tratamiento. Las barras indican la media de las 10 plántulas y las letras a continuación de cada barra indican significancia estadística entre medias cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Figure 4. Fresh weight per *Araujia sericifera* seedling (unfolded cotyledons stage) at 21 days after treatment with post-emergence herbicides. Bars represent the mean of 10 seedlings and letters following each bar show statistical significance when they differ from other bar (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

Conclusiones

Se concluye en primer lugar que la mezcla de penoxsulam + florasulam aplicada al suelo en preemergencia de la mala hierba resulta muy efectiva. Además, se comprueba que en general los tratamientos en postemergencia son más efectivos que los de preemergencia, sobre todo con los herbicidas con acción por contacto (ácido pelargónico, diquat, Natural

y piraflufen), aunque se deberán tomar precauciones por la nula selectividad de éstos frente a los cítricos. Finalmente, hay que indicar que el herbicida Natural, resulta efectivo solo en postemergencia y sobre todo por contacto, y debería seguir estudiándose y mejorándose tanto en su formulación como en las dosis de aplicación de sus materias activas y del volumen de aplicación.

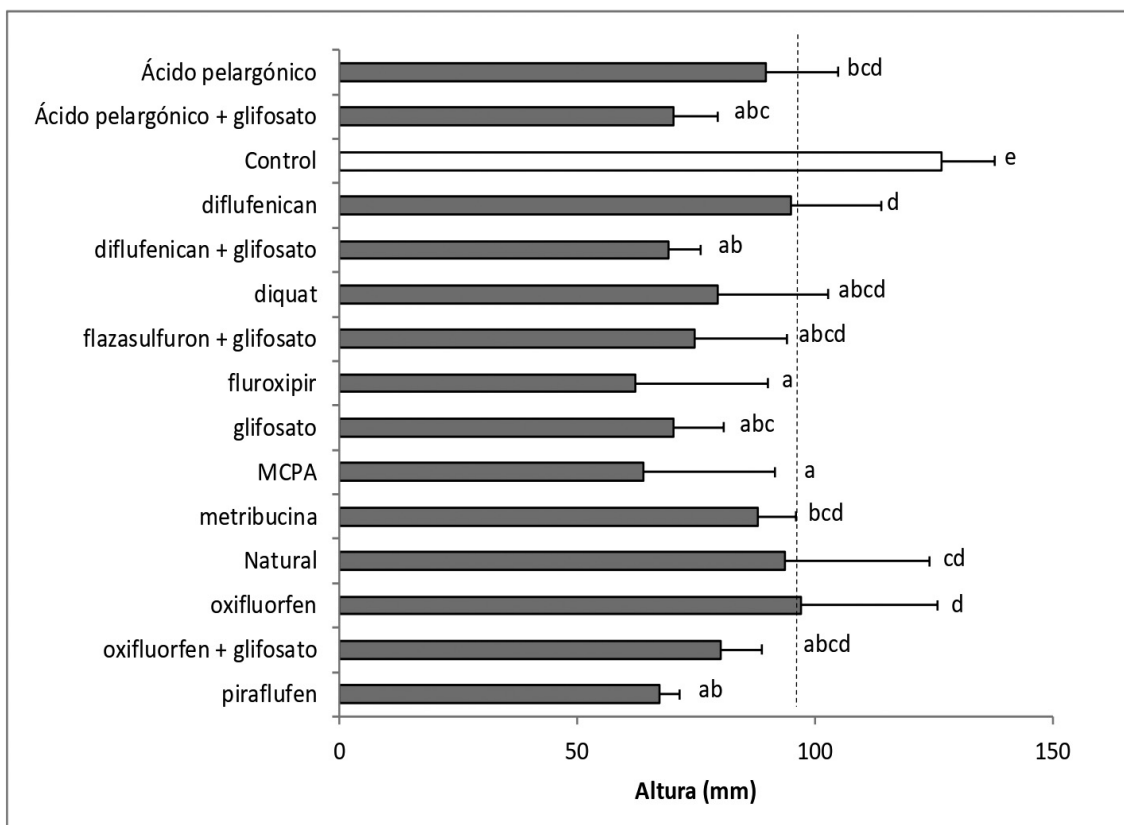


Figura 5. Altura de las plantas (estado de 3 pares de hojas más cotiledones desplegados) de *Araujia sericifera* a los 21 días de la aplicación de los herbicidas en postemergencia. La línea vertical a trazos indica la altura media de las plantas en el momento del tratamiento. Las barras indican la media de 5 plantas y las letras a continuación de cada barra indican significancia estadística entre medias cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Figure 5. Height of the plants of *Araujia sericifera* (unfolded cotyledons plus 3 pairs of leaves stage) at 21 days after treatment with post-emergence herbicides. The vertical dotted line represents the mean of the height of the plants at treatment day. Bars represent the mean of 5 plants and letters following each bar show statistical significance when they differ from other bar (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

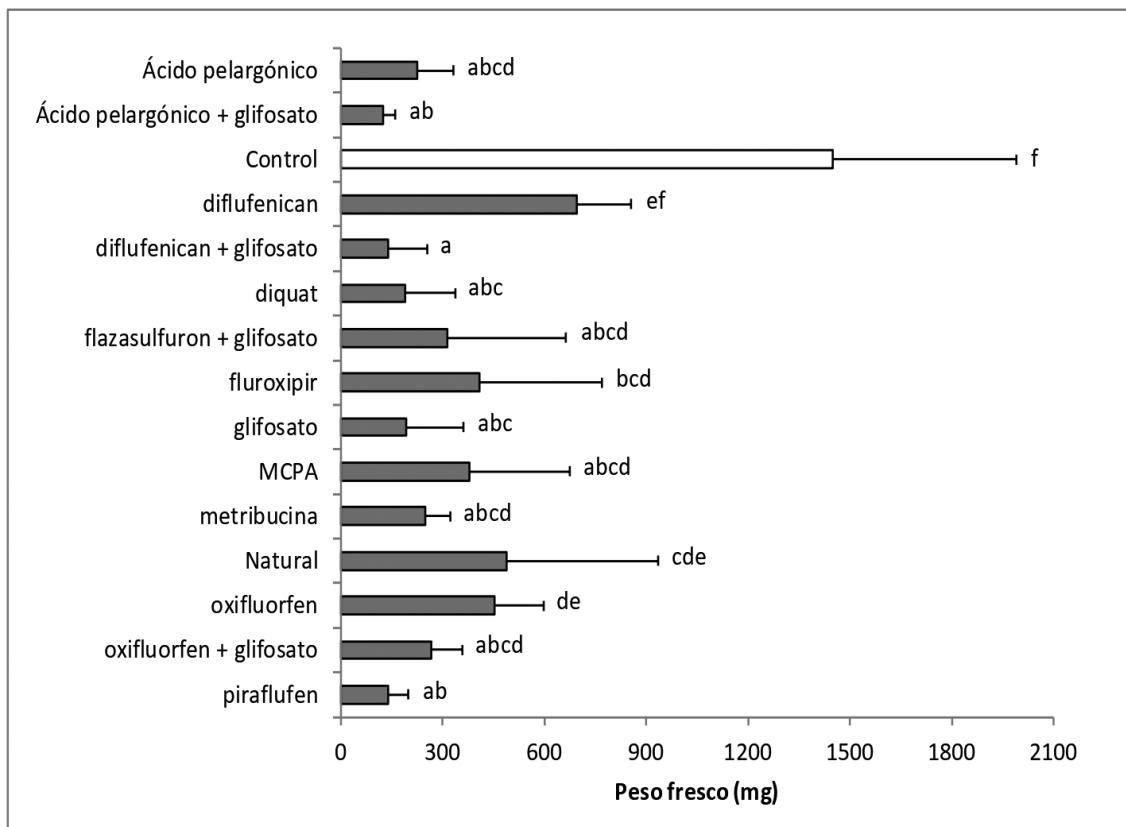


Figura 6. Peso fresco por planta (estado de 3 pares de hojas más cotiledones desplegados) de *Araujia sericifera* a los 21 días de la aplicación de los herbicidas en postemergencia. Las barras indican la media de 5 plantas y las letras a continuación de cada barra indican significancia estadística entre medias cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Figure 6. Fresh weight per *Araujia sericifera* plant (unfolded cotyledons plus 3 pair of leaves stage) at 21 days after treatment with post-emergence herbicides. Bars represent the mean of 5 plants and letters following each bar show statistical significance when they differ from other bar (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

Tabla 3. Fitotoxicidad en *Araujia sericifera* en 2 estados fenológicos distintos (cotiledones desplegados y cotiledones + 3 pares de hojas desplegadas) a los 7 y 21 días después del tratamiento con los herbicidas de postemergencia mediante una escala visual del 0 al 10 (0 = planta sana y 10 = planta muerta). Los números indican la media de 10 y 5 plantas y las letras a continuación de cada número indican significancia estadística entre medias de una misma columna cuando éstas son distintas (Test LSD Fisher $P < 0,05$).

Table 3. *Araujia sericifera* phytotoxicity in 2 different phenological stages (unfolded cotyledons and unfolded cotyledons + 3 pair of leaves stages) at 7 and 21 days after treatment. Phytotoxicity was evaluated on a 0-10 visual scale (0 = healthy plant and 10 = completely death of plant). Numbers represent the mean of 10 and 5 seedlings and letters following each show statistical significance when they differ from other number in the same column (LSD Fisher test at $P < 0.05$).

| Daño | Cotiledones desplegados | | Cotiledones + 3 pares de hojas desplegadas | |
|-------------------------------|-------------------------|--------|--|-----------|
| | 7 | 21 | 7 | 21 |
| control | 1,0 a | 1,6 a | 1,8 a | 1,8 a |
| diflufenican | 3,0 b | 3,2 b | 1,8 a | 3,2 a |
| metribucina | 4,5 c | 7,5 d | 3,8 b | 7,6 bcdef |
| fluroxipir | 4,6 cd | 5,8 c | 4,8 bc | 6,6 bcd |
| flazasulfuron + glifosato | 5,1 cd | 8,0 de | 4,0 b | 7,0 bcde |
| diflufenican + glifosato | 5,5 cd | 8,0 de | 5,6 cd | 7,0 bcde |
| glifosato | 5,6 d | 8,3 ef | 4,0 b | 8,0 def |
| MCPA | 7,2 e | 8,0 e | 5,0 bc | 6,6 bcd |
| oxifluorfen | 7,3 e | 8,1 e | 7,4 e | 6,6 bcd |
| oxifluorfen + glifosato | 7,7 ef | 8,7 fg | 8,0 e | 7,8 cdef |
| piraflofen | 7,8 ef | 9,0 g | 7,8 e | 8,8 f |
| ácido pelargónico + glifosato | 8,4 f | 8,9 g | 7,4 e | 8,4 ef |
| Natural | 8,4 f | 9,0 g | 7,0 de | 6,4 bc |
| ácido pelargónico | 8,4 f | 8,7 fg | 8,0 e | 6,2 b |
| diquat | 8,6 f | 9,0 g | 8,2 e | 8,8 f |

Referencias bibliográficas

- Andreu J, Vilà M, Hulme PE (2009). An Assessment of Stakeholder Perceptions and Management of Noxious Alien Plants in Spain. *Environmental Management* 43: 1244. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9280-1>
- Calle M (2010). Control de la germinación in vitro de *Araujia sericifera* con aceites esenciales de *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Citrus sinensis* y *Citrus limon*. Tesis de Máster. Universidad Politécnica de Valencia. 58 pp.
- Carretero JL (2004). Flora Arvense Española. Phytoma-España. Valencia. 754 pp.
- Coombs G, Peter CI (2010). The invasive 'mothcatcher' (*Araujia sericifera* Brot.; Asclepiadoideae) co-opts native honeybees as its primary pollinator in South Africa. *AoB PLANTS* 2010: plq021. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plq021>
- Dayan FE, Owens DK, Duke SO (2012). Rationale for a natural products approach to herbicide discovery. *Pest Management Science* 68: 519-528. <https://doi.org/10.1002/ps.2332>
- D'Errico G, Crescenzi A, Landi S (2014). First report of the southern root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on the invasive weed *Araujia sericifera* in Italy. *Plant Disease* 98: 1593. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-14-0584-PDN>
- Duke SO (2012). Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest Management Science* 68: 505-512. <https://doi.org/10.1002/ps.2333>
- Duke SO, Owens DK, Dayan FE (2018). Natural product-based chemical herbicides. En: *Weed Control: Sustainability, Hazards, and Risks in Cropping Systems Worldwide* (Eds. Korres NE, Burgos NR, Duke SO) pp. 153-166. CRC Press, Boca Ratón, FL, EE.UU. <https://doi.org/10.1201/9781315155913>
- Gómez de Barreda D (1976). *Araujia sericifera* Brot., mala hierba trepadora en los agrios españoles. *Levante Agrícola* 205: 13-15.
- Gómez de Barreda D (1997). La cuarentena en malherbología. *Phytoma* 94: 16-21.
- MAGRAMA (2013). Real decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. BOE, núm. 185, de 3 de agosto de 2019, pp. 56764-56786.
- Parrella G, Greco B, Cennamo G, Griffio R, Stinca A (2013). *Araujia sericifera* new host of alfalfa mosaic virus in Italy. *Plant Disease* 97: 1387. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-13-0300-PDN>
- Sobrino E, Sanz-Elorza M, Dana E, González-Moreno A (2002). Invasibility of a coastal strip in NE Spain by alien plants. *Journal of Vegetation Science* 13: 585-594. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02085.x>
- Senseman SA (2007). *Herbicide Handbook*, 9th Ed. Weed Science Society of America, KS, EE.UU. 458 pp.
- Singh M, Ramirez AHM, Jhala AJ, Malik M (2012). Weed control efficacy and citrus response to flazasulfuron applied alone or in combination with other herbicides. *American Journal of Plant Sciences* 3: 520-527. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.34062>
- Verdú AM, Mas MT (2007). Mulching as an alternative technique for weed management in mandarin orchard tree rows. *Agronomy for Sustainable Development* 27: 367-375. <https://doi.org/10.1051/agro:2007028>
- Vivian-Smith G, Panetta FD (2005). Seedling recruitment, seed persistence and aspects of dispersal ecology of the invasive moth vine, *Araujia sericifera* (Asclepiadaceae). *Australian Journal of Botany* 53: 225-230. <https://doi.org/10.1071/BT04118>
- Ward BG, Henzell RF, Holland PT, Spiers AG (1999). Non-Sprays Methods to Control Invasive Weeds in Urban Areas. *Proceedings of the 52nd New Zealand Plant Protection Conference* 1999: 1-5.

(Aceptado para publicación el 8 de enero de 2020)