

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SEDE DEL ATLÁNTICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO CON
EL GRADO DE LICENCIADO EN AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE DOS FUENTES DE VINAGRE
CON POTENCIAL HERBICIDA Y SU MEZCLA PARA EL CONTROL DE *POA
ANNUA* L. Y *AMARANTHUS VIRIDIS* L., EN LA SUB-ESTACIÓN FRAIJANES,
ALAJUELA, 2022**

SUSTENTANTE:

ALVARO JOSÉ BOZA ALÁN

DIRECTORA:

LICDA. MARY PAMELA PORTUGUEZ GARCÍA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE DOS FUENTES DE VINAGRE
CON POTENCIAL HERBICIDA Y SU MEZCLA PARA EL CONTROL DE *POA
ANNUA* L. Y *AMARANTHUS VIRIDIS* L., EN LA SUB-ESTACIÓN FRAIJANES,
ALAJUELA, 2022**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO CON
EL GRADO DE LICENCIADO EN AGRONOMÍA

Dra. Rosibel Orozco Vargas

PRESIDENTA

Lic Mary Pamela Portuguez García

DIRECTORA DE TESIS

Mary Paul

Dr. Renán Agüero Alvarado

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Renán

Dr. Alvaro Ureña Padilla

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Alvaro Ureña Padilla

Lic Kenneth Largaespada Zelaya

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Kenneth

Alvaro José Boza Alán

SUSTENTANTE

Alvaro José Boza Alán

Dedicatoria

A Dios inicialmente, por brindarme la tranquilidad, la fuerza y la perseverancia para poder finalizar este proceso.

A mi madre Rose Emile Alán Fonseca,

A mis hermanas Laura, Alejandra y Ana Boza Alán.

Agradecimientos

A mi directora Lic. Mary Pamela Portuguez García, por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, por su apoyo constante y sus consejos, así como por compartir su conocimiento y guiarme a través del proceso de la presente tesis de principio a fin.

Al Dr. Renán Agüero Alvarado quien, con su trabajo en conjunto con la directora, siempre me brindó sus valiosos aportes. Por compartir sus conocimientos y consejos siempre de forma tan amable y profesional.

Al Dr. Alvaro Ureña Padilla, por compartir sus conocimientos, su apoyo constante, sus consejos, y su buena disposición y motivación mientras puntualizaba, firmemente, la importancia de la realización de este trabajo de investigación.

A M.Sc. María Isabel Gonzáles Lutz, le agradezco por su gran aporte en el área de la estadística de este proyecto. Además, estoy agradecido por su buena disposición, sus consejos y por la forma tranquila y amable con la que siempre se expresó.

Al personal docente y administrativo de la Estación Experimental Agrícola Fabio Moreno y Sub-Estación Experimental Fraijanes, así como al personal del laboratorio de malezas en la EEAFBM. A los señores Juan Carlos, Mauricio, José y Roberto, que estuvieron siempre dispuestos a colaborar en la realización de las diferentes labores durante los ensayos.

Le agradezco a toda mi familia, porque son lo más sagrado que tengo. Agradezco a mi madre Rose Emile Alán Fonseca, mis hermanas Laura, Alejandra y Ana Boza Alán por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo, cariño y tranquilidad. A mis sobrinas, primos, primas, tíos y abuelas que siempre estuvieron presentes apoyándome. Infinitas gracias a todos.

A mis amigos. Con quienes compartí dentro y fuera de las aulas. Gracias a todos por sus consejos y por escucharme durante la realización de la tesis.

Índice General

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Índice de Cuadros.....	8
Índice de Figuras.....	10
Resumen.....	13
Título de la Investigación.....	14
Justificación.....	14
Planteamiento del Problema y Preguntas de Investigación.....	15
Hipótesis o Premisas de Investigación.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Teórico de Referencia.....	17
Las Arvenses.....	17
Descripción de las Especies Utilizadas.....	18
Poa annua L.....	18
Amaranthus viridis L.....	20
El Vinagre.....	22
Generalidades del Ácido Acético.....	22
Uso del Vinagre como Potencial Herbicida.....	23
Ventajas y Desventajas.....	24
Ácido Acético Glacial.....	24
Vinagre de Madera.....	25
Metodología.....	28

Ubicación de la Investigación	28
Nivel de la Investigación.....	28
Definición de las Variables	28
Diseño Experimental.....	29
Población y Muestra.....	38
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	39
Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	39
Resultados	40
Experimento A	40
Grado de Daño.....	40
Mortalidad	43
Experimento B.....	43
Grado de Daño.....	44
Mortalidad	48
Experimento C.....	48
Grado de Daño.....	49
Mortalidad	53
Experimento D	54
Grado de Daño.....	54
Mortalidad	59
Experimento E.....	59
Grado de Daño.....	60
Mortalidad	65
Discusión.....	66
Conclusiones.....	71

Referencias.....	72
Anexos	81
Anexo 1.	81
Anexo 2.	84
Anexo 3.	87
Anexo 4.	89
Anexo 5.	91
Anexo 6.	92
Anexo 7.	93
Anexo 8.	93
Anexo 9.	93
Anexo 10.	94
Anexo 11.	94
Anexo 12.	95

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Escala de clasificación del grado de daño, para evaluaciones de los experimentos A, B, C, D y E.....	29
Cuadro 2. Arreglo de experimentos A, B y D, de acuerdo con sus fuentes, dosis y especies de arvenses.....	30
Cuadro 3. Arreglo de experimentos C y E para la mezcla de las fuentes de vinagre, de acuerdo con sus dosis y especies de arvenses.....	30
Cuadro 4. Concentración de los componentes del vinagre de madera (Oro Negro), según la dosis al 5%, 10% y 15%.....	31
Cuadro 5. Grado de daño promedio a los 15 DDA de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de <i>P. annua</i> y <i>A. viridis</i> , con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.	40
Cuadro 6. Grado de daño promedio a los 15 DDA de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de <i>P. annua</i> y <i>A. viridis</i> , con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.....	44
Cuadro 7. Grado de daño promedio a los 15 DDA de la mezcla de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de <i>P. annua</i> y <i>A. viridis</i> , con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.	49
Cuadro 8. Grado de daño promedio a los 15 DDA de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de <i>P. annua</i> y <i>A. viridis</i> , con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.	54
Cuadro 9. Número de plantas muertas promedio a los 15 DDA para el experimento D, según las dosis de fuentes de vinagre, testigos y su respectiva especie. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.	59
Cuadro 10. Grado de daño promedio a los 15 DDA de la mezcla de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de <i>P. annua</i> y <i>A. viridis</i> , con sus respectivas dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.	60
Cuadro 11. Número de plantas muertas promedio a los 15 DDA para el experimento E, según las mezclas de dosis de fuentes de vinagre, testigos y su respectiva especie. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.	65

Cuadro 12. Resumen de promedios de grado de daño de los experimentos A, B, C, D y E, y su significancia en contraste con el testigo correspondiente. 66

Índice de Figuras

Figura 1. Planta de <i>Poa annua</i> L. desarrollada, en campo. A: vista general de la planta, B: lígula, C: inflorescencia, en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2022.....	19
Figura 2. Planta de <i>Amaranthus viridis</i> L. desarrollada. A: vista general de la planta, B: tallo y disposición de las hojas, C: hojas, D: inflorescencia, en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, 2022.	21
Figura 3. Medición de condiciones abióticas durante las aplicaciones y evaluaciones de los experimentos en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.	33
Figura 4. Herramientas utilizadas en las aplicaciones de los experimentos A, B, C. A: materiales para mezcla de tratamientos y B: bomba manual Carpi, en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.	34
Figura 5. Aplicación de tratamientos en el mes de noviembre (experimentos D y E), en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.	36
Figura 6. A: proceso de calibración previo a aplicación de los tratamientos, B: disposición de potes para la aplicación y C: ordenamiento de tratamientos (experimentos A, B y C), en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.	37
Figura 7. Proceso de obtención de plántulas a través de: A: almacigo en ambas especies de arvenses, B: proceso de trasplante y C: colocación de potes en invernadero con su respectivo sistema de riego, en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.....	38
Figura 8. Efecto de diferentes dosis de vinagre de madera sobre <i>P. annua</i> a los 15 DDA, a 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.	41
Figura 9. Efecto de diferentes dosis de vinagre de madera sobre <i>A. viridis</i> a los 15 DDA, a 5% (A), 10% (B) y testigo sin vinagre (C). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.	42
Figura 10. Sintomatología observada a los 15 DDA el vinagre de madera al 15% en <i>P. annua</i> (pote 18) (A), y vinagre de madera al 10 % en <i>A. viridis</i> pote 38 (B) y pote 10 (C). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.....	43

- Figura 11.** Efecto a los 15 DDA de diferentes dosis de vinagre glacial al 5% (A), 10% (B), 15% (C), vinagre de madera al 5% (D), 10% (E), 15% (F) testigo sin vinagre (G), sobre *P. annua*. Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021. 45
- Figura 12.** Efecto a los 15 DDA de diferentes dosis de vinagre glacial al 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D), sobre *A. viridis*. Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021..... 46
- Figura 13.** Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA el vinagre glacial al 5% (pote 51) (A) y 15% (pote 5) (B), vinagre de madera al 5% (pote 57) (C) y 15% (pote 26) (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021..... 47
- Figura 14.** Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA el vinagre glacial al 10% (pote 7 [A] y 38 [B]) y 15% (pote 52 [C] y 65 [D]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021..... 48
- Figura 15.** Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *P. annua* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021. 50
- Figura 16.** Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *A. viridis* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021..... 51
- Figura 17.** Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA las mezclas de fuentes de vinagre, VG 10% + VM 10% (pote 21 [A] y 29 [B]) y VG 15% + VM 15% (pote 18 [C] y 13 [D]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021. 52
- Figura 18.** Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA las mezclas de fuentes de vinagre, VG 5% + VM 5% (pote 11 [A] y 32 [B]), VG 10% + VM 10% (pote 25 [C] y 8 [D]) y VG 15% + VM 15% (pote 36 [E] y 28 [F]). EEF, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021. 53
- Figura 19.** Efecto de diferentes dosis de vinagre glacial (con coadyuvante) a los 15 DDA sobre *P. annua* al 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021. 55
- Figura 20.** Efecto de diferentes dosis de vinagre glacial (con coadyuvante) a los 15 DDA sobre *A. viridis* al 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021..... 56

- Figura 21.** Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA al aplicar vinagre glacial al 5% (pote 13 [A] y pote 51 [B]), 10% (pote 42 [C] y pote 19 [D]) y 15% (pote 36 [E] y pote 5 [F]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021. 57
- Figura 22.** Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA al aplicar vinagre glacial al 5% (pote 45 [A] y pote 23 [B]), 10% (pote 21 [C] y pote 7 [D]) y 15% (pote 65 [E] y pote 52 [F]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021. 58
- Figura 23.** Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *P. annua* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021..... 61
- Figura 24.** Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *A. viridis* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021..... 62
- Figura 25.** Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA de las mezclas de fuentes de vinagre, VG 5% + VM 5% (pote 30 [A] y 19 [B]), VG 10% + VM 10% (pote 21 [C] y 39 [D]) y VG 15% + VM 15% (pote 40 [E] y 4 [F]). EEF, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021..... 63
- Figura 26.** Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA de las mezclas de fuentes de vinagre, VG 5% + VM 5% (pote 11 [A] y 32 [B]), VG 10% + VM 10% (pote 15 [C] y 25 [D]) y VG 15% + VM 15% (pote 17 [E] y 3 [F]). EEF, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021..... 64

Resumen

El uso excesivo de herbicidas en la agricultura produce efectos negativos en los agroecosistemas, esto conlleva a la necesidad de encontrar alternativas que ayuden a mitigarlos. Los herbicidas naturales resaltan como parte de estas opciones debido a sus ventajas, pero se deben realizar estudios que demuestren su efectividad dependiendo de las variables de las regiones agrícolas y las características de las arvenses. Los ensayos se realizaron en los meses de la época lluviosa (junio, octubre y noviembre) del 2021, en un invernadero de la Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, de la Universidad de Costa Rica. Se evaluó el efecto fitotóxico de dos fuentes de vinagre: vinagre glacial (99%) (dosis al 5% [9,9 kg i.a/ha], 10% [19,9 kg i.a/ha] y 15% [29,8 kg i.a/ha]) y vinagre de madera (dosis al 5% [0,253 kg i.a/ha], 10% [0,506 kg i.a/ha] y 15% [0,759 kg i.a/ha]), ambas fuentes por separado, y en mezcla (5% + 5%, 10% + 10% y 15% + 15%), en posemergencia temprana y posemergencia tardía sobre dos especies de arvenses: *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L. La unidad experimental fue un pote con cinco plantas de una especie. Se realizaron cinco experimentos: el experimento A se efectuó en posemergencia tardía, en donde solo se aplicaron las fuentes de vinagre por separado; en el experimento B se aplicaron las fuentes por separado, y para el C, las fuentes en mezcla, ambos en posemergencia temprana. El experimento D y E se realizaron en posemergencia tardía, en donde para el B se aplicaron las fuentes por separado y en el E en mezcla; además, se les adicionó a estos últimos dos experimentos el coadyuvante compuesto por heptametiltrisiloxano (84% p/p). Se evaluaron dos variables, una es el grado de daño mediante una escala visual y el número de plantas muertas mediante conteo. El diseño estadístico de todos los experimentos fue un irrestricto al azar, incluyendo el testigo sin aplicación. Los datos fueron analizados en el programa JMP, mediante regresión logística en el caso del número de plantas muertas, y mediante ANOVA, en caso del grado de daño. Además, se utilizó la prueba de Dunnett (grado de daño) para observar diferencias significativas entre tratamientos y el testigo. Las aplicaciones de las fuentes por separado y en mezcla no causaron una mortalidad significativa; no obstante, sí se obtuvo un grado de daño significativo en ambos estadios de emergencia. En posemergencia temprana, *P. annua* presentó daños en todos los tratamientos de las fuentes de vinagre por separado, mientras que *A. viridis* presentó daños solo con los tratamientos con vinagre de madera. Al realizar las mezclas de fuentes, ambas especies resultaron dañadas, a excepción del tratamiento al 5% en *P. annua*. En posemergencia tardía, todas las dosis

de vinagre de madera dañaron ambas especies, mientras que solo el vinagre glacial al 15% causó un grado de daño en *P. annua*. La adición del coadyuvante mejoró levemente la severidad de los síntomas, pero este no sobrepasó el grado de daño 2 en posemergencia tardía.

Título de la Investigación

Evaluación del efecto fitotóxico de dos fuentes de vinagre con potencial herbicida y su mezcla para el control de *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L., en la Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, 2022.

Justificación

Con este proyecto se espera generar información nueva y útil para ingenieros y agricultores que buscan alternativas o propuestas diferentes al uso convencional de herbicidas químicos. Se estudiaron dos fuentes de ácido acético, solas y en mezcla, sobre dos arvenses muy conocidas en los agroecosistemas: *P. annua* y *A. viridis*.

Recientemente, en países como Honduras, México, Brasil, entre otros, se realizan nuevos estudios sobre herbicidas naturales, pero en Costa Rica la información es escasa con respecto a este tipo de productos o sustancias utilizadas para este fin. (Arce Reyes, 2001; I. Khan y Khan, 2015; Pereira Giardini Bonfim *et al.*, 2018)

Históricamente, el mundo se ha visto en la necesidad de incrementar la producción de alimentos debido al aumento de la población, lo que provoca la formación de cultivos extensivos que causan cierto grado de desequilibrio en el ambiente. Este desequilibrio puede contribuir con el desarrollo de plagas y enfermedades que atacan las plantaciones, viéndose en la necesidad de depender, en forma creciente, de los plaguicidas. (Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014)

Entre estos plaguicidas se encuentran los herbicidas, su uso indiscriminado e inadecuado ha causado efectos negativos, como la contaminación ambiental, daños en la salud de las personas, aumento en los costos de producción, daños en cultivos cercanos y principalmente, la generación de resistencia de las diversas malezas que se busca combatir. (Ramírez *et al.*, 2017)

En contraste, la utilización de herbicidas de origen natural conlleva diversas ventajas, ya que son biodegradables (baja toxicidad), contienen una gran cantidad de estructuras moleculares (aleloquímicos) y la posibilidad de generar resistencia a estas sustancias por parte de las arvenses es baja, es por ello por lo que el impacto sobre el ambiente es mínimo. (García Mateos *et al.*, 2013)

Con esta investigación se busca aportar sobre el efecto fitotóxico del vinagre sobre dos especies de arvenses en invernadero.

Planteamiento del Problema y Preguntas de Investigación

¿Cuál es el efecto fitotóxico de dos fuentes de vinagre, solas y en mezcla, para el control de dos especies de arvenses: *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L. en invernadero, en la Sub-Estación Fraijanes, Alajuela?

¿Cuál o cuáles dosis de dichas sustancias resultan ser más efectivas?

¿Cuál es su posible efecto en la población de especies estudiadas?

El mundo se vio en la necesidad de incrementar la producción de alimentos debido al aumento acelerado de la población, esto llevó a un proceso llamado “Revolución Verde”, en donde para alcanzar los rendimientos requeridos se utilizaron nuevas variedades de cereales, fertilizantes, riego y principalmente, plaguicidas. Estos últimos han sido objeto de debate por el impacto que generan en el ambiente y la salud de las personas. Se estima que para el año 2020, la producción de plaguicidas en el mundo alcanzó los $6,5 \times 10^6$ Ton de ingrediente activo (i.a.). (March, 2014)

Costa Rica se conoce a nivel mundial, como uno de los países con mayor importación y consumo de plaguicidas (24,6 kg i.a./ha/año), siendo los herbicidas (30%) uno de los más utilizados, solo por debajo de los fungicidas (45%). El glifosato es el segundo i.a. de más consumo en el país, con efectos en la salud como posible cancerígeno (o el de las sustancias generadas a partir de su metabolización por la planta), daños en los cromosomas y ADN, causante de enfermedades neurodegenerativas, contaminante de aguas por escorrentía, ríos y lagunas; puede ser tóxico para organismos que habitan el suelo y agua, entre otras problemáticas, por lo cual se cataloga como altamente peligroso (HHP). Su empleo constante ha causado la generación de

resistencia en malezas (248 biotipos en el mundo); en nuestro país se reportan dos especies resistentes (*Eleusine indica* y *Paspalum paniculatum*) a este herbicida. (Ramírez *et al.*, 2017)

En el país, otro herbicida que ha tenido repercusiones ambientales es el bromacil, utilizado en la producción piñera. Este ha llegado a contaminar las aguas subterráneas y ha estado prohibido desde mayo del 2017, pero estudios recientes confirman su presencia en aguas subterráneas de la zona norte de nuestro país. (Sancho, 2018)

Es por lo anterior que el problema principal radica en el impacto, ya sea ambiental, económico o en la salud de las personas, que generan los herbicidas convencionales en la agricultura de Costa Rica. Entre las causas por las cuales no se han aplicado productos alternativos a los tradicionales están la alta dependencia que se ha generado por su uso constante, ya que estos resultan ser muy eficientes, además de que los estudios sobre el potencial de productos naturales son escasos y poco difundidos.

Con la aplicación de este tipo de productos naturales se procura disminuir la mayoría de efectos negativos que causa el uso de herbicidas sintéticos en los distintos agroecosistemas. Conforme aumenten las necesidades de alimentación de la población, mayor será el consumo de estos productos nocivos y contaminantes. Por lo anterior, se hace necesario el estudio de nuevas prácticas y alternativas que sean efectivas y con el menor impacto negativo posible.

Hipótesis o Premisas de Investigación

- La aplicación de las fuentes de vinagre, solas y/o en mezcla, provocará mortalidad o un grado de daño en *Poa annua* y *Amaranthus viridis*.
- A mayor concentración de ácido acético (vinagre) de cualquiera de las fuentes o de las mezclas, más severo será el efecto quemante sobre las malezas a estudiar, en comparación con los testigos.
- Las mezclas de las fuentes de ácido acético (experimento C y E) causarán un mayor grado de daño y mortalidad en las arvenses utilizadas, en comparación con las aplicaciones de los experimentos A, B y D (cada fuente por separado).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto fitotóxico de dos fuentes de vinagre con potencial herbicida, por separado y en mezcla, sobre las malezas: *Poa annua* y *Amaranthus viridis*, en dos estadios de emergencia, en invernadero.

Objetivos Específicos

- Evaluar la efectividad fitotóxica de las fuentes de ácido acético sobre las arvenses *P. annua* y *A. viridis* en posemergencia temprana y posemergencia tardía.
- Evaluar la efectividad de las dosis al 5% (v/v), 10% (v/v) y 15% (v/v) de las dos fuentes de vinagre y su mezcla, en posemergencia temprana y posemergencia tardía.
- Comprobar si la mezcla de coadyuvante (heptametiltrisiloxano [84% p/p]) con las fuentes de ácido acético utilizadas, mejoran su capacidad fitotóxica en posemergencia tardía.

Marco Teórico de Referencia

Las Arvenses

La actividad agrícola crea un cambio en el agroecosistema que, según Menalled (2010), causa la aparición de otras plantas que compiten con los cultivos por agua, luz y nutrientes, mejor conocidas como arvenses; ubicándose en el mismo nivel trófico que el cultivo y apareciendo, aunque no hayan sido sembradas, causando pérdidas en los rendimientos, en la calidad del producto, dificultan las labores agrícolas, además de que pueden ser hospederas de diversas plagas y enfermedades. La presencia de malezas en un tiempo y lugar determinado depende de sus características fisiológicas, la diversidad genética en la población, la perturbación y los recursos presentes en el ambiente. (Davis, 2017)

Descripción de las Especies Utilizadas

Poa annua L.

- **Taxonomía y Morfología.**

A esta planta se le conoce comúnmente como pelo de ratón, espiguilla, hierba de puerco, *annual bluegrass* (EEUU), *meadowgrass* (Europa), *wintergrass* (Australasia), entre otros (Delascio y Nozawa, 2010; Granados, 2011; Mao y Huff, 2012; UNAVARRA, s. f.). Del reino *plantae*, subreino *Tracheobinta*, superdivisión *Espermatophyta*, división *Magnoliophyta*, clase *Liliopsida*, subclase *Commelinidae*, orden *Cyperales*, familia *Poaceae*, género *Poa* L., especie *Poa annua* L. (USDA, s. f.-b)

P. annua es una planta de hábito anual, de tallos cortos (cespitosa) que pueden llegar a crecer de entre 5 a 35 cm de largo, erectos o decumbentes que ramifican desde la base (formación de macolla), los cuales pueden formar de 1 a 2 ramas en el nudo inferior, de hojas glabras (por el haz y envés), lineares que miden de 5 a 11/20 cm de largo y de 1 a 5 cm de ancho, con lígula de 1 a 4 mm de ancho, de ápice cóncavo. Las espigas de 3 a 5,5 mm de largo con 3 a 6 flores. La inflorescencia es una panícula terminal piramidal con ramas cortas, las cuales miden de 1 a 15 cm de largo (puede florear todo el año), abierta, hermafrodita, glumas desarticuladas por encima de los flúsculos (2 a 6) (Figura 1). Su fruto es una cariopsis. Sus raíces son fibrosas y abundantes (Granados, 2011; Perdomo *et al.*, 2008; Pohl y Davidse, 2009)



Figura 1. Planta de *Poa annua* L. desarrollada, en campo. A: vista general de la planta, B: lígula, C: inflorescencia, en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2022.

- **Distribución.**

Esta especie de gramínea se presume que fue introducida desde Europa (afectando cultivos en países como Alemania, Inglaterra, Bélgica), la cual tiene una amplia distribución (cosmopolita), ya que ha sido identificada en zonas tanto árticas, antárticas y templadas del mundo (a más de 69° norte y 60° sur de latitud), en sistemas urbanos como en agrícolas, de preferencia en áreas húmedas y abiertas, de altitudes de entre los 800 a los 1500 msnm. En nuestro país se le considera una maleza, ya que ha llegado a afectar cultivos de zonas altas, como cebolla, zanahoria y otras hortalizas, y por su capacidad de producir grandes cantidades de semilla en las diferentes estaciones del año (de 30.000 a 210.000 semillas/m²). (Granados, 2011; Mao y Huff, 2012; Pohl y Davidse, 2009; Rodríguez *et al.*, 2015)

Se han encontrado poblaciones resistentes de *P. annua* a diferentes herbicidas alrededor del mundo. En Australia se identificó la resistencia a glifosato, paraquat, úreas sustituidas, triazínicos y dinitroanilinas, propizamida, simazina, rimsulfuron, foramsulfuron, endothall y pinoxaden. También en Estados Unidos se identificaron poblaciones con resistencia a tres distintos modos de acción (inhibidores del fotosistema II [diuron, atrazina, amicarbazone], inhibidores de acet-olactato sintasa, inhibidor del ensamblaje de microtúbulos) (Barua *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2015; Singh *et al.*, 2021; Svyantek *et al.*, 2016). En Costa Rica se ha reportado la resistencia a un herbicida ampliamente utilizado: el cletodim (inhibidor del ACCasa). (Rodríguez *et al.*, 2015)

***Amaranthus viridis* L.**

- **Taxonomía y Morfología.**

Conocida comúnmente como bledo, o en inglés como *slender amaranth*, es una arvense perteneciente al reino *Plantae*, subreino Traqueobionta, superdivisión Espermatófita, división Magnoliófito, clase Magnoliosida (dicotiledónea), subclase *Caryofilidae*, orden *Cariofillidae*, familia *Amarantaceae*, género *Amaranthus* L. (USDA, s. f.-a)

A. viridis es una hierba de hábito anual, erecta o decumbente, que puede llegar a crecer de 10 a 60 cm de alto, su tallo es delgado, anguloso y glabro, cuyas ramas se forman desde la base hacia arriba, las hojas son alternas de forma ovada o elíptica midiendo de entre 1,2-5,5 x 0,5-4 cm, glabras o con tricomas en la nervación principal, pecioladas largas, de ápice levemente emarginado, la inflorescencia terminal es una panícula compuesta de espigas (delgadas, axilares o terminales), la flor es verde, pequeña, unisexual, cuyas flores masculinas y femeninas están entremezcladas con tres tépalos y tres estambres (figura 2), los frutos pequeños pueden ser lisos o rugosos, subglobosos, además de indehiscentes; por último, sus semillas son pequeñas de color café oscuro a negro, de 1mm de diámetro y finamente punteadas. (De Egea *et al.*, 2018; Flora de Costa Rica, s. f.; Hanan y Mondragón, 2009; Manual de plantas de Costa Rica, 2021)

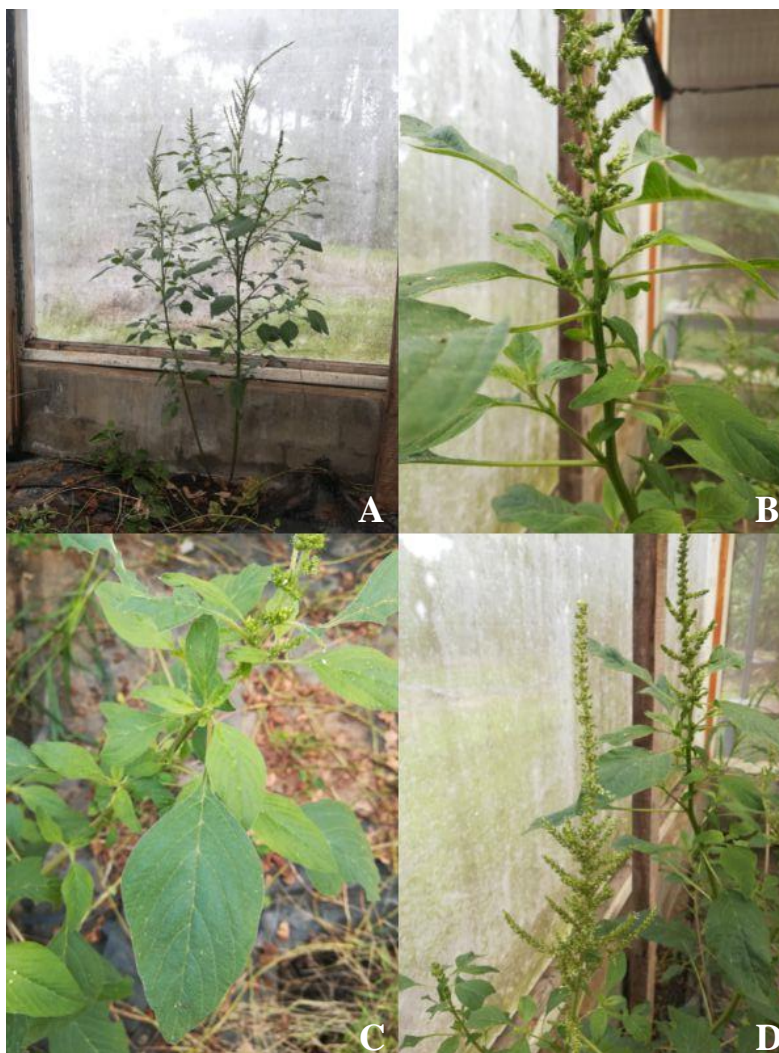


Figura 2. Planta de *Amaranthus viridis* L. desarrollada. A: vista general de la planta, B: tallo y disposición de las hojas, C: hojas, D: inflorescencia, en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, 2022.

- **Distribución.**

Gracias a las diversas características fisiológicas (planta de vía fotosintética C4 y alta cantidad de compuesto alelopáticos) y reproductivas (7.000 semillas/planta) de esta arvense, la convierten en una especie con una alta capacidad invasiva. Algunos autores indican que es nativa de los Estados Unidos, otros de América Central, pero se puede encontrar dispersa ampliamente desde 30° N y 30° S de latitud, principalmente en zonas cálidas, trópicos y subtrópicos,

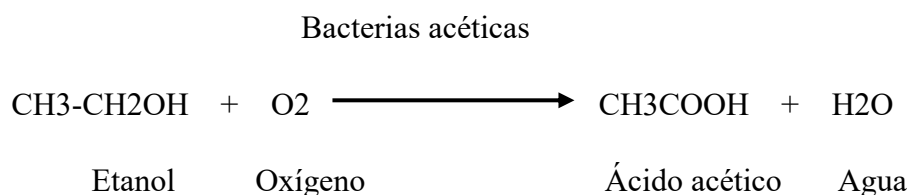
convirtiéndola, así, en una maleza en más de 50 cultivos e identificada en alrededor de 80 países en el mundo (América, Oceanía, África, etc.). (A. Khan *et al.*, 2022; Sanon *et al.*, 2009; Thomas *et al.*, 2006)

Se han presentado casos de resistencia a glifosato en cultivo de cítricos y trifloxisulfuron-sodio (ALS herbicida) en cultivo de algodón en Brasil (Alcántara De la Cruz *et al.*, 2020; Francischini *et al.*, 2014). En Costa Rica no se registran reportes de resistencia a algún herbicida.

El Vinagre

Generalidades del Ácido Acético

El vinagre es una sustancia derivada de dos reacciones químicas sucesivas, en donde, primero, se transforman los azúcares en alcohol y una segunda reacción donde el alcohol se transforma en ácido acético por acción de bacterias en presencia del oxígeno del agua, para lo cual se pueden utilizar diversas materias primas, como por ejemplo, frutas y verduras (Droulhiolle, 2015). A continuación, se muestra la segunda reacción química para producir ácido acético:



El ácido acético proviene de la familia de los ácidos carboxílicos, es conocido también como ácido etanoico, ácido metanocarboxílico y ácido etílico. Su punto de ebullición es a los 118 °C, cuenta con un 100% de porcentaje de volatilidad, presenta una solubilidad completa en el agua, su olor y color varían de acuerdo con la fuente o el tipo de vinagre. (Arce Reyes, 2001)

Según el Reglamento de Agricultura Orgánica n.º 29782-MAG del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), se decreta que los productos ácidos naturales como el vinagre que se utilicen en el plan de manejo de finca orgánica son de uso restringido, por lo que deben ser reportados a los organismos o entidades de certificación para su autorización. (SFE, 2001)

Uso del Vinagre como Potencial Herbicida

Desde hace varios años se conoce de la capacidad y propiedades del vinagre para controlar ciertas malezas, considerándose como una alternativa económica y amigable con el ambiente, por lo que países como Honduras, Estados Unidos, Ecuador, España, entre otros, han iniciado investigaciones sobre su efectividad y selectividad hacia las malezas, así como su posible incidencia en los cultivos y el ambiente, propios de su región. (Arce Reyes, 2001; Comis, 2002; Evans *et al.*, 2011; Evans y Bellinder, 2009; Montero Cedeño *et al.*, 2016)

En Honduras se realizaron pruebas para determinar la efectividad del ácido acético a tres porcentajes de acidez (al 5%, 8% y al 10%), aplicándose tres diferentes dosis y tomando como variables a evaluar el tiempo de emergencia, cambio en la acidez del suelo, concentración ideal de aplicación y cambios en el tipo de maleza presente. Al analizar los datos se obtuvo que no hubo un cambio de pH en el suelo, se confirmó la mayor afectación hacia malezas de hoja ancha, no así para las de tipo gramíneas y ciperáceas causando el descontrol de estas dos últimas, además de que a dosis altas el herbicida natural es más eficaz en la reducción de poblaciones de hojas anchas, recomendando la utilización de otros productos que se puedan mezclar para aumentar el control de las demás malezas. (Arce Reyes, 2001)

En Estados Unidos se probó el vinagre como controlador de malezas presentes en los surcos de cultivos de brócoli y pimiento para reducir el costo de producción y el efecto negativo de los herbicidas comunes en los cultivos. Al final de la investigación se concluyó que el costo de la utilización del vinagre resulta elevado, además de que puede dañar el cultivo, causando disminuciones en los rendimientos. Se confirma su efectividad como herbicida, pero se recomienda la utilización de barreras o prácticas que eviten el contacto del vinagre con el cultivo. (Evans *et al.*, 2011)

En contraste con lo anterior, Comis (2002) afirma que la utilización del vinagre resulta mucho más económico y amigable con el ambiente (de rápida degradación) que los herbicidas químicos sintéticos, además de que no dañan ciertos cultivos, como es el caso del maíz. Explica que las aplicaciones a una concentración del 5% o al 10 % es suficiente para eliminar malezas, pero en etapas juveniles de desarrollo, ya que plantas maduras requieren de dosis mucho mayores para ser afectadas.

Otra investigación buscó evaluar el efecto del volumen, concentración y tiempo de aplicación del vinagre para el control de malezas en los cultivos de maíz dulce, papa y cebolla. Se concluyó que en cualquiera de las variables utilizadas, las aplicaciones en etapas tempranas, tanto de los cultivos como de las malezas, llegan a verse afectadas, por lo que se dice que el vinagre tiene el potencial de eliminar las especies invasoras en estados juveniles. (Evans y Bellinder, 2009)

Estudios realizados por Montero Cedeño *et al.* (2016), concluyen que la utilización de ácido acético no afecta las poblaciones de los microorganismos en el suelo, así como tampoco puede llegar a variar el pH del suelo, además de que resulta un desecante eficaz en sistemas de siembra directa. Estas características resultan favorables para tener más opciones de productos para la agricultura orgánica, la cual tiene estrictos lineamientos para las certificaciones.

Ventajas y Desventajas.

Smith Fiola y Gill (2014) señalan algunas ventajas y desventajas del uso del ácido acético. Así, se pueden mencionar como aspectos favorables, la rápida tasa de muerte, en donde más del 90% de las malezas tratadas mueren en un periodo de alrededor de 24 horas. También resulta un excelente herbicida de contacto para hojas anchas, de fácil degradación en el ambiente, afectan temporalmente a especies gramíneas, además de que calzan adecuadamente en un plan de manejo integrado de plagas.

Entre sus desventajas se habla de que al no ser selectivos, pueden dañar cualquier planta con solo tocarlas. También, para obtener una mayor efectividad, se debe aplicar en plantas juveniles, no llegan a afectar las raíces, por lo que se necesita una mayor cantidad de aplicaciones (pero no menor a cada dos semanas), se pueden retrasar las aplicaciones a causa de las lluvias (de 1 a 2 días). Exposiciones prolongadas y directas a esta sustancia pueden causar afectaciones dérmicas en personas alérgicas y degradación de herramientas o equipo metálico. (Smith Fiola y Gill, 2014)

Ácido Acético Glacial

El ácido acético glacial es un líquido higroscópico, cuyo punto de ebullición se alcanza a los 117,9 °C, tiene una densidad de 1,05 g/ml, resulta ser muy soluble en agua y se debe manejar

con cuidado, ya que puede causar irritación al entrar en contacto con los ojos y piel (Del Río Segovia, 2016). Cuando el ácido acético se encuentra muy concentrado (más del 90%) y es sometido a una temperatura menor a los 16,7 °C, se forman cristales similares al hielo, es por ello por lo que se le llama glacial; además, se produce a través de reacciones catalíticas con petroquímicos, como el metanol, nafta y etanol. (Blech, 2008)

El vinagre glacial se puede obtener al purificar el HOAc mediante procesos industriales, los más comunes son el proceso Monsanto, oxidación de alcoholes, proceso Cativa, oxidación de acetaldehído y la oxidación de etileno, variando en cada proceso o método la concentración del ácido acético. Normalmente lo que se realiza es una destilación fraccionada para eliminar parte del agua y finalmente, se eleva la temperatura de la mezcla de ácido acético con otra sustancia que normalmente es orgánica para poder eliminar el agua restante. (K. Chaves, comunicación personal, 6 de junio del 2019)

Se han realizado diversos estudios sobre la funcionalidad de este vinagre, como por ejemplo, se comprobó la eficacia de este como descontaminante de bacterias en producción avícola, disminuyendo las poblaciones de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp a diferentes dosis y temperaturas (Jiménez et al., 2008); en el manejo postcosecha de racimos de uva se aplicó el AAG vaporizado para controlar el hongo *Botrytis cinérea*, reduciendo la pudrición, inhibiendo el desarrollo de micelio y la germinación de los conidios (Camili et al., 2010). Es importante mencionar que no se encontraron estudios relacionados o precedentes al uso, específicamente, del ácido acético glacial como herbicida.

Vinagre de Madera

El vinagre de madera también es conocido como mokusaku, ácido piroligneo, destilado de madera o bioaceite, el cual es un líquido proveniente del pirólisis de la madera dura, siendo un bioproducto del proceso de carbonización de materiales orgánicos. Compuesto mayoritariamente de agua en un 80-90%, así como de más de 200 compuestos orgánicos, como por ejemplo, ácido acético y orgánico, fenólicos, alcoholes, alcanos y compuestos éster, y dependiendo de la dosis puede actuar como biocida, controlando microorganismos en el suelo, insectos, arvenses, entre otros, así como mejorador del suelo, estimulando el desarrollo de raíces y brotes (Hagner et al., 2013; Koc et al., 2019; Tiilikkala et al., 2010). También puede ser utilizado para ahumar

alimentos, como aditivo de alimento animal, como antioxidante, antimicrobiano, antiinflamatorio y para aumentar la productividad de diversos cultivos. (Sindhu y Zainul Akmar, 2015)

Este vinagre se obtiene mediante un proceso llamado pirólisis, el cual puede ser llevado a cabo de forma rápida (produce bioaceite) o lenta (produce el vinagre). Tiilikkala *et al.* (2010) explican este proceso como una conversión térmica, donde la materia orgánica es procesada bajo una atmósfera sin aire u oxígeno, inerte, a una temperatura aproximada de 500 °C y cuyo producto final, además de carbón, biocarbón y gases que no se condensan, son los destilados (compuestos volátiles condensados).

Debido a los diversos empleos que se le pueden dar a esta sustancia, se han realizado estudios en distintos países, como por ejemplo en Korea (en su mayoría), donde en dos investigaciones se evaluó su efecto al ser mezclado con herbicidas sintéticos, llegando a comprobarse que al disminuir las dosis recomendadas de estos últimos a la mitad, se pueden controlar arvenses (aumento en la eficacia) como la *Echinochloa crusgalli*, *Monochoria vaginalis*, *Scirpus juncooides*, *ludwigia prostrata*, entre otras, siendo algunas mezclas más efectivas que otras. Además, pueden presentar incrementos en los rendimientos y desarrollo de la planta de arroz, y presentando un impacto aceptable en el suelo (Dae Seo *et al.*, 2015; Rico *et al.*, 2007). En la Universidad de Alcalá, España, diversos investigadores trabajan desde el año 2016 en la utilización del este vinagre como potencial herbicida, esto para brindar otra alternativa al uso de glifosato y así disminuir el impacto negativo que conlleva el uso de esta sustancia, aprovechando los restos de biomasa forestal con el objetivo de causar menos daño al ambiente. (Universidad de Alcalá, 2016)

Otras investigaciones que se han realizado en Korea para dicha sustancia reportan actividad antifúngica, que puede ser utilizada en la industria maderera debido a ciertos componentes orgánicos que contiene (fenoles, ácido acético y tolueno) (Velmurugan *et al.*, 2008); también como insecticida, al ser mezclado con la molécula carbosulfan, el efecto sinérgico que se produce entre el vinagre de madera y el carbosulfan aumentan la mortalidad de la plaga de dos especies de saltamontes (*Nilaparvata lugens* y *Laodelphax striatellus*) (Kim *et al.*, 2008), así como un estudio sobre la capacidad que tiene el VM de extraer cobre, cromo y arsénico de residuos de maderas tratadas con conservante de madera CCA (arseniato de cobre cromado), el cual resulta ser muy

contaminante para el ambiente, más aún si la extracción se realiza con sustancias químicas sintéticas. (Yong Seok *et al.*, 2012)

En Tailandia se evaluó la eficacia del VM (proveniente de madera del árbol de caucho) como un agente antifúngico y eliminador del mal olor en láminas de goma y goma en bloque, esto contando el número de colonias de hongos/cm² y g de material, las aplicaciones mostraron una disminución significativa de las colonias, así como del mal olor en el proceso de secado del caucho. (Chungsiriporn *et al.*, 2018)

Los coadyuvantes son sustancias que se agregan a la mezcla del tanque, los cuales modifican la acción del ingrediente activo y las propiedades físicas de las mezclas (Price *et al.*, 2015). Estas sustancias confieren a la mezcla y al herbicida diversas ventajas, ya que ayudan a mejorar la compatibilidad y facilita la mezcla, reducen la deriva, función antiespumante, buffer, a penetrar más fácilmente la cutícula, permiten una mejor cobertura de las gotas sobre la superficie asperjada (surfactante), entre otras. (Price *et al.*, 2015; Webber *et al.*, 2018)

En el presente trabajo se utilizarán dos fuentes diferentes debido a su bajo costo, facilidad de acceso u obtención, además de encontrarse en diferentes presentaciones, estos son el ácido acético glacial (99%) y el vinagre de madera.

Metodología

Ubicación de la Investigación

La investigación se realizó en la Sub-Estación Experimental Fraijanes de la Universidad de Costa Rica (EEF), en la falda sureste del Volcán Poás (1500 msnm), en Fraijanes de Alajuela. Los ensayos se realizaron en época lluviosa (mayo a noviembre). La zona cuenta con una marcada distribución de 3150 ± 577 mm anuales, una radiación solar promedio de 12 MJ/día, menos de 4 horas de brillo solar diarias y 90% humedad atmosférica (en esta época), temperatura promedio de $16,1 \pm 1,1$ °C (min. 12,9 °C a máx. 21,4 °C), así como una velocidad del viento que no sobrepasa los 6 Km/h, es por estas características que la zona se clasifica como bosque húmedo montano bajo (sistema de clasificación Holdridge) (Gutiérrez *et al.*, 2019). Dentro del invernadero, en los potes de los experimentos se colocaron todos en una mesa (3,70 largo x 1,23 ancho x 0,60 alto metros), la cual cuenta con un sistema de riego automatizado.

Nivel de la Investigación

Esta investigación es original y novedosa, ya que la información sobre el tema es muy escasa en Costa Rica, además de que no se han realizado estudios que comprueben la funcionalidad de las fuentes de vinagre a evaluar, individuales o en mezcla. Es por ello por lo que puede brindar un aporte para el conocimiento agrícola, realizándose a nivel de invernadero, esto para obtener los datos necesarios y precisos para elegir las sustancias que logren cumplir con los objetivos del proyecto.

Definición de las Variables

Las variables evaluadas en todos los experimentos (A, B, C, D y E) son: el número de plantas muertas por unidad experimental (pote con cinco plantas), a los 15 días después de la aplicación (DDA). También se evaluó el grado de daño utilizando una escala de severidad gradual (cuadro 1), a las 2 horas después de la aplicación, y a los 8 y 15 días después de la aplicación.

Cuadro 1. Escala de clasificación del grado de daño, para evaluaciones de los experimentos A, B, C, D y E.

Nivel	Daño	Síntomas
1	Ninguno.	No existen síntomas.
2	Clorosis y necrosis, no hay muerte de planta.	Presencia de síntomas.
3	Clorosis, necrosis, muerte de al menos 50% del tejido.	Síntomas moderados (1 - 2 plantas muertas).
4	Clorosis, necrosis, enanismo, 50% del tejido.	Síntomas severos (3 - 4 plantas muertas).
5	Muerte total.	Síntomas muy severos.

Nota: Modificado de *European Weed Research Council (EWRC) (Sandral et al., 1997; Villalobos y Herrera Murillo, 2002)*

Diseño Experimental

El diseño se ajusta a una investigación experimental, ya que mediante la observación se determinaron los cambios que se puedan producir al aplicar las sustancias sobre los dos tipos de malezas elegidos.

Se realizaron tres aplicaciones distribuidas de la siguiente forma:

1. Aplicación en junio/julio que involucró solo el experimento A, en posemergencia tardía.
2. Aplicación en octubre que involucró el experimento B y C, en posemergencia temprana.
3. Aplicación en noviembre que involucró el experimento D y E, posemergencia tardía (mismas plantas utilizadas en la aplicación anterior, ya que estaban en buen estado). Se añadió coadyuvante compuesto de heptametiltrisiloxano (84% p/p).

Para los experimentos A, B y D se evaluó la efectividad del vinagre glacial (99%) y el vinagre de madera (Oro Negro). Este resulta un modelo estadístico irrestricto al azar con 14 tratamientos y 5 repeticiones, obteniéndose así 70 unidades experimentales (potes de 1 litro [12

cm x 12,5 cm]con 5 plantas de un solo tipo). Todos los potes utilizados (unidades experimentales) se distribuyeron de forma aleatoria. El arreglo de dichos experimentos se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Arreglo de experimentos A, B y D, de acuerdo con sus fuentes, dosis y especies de arvenses.

Arvenses	Tratamientos (dosis %)	Fuente
<i>P. annua</i>	1 (0%)	Testigo
<i>P. annua</i>	2 (5%), 3 (10%) y 4 (15%)	Vinagre glacial
<i>P. annua</i>	5 (5%), 6 (10%), 7 (15%)	Vinagre de madera
<i>A. viridis</i>	8 (0%)	Testigo
<i>A. viridis</i>	9 (5%), 10 (10%) y 11 (15%)	Vinagre glacial
<i>A. viridis</i>	12 (5%), 13 (10%), 14 (15%)	Vinagre de madera

Para los experimentos C y E se planteó un modelo irrestricto aleatorio con 8 tratamientos y 5 repeticiones, obteniéndose así 40 unidades experimentales (potes de 1 litro), distribuidos de forma aleatoria. Constituidos por la mezcla de las dos fuentes de vinagre a tres dosis de mezcla para cada especie, dos especies de arvenses (*Poa annua* y *Amaranthus viridis*) y cada especie con su respectivo testigo. El arreglo de los experimentos C y E se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Arreglo de experimentos C y E para la mezcla de las fuentes de vinagre, de acuerdo con sus dosis y especies de arvenses.

Arvenses	Tratamientos (dosis %)	Mezcla de fuentes de vinagre
<i>P. annua</i>	1 (0%)	Testigo
<i>P. annua</i>	2 (5% + 5%), 3 (10% + 10%) y 4 (15% + 15%)	Vinagre glacial + vinagre de madera
<i>A. viridis</i>	5 (0%)	Testigo
<i>A. viridis</i>	6 (5% + 5%), 7 (10% + 10%) y 8 (15% + 15%)	Vinagre glacial + vinagre de madera

La aplicación del mes de junio/julio mantuvo el mismo modelo estadístico y arreglo factorial, pero varía el número de repeticiones a seis, esto debido a que se realizó solo el experimento A.

Las dosis al 5%, 10% y 15% de los vinagres contienen la siguiente cantidad de ingrediente activo: para el caso de vinagre glacial al 99% de ácido acético es 9,9 kg i.a/ha, 19,9 kg i.a/ha y 29,8 kg i.a/ha respectivamente. El vinagre de madera (Oro Negro) está compuesto por varios componentes, además del ácido acético (cuadro 4).

Cuadro 4. Concentración de los componentes del vinagre de madera (Oro Negro), según la dosis al 5%, 10% y 15%.

Dosis	Compuesto	kg i.a./ha
5%	ácido propanóico	0,62
	ácido acético, hidroxil-, metil éster	0,253
	1-hidroxil-2-butanona	0,887
	ácido butanóico, anhídrido (Anhídrido butírico)	0,301
	ácido 5-Oxotetrahidrofuran-2-carboxílico	0,148
	1.2-Benzenediol, 3-metoxil-(Pirogalol)	0,2
	Metacrilic acid, etil éster (Metacrilato de etilo)	0,311
10%	ácido propanóico	1,24
	ácido acético, hidroxil-, metil éster	0,506
	1-hidroxil-2-butanona	1,774
	ácido butanóico, anhídrido (Anhídrido butírico)	0,602
	ácido 5-Oxotetrahidrofuran-2-carboxílico	0,296
	1.2-Benzenediol, 3-metoxil-(Pirogalol)	0,4
	Metacrilic acid, etil éster (Metacrilato de etilo)	0,622
15%	ácido propanóico	1,86
	ácido acético, hidroxil-, metil éster	0,759
	1-hidroxil-2-butanona	2,661
	ácido butanóico, anhídrido (Anhídrido butírico)	0,903

ácido 5-Oxotetrahidrofurano-2-carboxílico	0,444
1.2-Benzenediol, 3-methoxi-(Pirogalol)	0,6
Metacrilic acid, etil ester (Metacrilato de etilo)	0,933

*Fuente: (M. A. Espinoza, comunicación personal, noviembre del 2020).

La concentración de los componentes del producto comercial puro de vinagre Madera Oro Negro se encuentran en el anexo 5, expresado en % p/v.

También se realizó un análisis químico completo del suelo, esto antes de las aplicaciones de las fuentes de vinagre y las mezclas de sustancias mencionadas, con el objetivo de identificar el suelo con el que se está trabajando. Dicho análisis químico se puede encontrar en el anexo 10, la clasificación del suelo corresponde al orden de los Andisoles, suborden Udands, dichos suelos se caracterizan por tener texturas medias (franco arenosa, franco o franco limosa), la cual, al realizar el método de determinación de textura al tacto (Henríquez y Cabalceta, 2012), se clasificó como franco arcillo limosa.

Se mantuvo un registro de la temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y radiación solar en el momento de las evaluaciones para ambos experimentos y en las aplicaciones, esto para conocer las condiciones ambientales durante la realización de los ensayos (junio/julio, octubre), utilizando un *Datalogger EWR-Basic (PROAGRO Technology)*, así como un medidor de humedad relativa y temperatura marca EXTECH modelo 45160, un TDR marca MPkit-406B (en junio/julio) y TDR marca *Trase Systems I ICT international* (en octubre) (figura 3), un medidor de temperatura infrarrojo Kintrex (modelo IRT0421), así como la consulta al Instituto Meteorológico Nacional de los datos climatológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitación) de la estación más cercana, ubicada en Laguna de Fraijanes, Alajuela. Los datos promedio de temperatura ambiente, humedad relativa y humedad de suelo se encuentran en los anexos 11 y 12.



Figura 3. Medición de condiciones abióticas durante las aplicaciones y evaluaciones de los experimentos en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.

Para las aplicaciones de los experimentos A, B y C se utilizó una bomba de espalda manual Carpi de 18 litros, boquilla 8003, tres baldes plásticos de 5 litros, *beakers* de 100 a 250 ml, probetas de 250 ml a 1 L, policía agitador, papel toalla, cinta métrica, así como los implementos de seguridad, como gabacha, mascarilla, guantes y lentes (figura 4). En el caso de la aplicación del mes de noviembre (experimentos D y E), se utilizó un aspersor de mano marca MATABI Berry 1.5 (figura 5).



Figura 4. Herramientas utilizadas en las aplicaciones de los experimentos A, B, C. A: materiales para mezcla de tratamientos y B: bomba manual Carpi, en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.

De previo a las aplicaciones se calibró la descarga. Primero, se marcó en el suelo dos puntos distanciados a 5 m (donde se colocaron los pots correspondientes a cada tratamiento) utilizando la cinta métrica. Luego se llenó la bomba de espalda con un volumen de agua de 2 litros, utilizando la boquilla correspondiente se procedió a descargar el agua en uno de los baldes de 3 litros durante un periodo de 1 minuto exacto a presión constante, el volumen descargado se midió con la probeta de 1 L y se anotó el dato. Este procedimiento se repitió tres veces para calcular un promedio de descarga (L/min). Se realizaron los cálculos de descarga con las siguientes fórmulas:

$$d=10000 \text{ m}^2/ 0,75\text{m}$$

$$d=13,333 \text{ m}$$

$$T (\text{min})= 200 \text{ L/ ha/promedio de descarga}$$

$$V (\text{m/min}) = 13,333 \text{ m / T}$$

$$V/60 = \text{m/s}$$

En el caso del aspersor de mano para obtener la descarga promedio, se midieron cuatro descargas de 10 s (no de 1 min como en la bomba CARPI), esto para 200 ml de mezcla. Luego se procedió a las aplicaciones, colocando el pote en un ángulo de 45° y realizando la aspersion del tratamiento en 1 segundo, a una distancia aproximada de las plantas de 40 cm (figura 5).

Una vez obtenidos los m/s, se realizó una regla de tres para conocer cuántos segundos se debe durar al recorrer los 5 m marcados en el suelo. Siguiendo el orden de las tablas de tratamientos, se colocaron los potes correspondientes dentro de esos 5 m de forma lineal (figura 6). Luego se procedió a preparar la bomba con los componentes de cada aplicación, en su respectivo volumen de agua utilizando un balde plástico de 5 litros. La dilución se vertió en la bomba y se procedió a realizar la aplicación, tomando en cuenta los parámetros de la calibración calculados anteriormente. Entre cada aplicación se lavó la bomba y baldes para evitar alguna contaminación entre tratamientos.



Figura 5. Aplicación de tratamientos en el mes de noviembre (experimentos D y E), en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.



Figura 6. A: proceso de calibración previo a aplicación de los tratamientos, B: disposición de potes para la aplicación y C: ordenamiento de tratamientos (experimentos A, B y C), en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.

Se elaboró una tabla con los volúmenes de mezcla y pH de ambos experimentos, que se encuentran en los anexos 6, 7, 8 y 9.

Además, se adicionó a las mezclas de los experimentos D y E del mes de noviembre el coadyuvante compuesto por heptametiltrisiloxano (84% p/p), a una dosis de 0.1 ml para 200 ml (0,5 ml/litro de agua), 100 ml /ha.

Población y Muestra

Las plantas utilizadas son de dos especies, *P. annua* y *A. viridis*. La semilla utilizada de *P. annua* fue recolectada en la misma Subestación Experimental de Fraijanes (19 de marzo del 2021), mientras que la semilla de *A. viridis* se recolectó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (29 de enero del 2021). Se realizaron tratamientos pregerminativos por imbibición en 24 h en agua (100 ml H₂O) para semillas (2 a 4 g) de *A. viridis* y 24 h en KNO₃ al 2,5% (0,25 g/100 ml H₂O) para semillas (2 a 4 g) de *P. annua*. Se sembraron en bandejas (almácigo) y, cuando alcanzaron el tamaño adecuado, se trasladaron a los potes (1 litro) de acuerdo con el orden y distribución de los dos experimentos. En cada unidad experimental se sembraron cinco plantas de una sola especie (cuando estas contaron con tres hojas) y se mantuvieron una semana solo con riego (apertura de goteros durante un minuto cada seis horas), para evitar algún efecto de estrés que interfiriera en el resultado de las aplicaciones. El experimento A contó con 84 potes (unidades experimentales), los experimentos B y D constaron de 70 potes y los experimentos C y E de 40 potes (figura 7).



Figura 7. Proceso de obtención de plántulas a través de: A: almacigo en ambas especies de arvenses, B: proceso de trasplante y C: colocación de potes en invernadero con su respectivo sistema de riego, en la Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, 2021.

La aplicación a finales del mes de junio, se realizó cuando las plantas se encontraban en posemergencia tardía (*P. annua* con más de dos macollas y *A. viridis* con 7 a 10 hojas), la segunda aplicación se realizó en el mes de octubre en posemergencia temprana (*P. annua* una macolla y *A. viridis* con 3 a 6 hojas), la tercera aplicación (noviembre) fue en posemergencia tardía utilizando las mismas plantas de la aplicación anterior, ya que estas se encontraban en buen estado y viables para otra aplicación.

El riego se programó para activarse cada seis horas (6 a. m., 12 p. m., 6 p. m. y 12 a. m.) durante un minuto, se utilizaron goteros autocompensados de 2 L/hora (estaca de 1,7 L/hora) en cada pote para ambos experimentos, durante el periodo de almácigo, aplicación y las evaluaciones.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Los datos se anotaron en una hoja de evaluación (anexos 2 y 4), en donde se llevó un conteo del número de plantas muertas y el grado de daño de forma visual, con base en la escala de grado de daño.

Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos fueron analizados mediante regresión logística, en el caso del número de plantas muertas, y mediante ANOVA, en caso del grado de daño. Los resultados de los experimentos fueron obtenidos mediante el programa estadístico JMP Pro.

Además, se utilizó la prueba de Dunnett (grado de daño) para observar diferencias significativas entre tratamientos y el testigo.

Resultados

Experimento A

Aplicación de dos fuentes de vinagre a diferentes dosis sobre las arvenses *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L., en posemergencia tardía.

Grado de Daño

La evaluación a los 15 DDA el vinagre glacial (VG) sobre ambas especies no muestran un daño observable en ninguna de las tres dosis aplicadas y cuyo promedio de grado de daño es 1,0 para los tratamientos al 5% y 10%, y 1,5 para la dosis a 15% en *P. annua*, y un promedio de 1,0 para todas las dosis en esta fuente de vinagre en *A. viridis*.

Las aplicaciones de vinagre de madera (VM) mostraron un daño que no sobrepasó el grado de daño 2,0 para todas las dosis en las dos especies de arvenses (cuadro 5) (figuras 8 y 9). El análisis de varianza indica que sí hay significancia ($<.0001^*$), por lo que se puede decir que las aplicaciones están causando un daño.

Cuadro 5. Grado de daño promedio a los 15 DDA de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de *P. annua* y *A. viridis*, con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.

	Fuentes de vinagre						
	Vinagre glacial			Vinagre de madera			Testigo
Dosis	5 %	10 %	15 %	5 %	10 %	15 %	0%
Especie							
<i>P. annua</i> L.	1.0	1.0	1.5*	2.0*	2.0*	2.0*	1.0
<i>A. viridis</i> L.	1.0	1.0	1.0	2.0*	2.0*	2.0*	1.0

*Significativo comparado con el testigo correspondiente, con una probabilidad $< 0,05$.

Al realizar la prueba de Dunnett para verificar la significancia al comparar al testigo de la especie *P. annua* contra los tratamientos de ambas fuentes de vinagre al 5%, 10% y 15%, resulta

ser significativa la dosis al 15% de VG y las tres dosis de VM utilizadas (figura 8), mientras que las dosis al 5% y 10% de VG no son significativas. En el caso de *A. viridis*, las tres dosis de VM resultan ser significativas, al ser igualmente comparadas con el testigo correspondiente, ninguna de las dosis de vinagre glacial resultó significativa.

En la sintomatología observada a los 15 DDA, el vinagre de madera en *P. annua* evidencia la aparición de manchas necróticas muy pequeñas, que llegan a aumentar levemente de tamaño conforme aumenta la dosis, así como la quema de puntas de algunas de sus hojas. En el caso de *A. viridis*, se presenta la quema de brotes tiernos y la presencia de manchas necróticas pequeñas que aumentan en número conforme aumenta la dosis aplicada, pero levemente y sin causar la muerte de ninguna planta (figura 10). Es importante mencionar que los daños observados a los 15 DDA eran los mismos que los 8 DDA, solo el tratamiento 4 (vinagre glacial al 15% en *P. annua*) mostró síntomas nuevos a los 15 DDA en algunas plantas, pero el promedio no sobrepasó el grado 1 (cuadro 5).

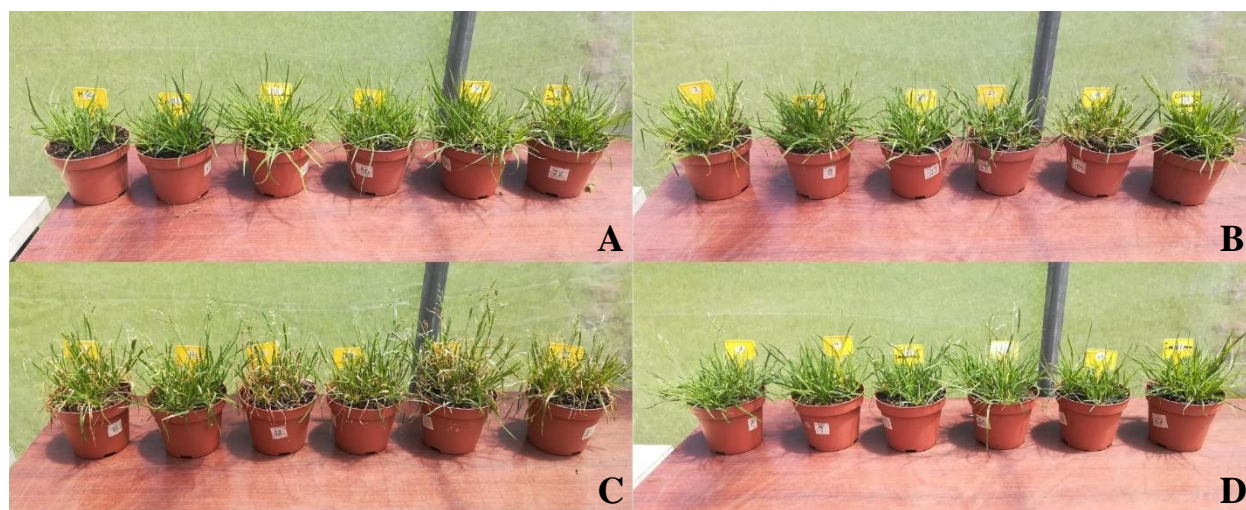


Figura 8. Efecto de diferentes dosis de vinagre de madera sobre *P. annua* a los 15 DDA, a 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.

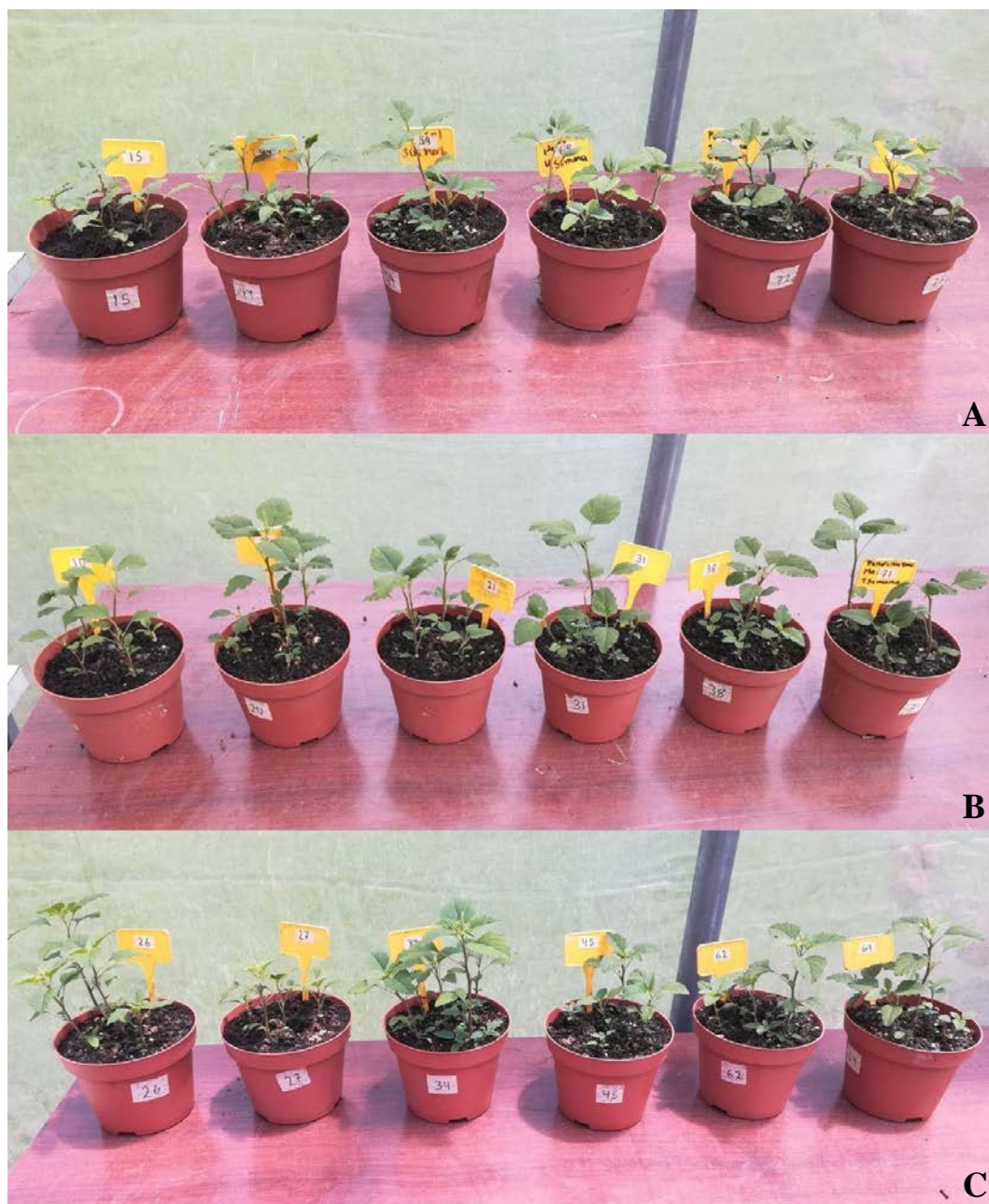


Figura 9. Efecto de diferentes dosis de vinagre de madera sobre *A. viridis* a los 15 DDA, a 5% (A), 10% (B) y testigo sin vinagre (C). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.

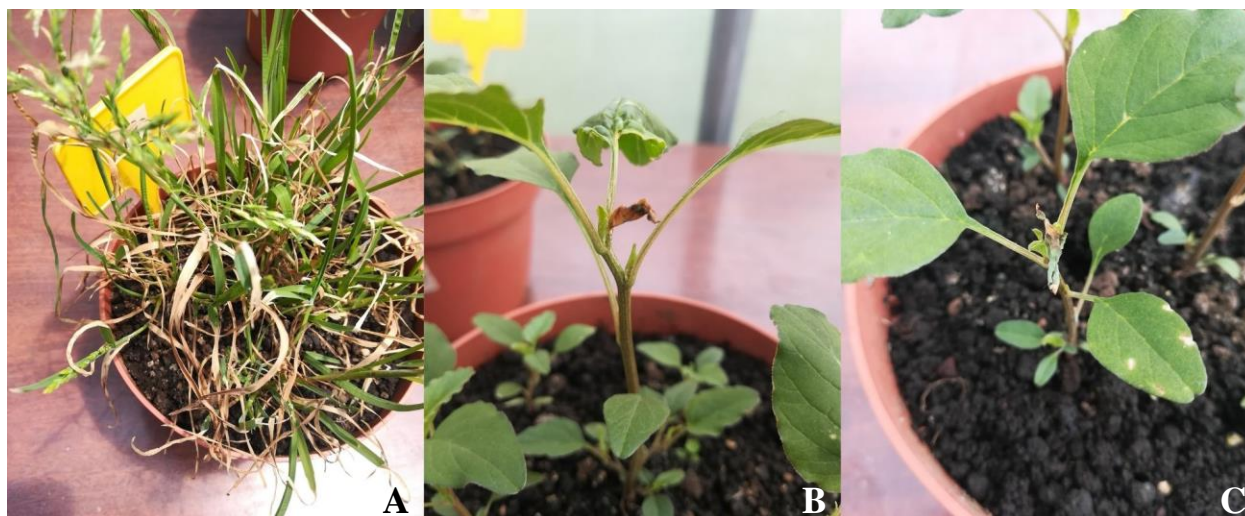


Figura 10. Sintomatología observada a los 15 DDA el vinagre de madera al 15% en *P. annua* (pote 18) (A), y vinagre de madera al 10 % en *A. viridis* pote 38 (B) y pote 10 (C). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, julio, 2021.

Mortalidad

A los 15 DDA **no hay mortalidad** en ninguno de los tratamientos de las especies evaluadas.

Al final del experimento correspondiente, se midió el peso fresco de la parte aérea de las plantas, pero al no obtenerse algún dato importante, se decidió no incluirlo dentro del documento.

Las condiciones ambientales que se presentaron durante la realización de las evaluaciones obtuvieron un promedio general de temperatura de 27,6 °C, una humedad relativa de 63,6 % y una humedad de suelo de 26,1 % (anexo 11).

Experimento B

Aplicación de dos fuentes de vinagre a diferentes dosis sobre las arvenses *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L., en posemergencia temprana.

Grado de Daño

Las evaluaciones realizadas a los 15 DDA mostraron que todos los tratamientos en la especie *P. annua*, tanto de vinagre glacial (5%, 10% y 15%) como de vinagre de madera (5%, 10% y 15%), tuvieron un efecto sobre las plantas, cuyo promedio general de grado de daño es 2,0 (cuadro 6) (figura 11). En el caso de *A. viridis*, el vinagre glacial al 5% obtuvo un GD de 1,4, mientras que los tratamientos a 10% y 15% un promedio de GD de 2,0 (figura 12). Todos los tratamientos con vinagre de madera sobre esta especie no causaron ningún daño, por lo que su promedio de GD es 1,0 (cuadro 6). El análisis de varianza indicó que sí hay significancia con $<.0001^*$.

La prueba de Dunnett sobre los tratamientos de *P. annua* indican que todas las dosis al 5%, 10% y 15% de vinagre glacial y de vinagre de madera son significativas, al ser comparadas con el testigo. En *A. viridis*, la misma comparación indica que todas las dosis de vinagre glacial (al 5%, 10 % y 15%) resultan ser significativas (al 5% p-Value= 0,0007*, 10% y 15% p-Value= $<.0001^*$), pero no las de vinagre de madera.

Cuadro 6. Grado de daño promedio a los 15 DDA de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de *P. annua* y *A. viridis*, con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

	Fuentes de vinagre						
	Vinagre glacial			Vinagre de madera			Testigo
Dosis	5 %	10 %	15 %	5 %	10 %	15 %	0%
Especie							
<i>P. annua</i> L.	2.0*	2.0*	2.0*	2.0*	2.0*	2.0*	1.0
<i>A. viridis</i> L.	1.4*	2.0*	2.0*	1.0	1.0	1.0	1.0

*Significativo comparado con el testigo correspondiente, con una probabilidad $< 0,05$.

La sintomatología observada en *P. annua* se describe como pequeñas manchas necróticas en la lámina de las hojas y cerca de la lígula, de color parda y a veces con pequeños puntos negros, así como una quema ocasional en la punta de las hojas, en donde, al aumentar la dosis parece que el tamaño de las lesiones y la cantidad de hojas bajas marchitas aumentan sutilmente. El daño

fue muy leve, por lo que la planta casi no pierde las hojas, ni se produjo su muerte (figura 13), la dosis al 15% presentó una afectación levemente mayor en comparación con las dosis más bajas. En *A. viridis*, la aplicación de vinagre glacial causó la aparición de manchas necróticas pequeñas en la lámina de hojas y en algunas ocasiones, siguiendo la venación de estas, quema de brotes tiernos y acucharamiento de hojas (figura 14).

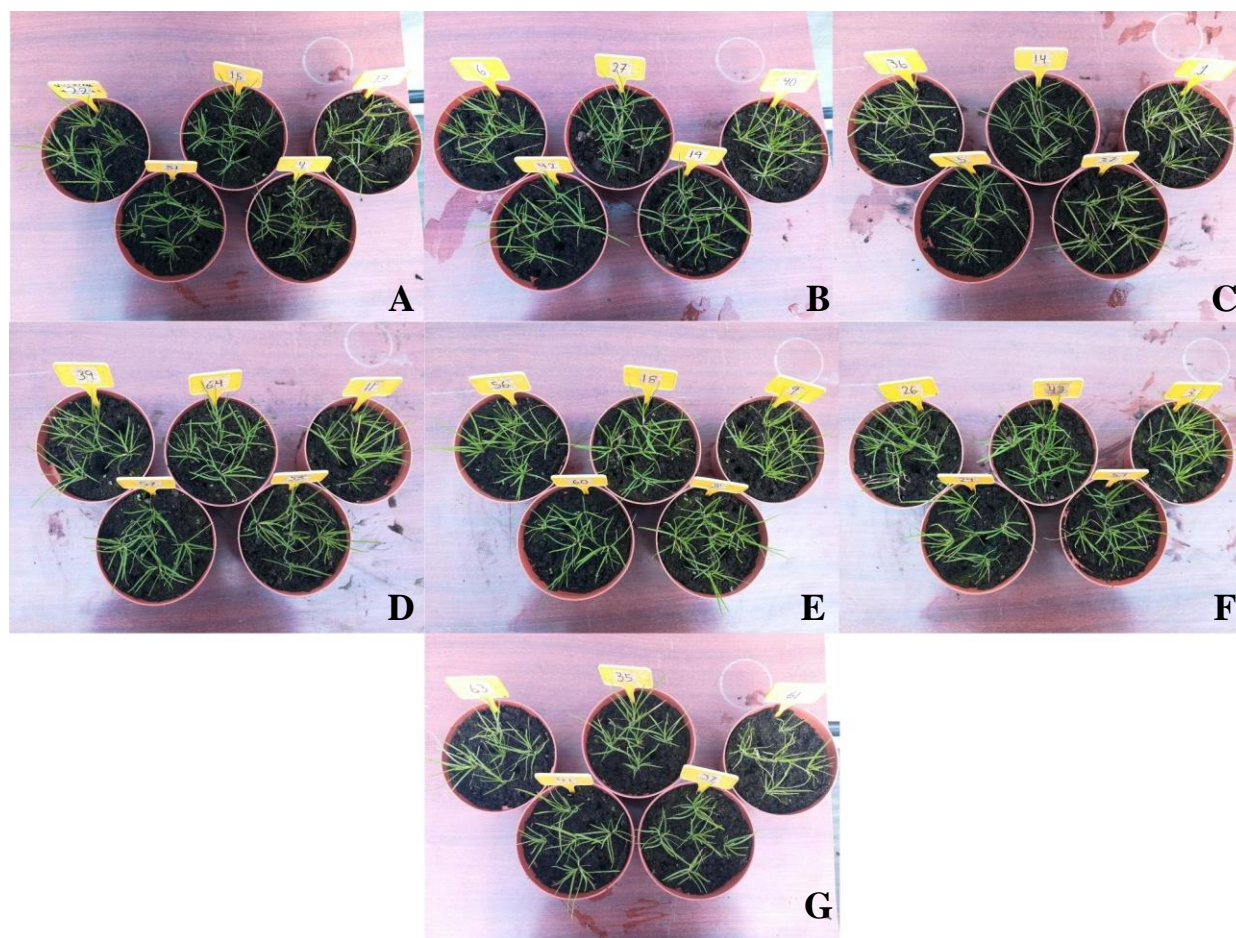


Figura 11. Efecto a los 15 DDA de diferentes dosis de vinagre glacial al 5% (A), 10% (B), 15% (C), vinagre de madera al 5% (D), 10% (E), 15% (F) testigo sin vinagre (G), sobre *P. annua*. Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

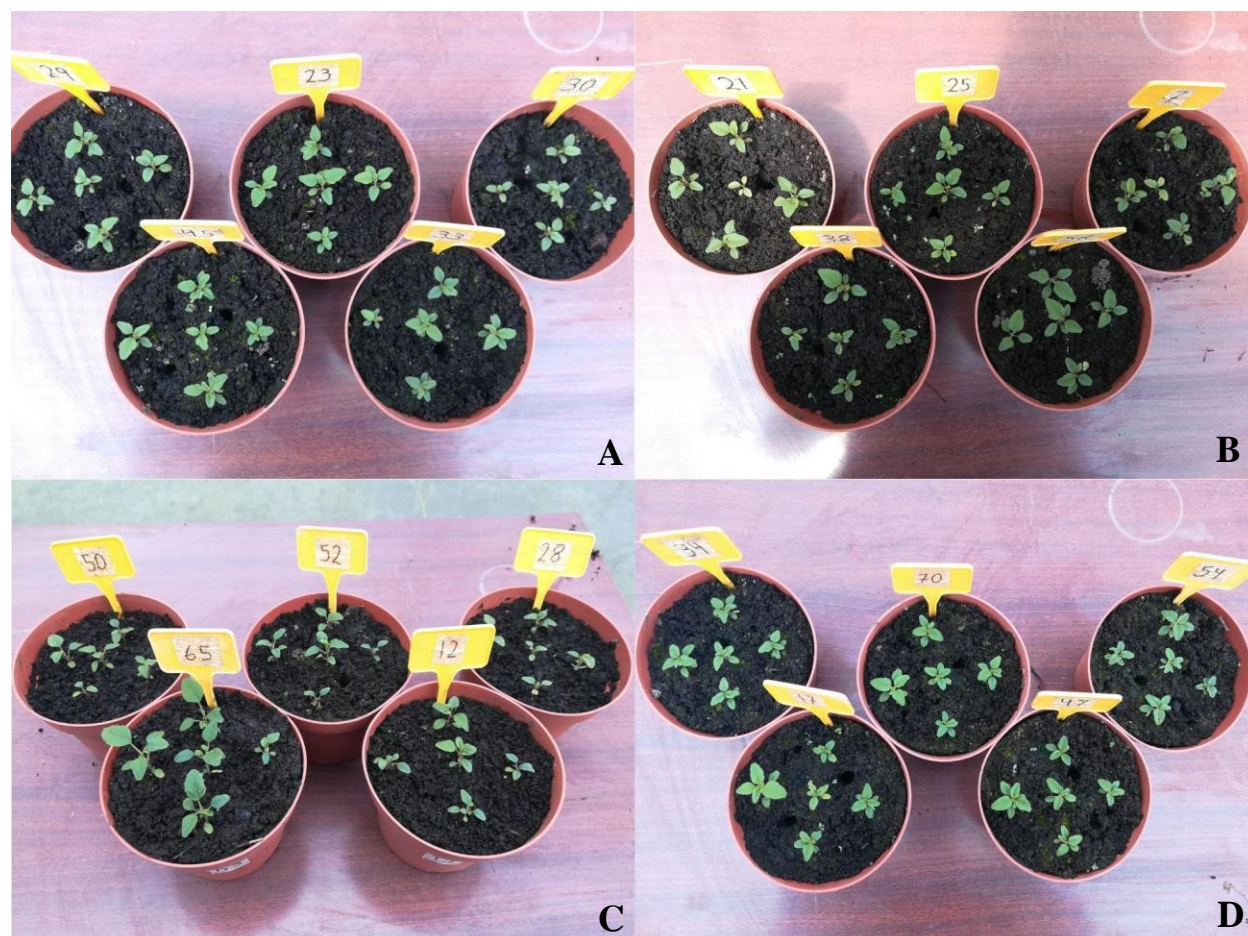


Figura 12. Efecto a los 15 DDA de diferentes dosis de vinagre glacial al 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D), sobre *A. viridis*. Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.



Figura 13. Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA el vinagre glacial al 5% (pote 51) (A) y 15% (pote 5) (B), vinagre de madera al 5% (pote 57) (C) y 15% (pote 26) (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.



Figura 14. Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA el vinagre glacial al 10% (pote 7 [A] y 38 [B]) y 15% (pote 52 [C] y 65 [D]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

Mortalidad

A los 15 DDA no hay mortalidad en ninguno de los tratamientos de las especies evaluadas.

Experimento C

Mezcla de dos diferentes fuentes con diferentes dosis sobre *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L., en posemergencia temprana.

Grado de Daño

Al aplicar la mezcla de vinagre glacial al 5% + vinagre de madera al 5% sobre *P. annua*, se obtuvo un promedio de GD de 1.4, mientras que las mezclas de las mismas fuentes al 10% y 15%, un promedio de grado de daño igual a 2.0 (cuadro 7) (figura 15). En *A. viridis* se obtuvo un GD promedio de 1.8 para las mezclas al 5%, y un promedio de 2.0 al 10% y 15% (cuadro 7) (figura 16). El análisis de varianza indica que hubo diferencias significativas ($<0,0001^*$) entre los tratamientos contra los testigos correspondientes.

La prueba comparativa de los tratamientos contra el testigo mediante Dunnett indica que en *P. annua*, las mezclas de ambas fuentes de vinagre al 10% y 15% son significativas; en contraste, la mezcla de dosis al 5% no es significativa. Para el caso de *A. viridis*, todos los tratamientos resultan ser significativos.

Cuadro 7. Grado de daño promedio a los 15 DDA de la mezcla de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de *P. annua* y *A. viridis*, con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

Dosis	Mezcla de fuentes de vinagre			Testigo
	Vinagre glacial + Vinagre de madera			
Especie	5% + 5%	10% + 10%	15% + 15%	0%
<i>P. annua</i> L.	1.4	2.0*	2.0*	1.0
<i>A. viridis</i> L.	1.8*	2.0*	2.0*	1.0

*Significativo comparado con el testigo correspondiente, con una probabilidad $< 0,05$.

La sintomatología observada en *P. annua* fue la aparición de manchas necróticas en ocasiones de color pardo o cloróticas (observadas en las mezclas al 10%) y blancas, grises o pardas (mezclas al 15%), las cuales se encontraron en la lámina de las hojas o cerca de lígula (figura 17). En *A. viridis* se presentó la quema de los brotes tiernos, acucharamiento de hojas y la aparición de manchas necróticas que siguen la venación de algunas hojas (figura 18).

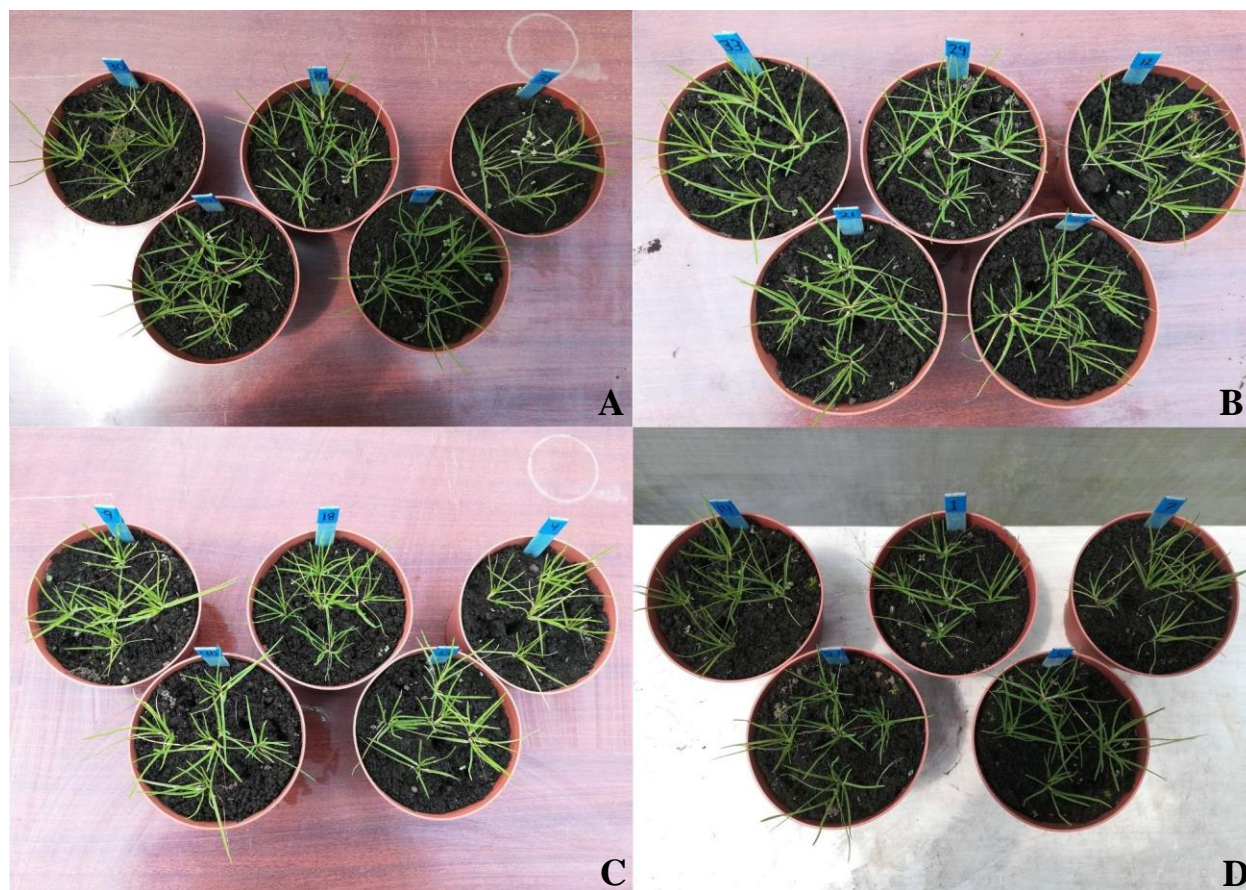


Figura 15. Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *P. annua* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

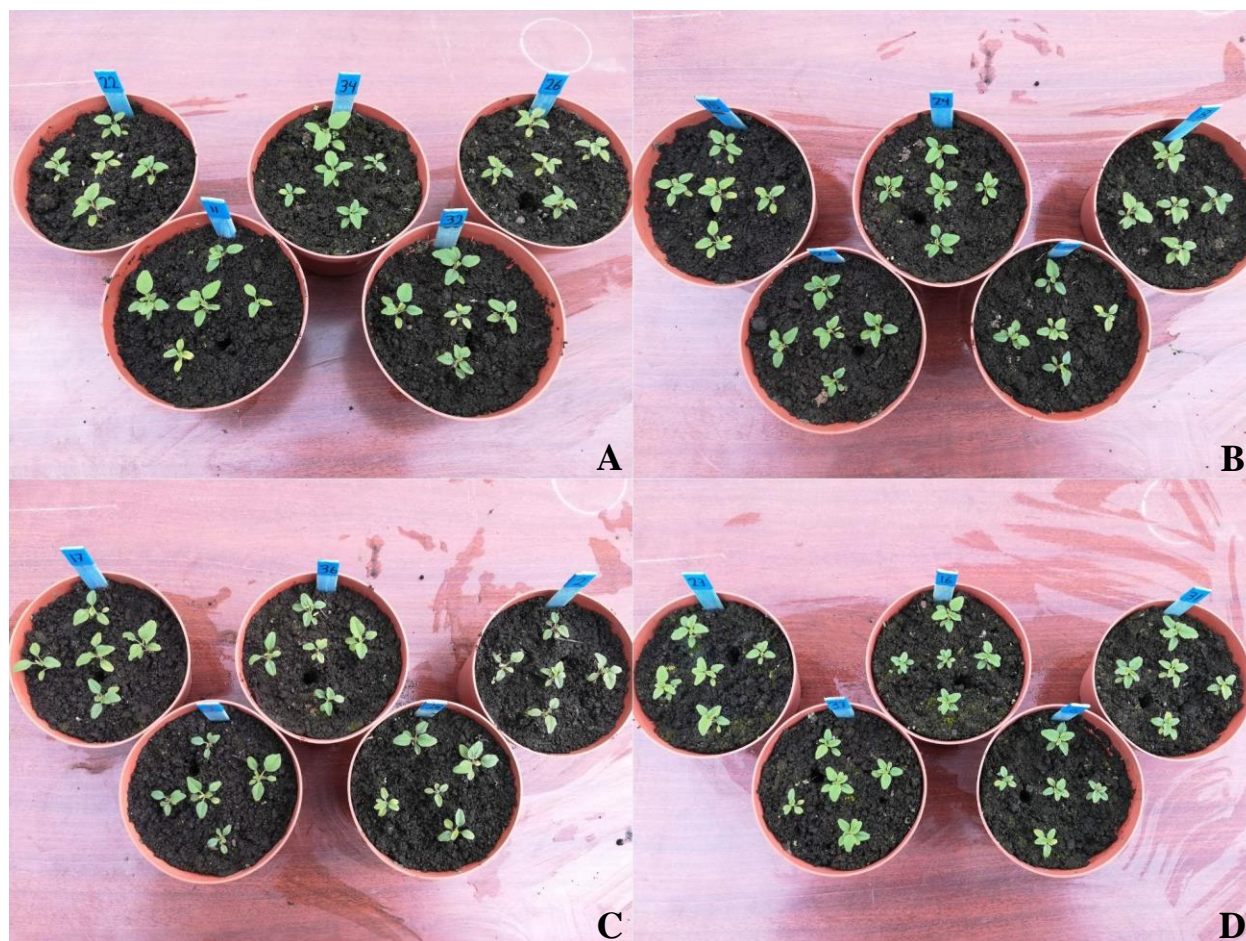


Figura 16. Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *A. viridis* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

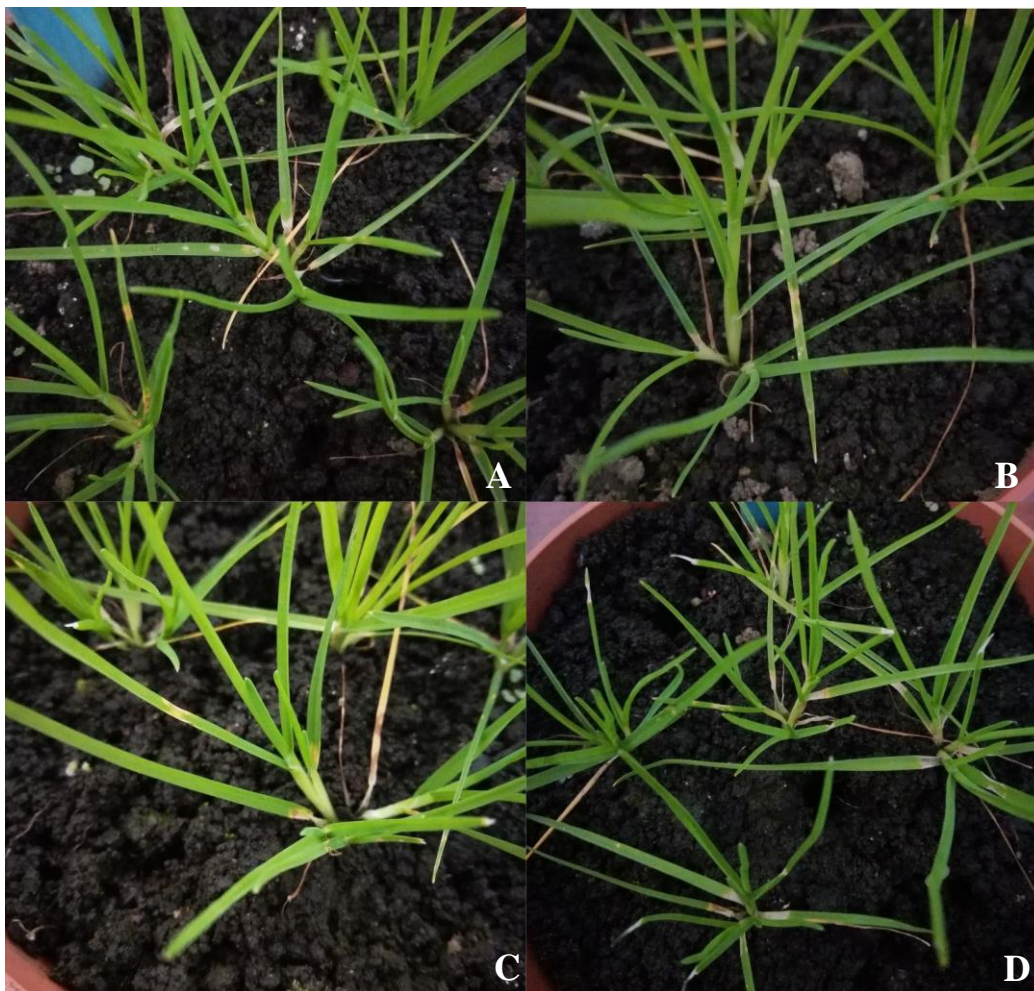


Figura 17. Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA las mezclas de fuentes de vinagre, VG 10% + VM 10% (pote 21 [A] y 29 [B]) y VG 15% + VM 15% (pote 18 [C] y 13 [D]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

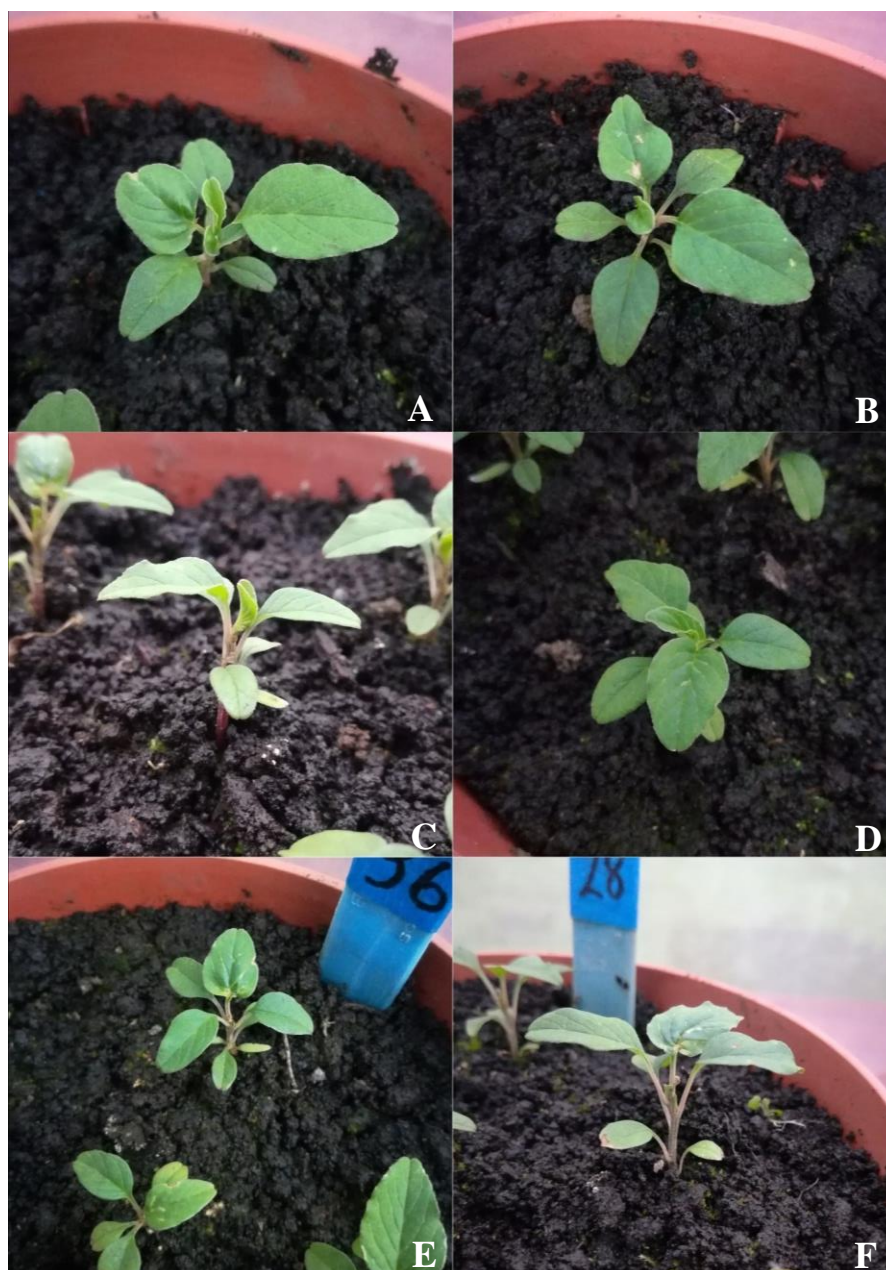


Figura 18. Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA las mezclas de fuentes de vinagre, VG 5% + VM 5% (pote 11 [A] y 32 [B]), VG 10% + VM 10% (pote 25 [C] y 8 [D]) y VG 15% + VM 15% (pote 36 [E] y 28 [F]). EEf, Alajuela, Costa Rica, octubre, 2021.

Mortalidad

A los 15 DDA no hubo mortalidad en ninguno de los tratamientos de mezcla de las especies evaluadas.

Las condiciones ambientales que se presentaron durante la realización de las evaluaciones obtuvieron promedios de temperatura de 29,8 °C, una humedad relativa de 58,5 % y una humedad de suelo para los experimentos B y C de 31,7% y 31,3%, respectivamente (anexo 11).

Experimento D

Aplicación de dos fuentes de vinagre a diferentes dosis sobre las arvenses *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L. en posemergencia tardía.

Grado de Daño

La aplicación de vinagre glacial sobre las especies de malezas (*Poa annua* y *Amaranthus viridis*) causó un daño observable; sin embargo, ese daño no sobrepasó el nivel 2.0 según la escala de grado de daño utilizada (cuadro 1). Los datos mostraron que sí hay diferencias significativas entre los tratamientos de vinagres contra el testigo ($<0,0001^*$) para ambas especies (figuras 19 y 20) (cuadro 8).

La prueba Dunnett en *P. annua* mostró una significancia en los tratamientos al 5%, 10% y 15% de vinagre glacial, no así en ninguno de las dosis de vinagre de madera. Lo mismo ocurrió con las dosis de VG y VM en la especie *A. viridis*.

Cuadro 8. Grado de daño promedio a los 15 DDA de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de *P. annua* y *A. viridis*, con su respectiva dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

	Fuentes de vinagre						
	Vinagre glacial			Vinagre de madera			Testigo
Dosis	5%	10%	15%	5%	10%	15%	0%
Especie							
<i>P. annua</i> L.	2,0*	2,0*	2,6*	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>A. viridis</i> L.	2,0*	2,0*	2,0*	1,0	1,0	1,0	1,0

*Significativo comparado con el testigo correspondiente, con una probabilidad $< 0,05$.

La sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA para el vinagre glacial es la clorosis de algunas hojas, principalmente bajas, la cuales llegan a causar la marchitez de estas; además,

la severidad aumenta levemente al incrementar la dosis (figura 21). En *A. viridis* se observó la aparición de manchas necróticas en lámina de hojas y quema de brotes, esto para todos los tratamientos y cuya severidad aumentó levemente al incrementar la dosis (figura 22).

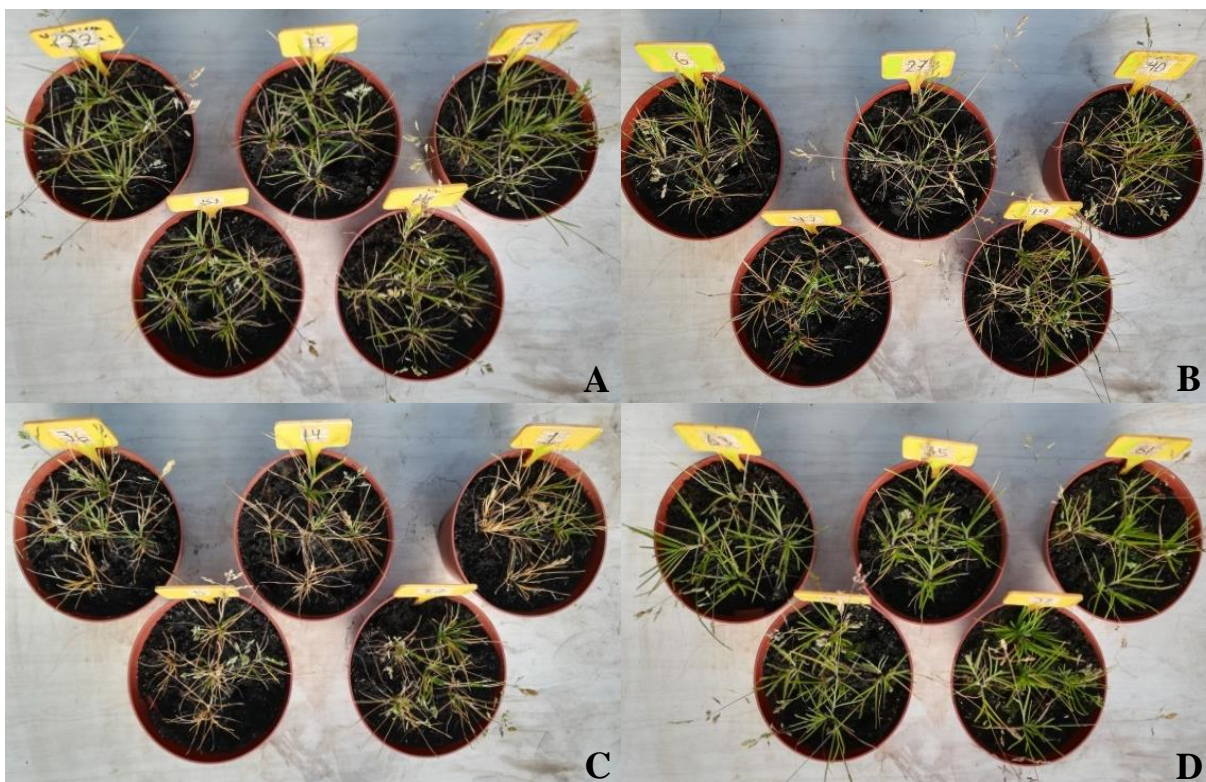


Figura 19. Efecto de diferentes dosis de vinagre glacial (con coadyuvante) a los 15 DDA sobre *P. annua* al 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

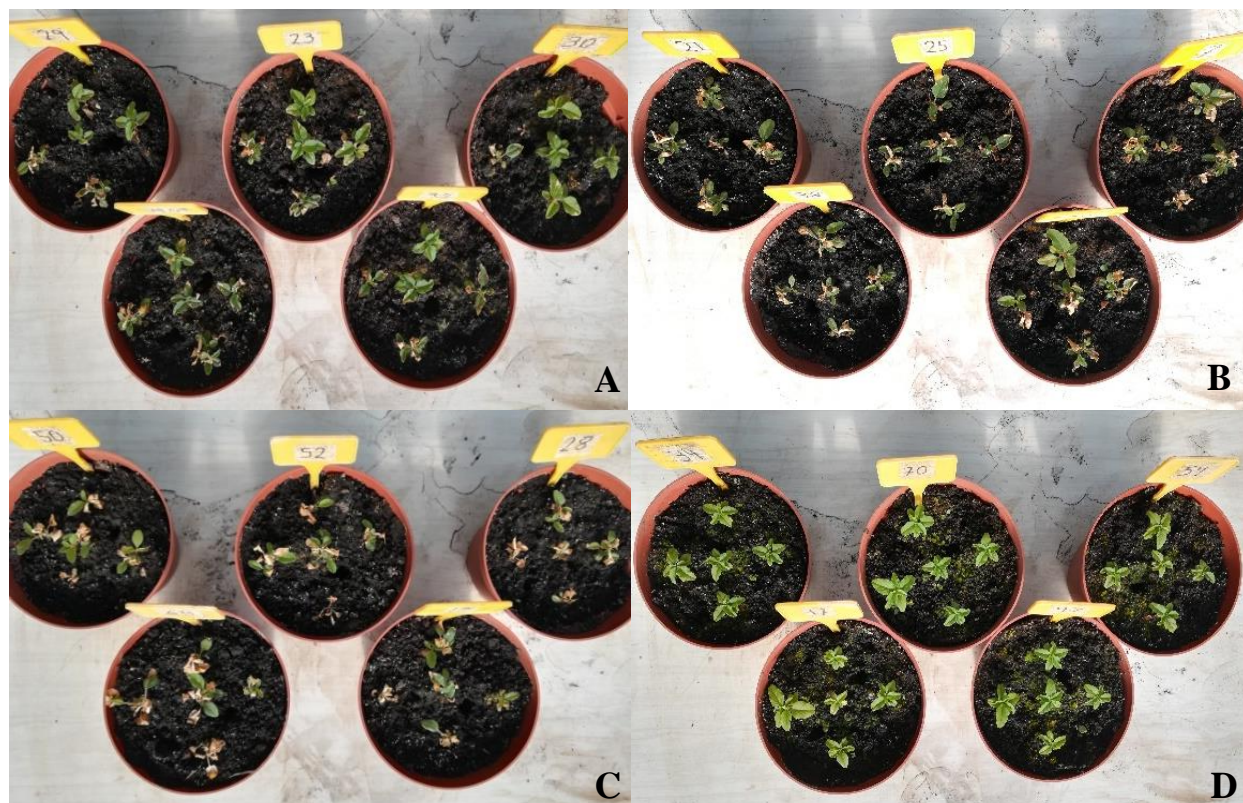


Figura 20. Efecto de diferentes dosis de vinagre glacial (con coadyuvante) a los 15 DDA sobre *A. viridis* al 5% (A), 10% (B), 15% (C) y testigo sin vinagre (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

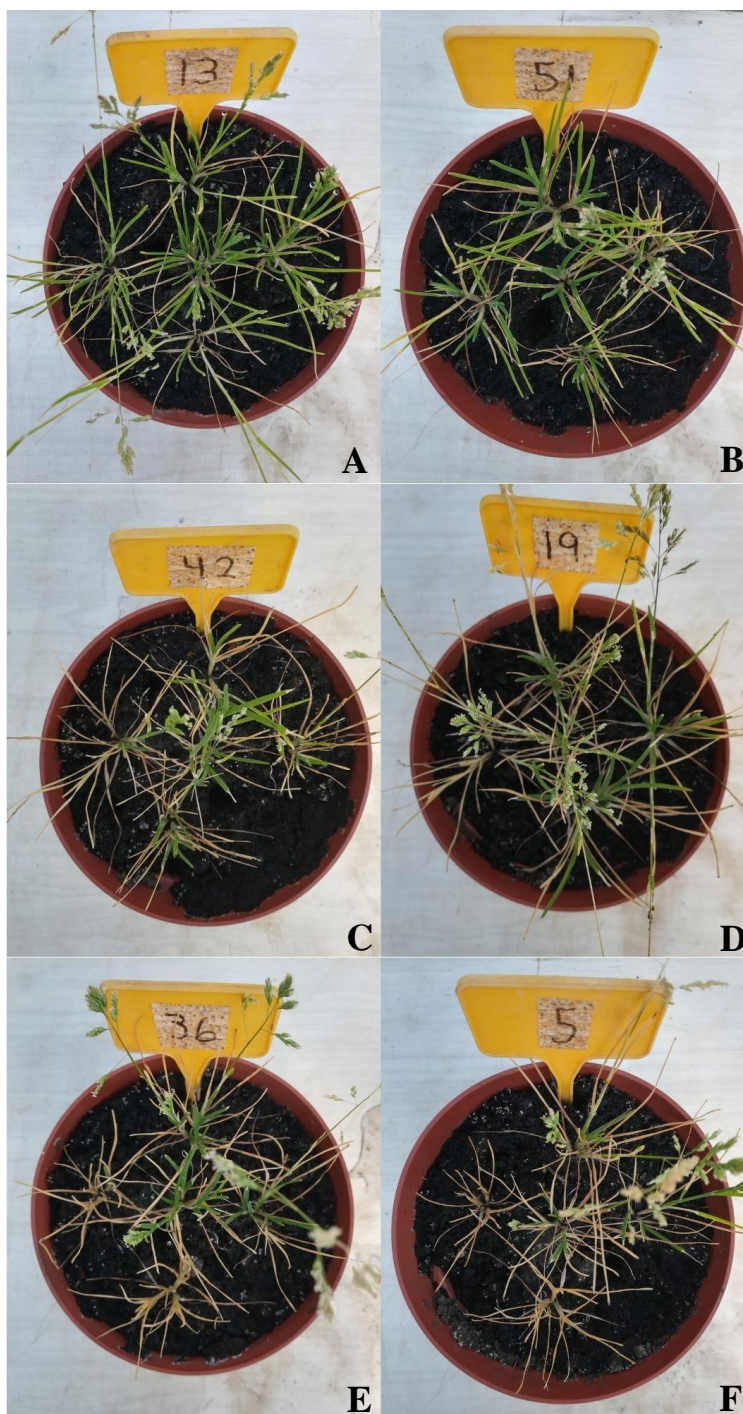


Figura 21. Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA al aplicar vinagre glacial al 5% (pote 13 [A] y pote 51 [B]), 10% (pote 42 [C] y pote 19 [D]) y 15% (pote 36 [E] y pote 5 [F]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

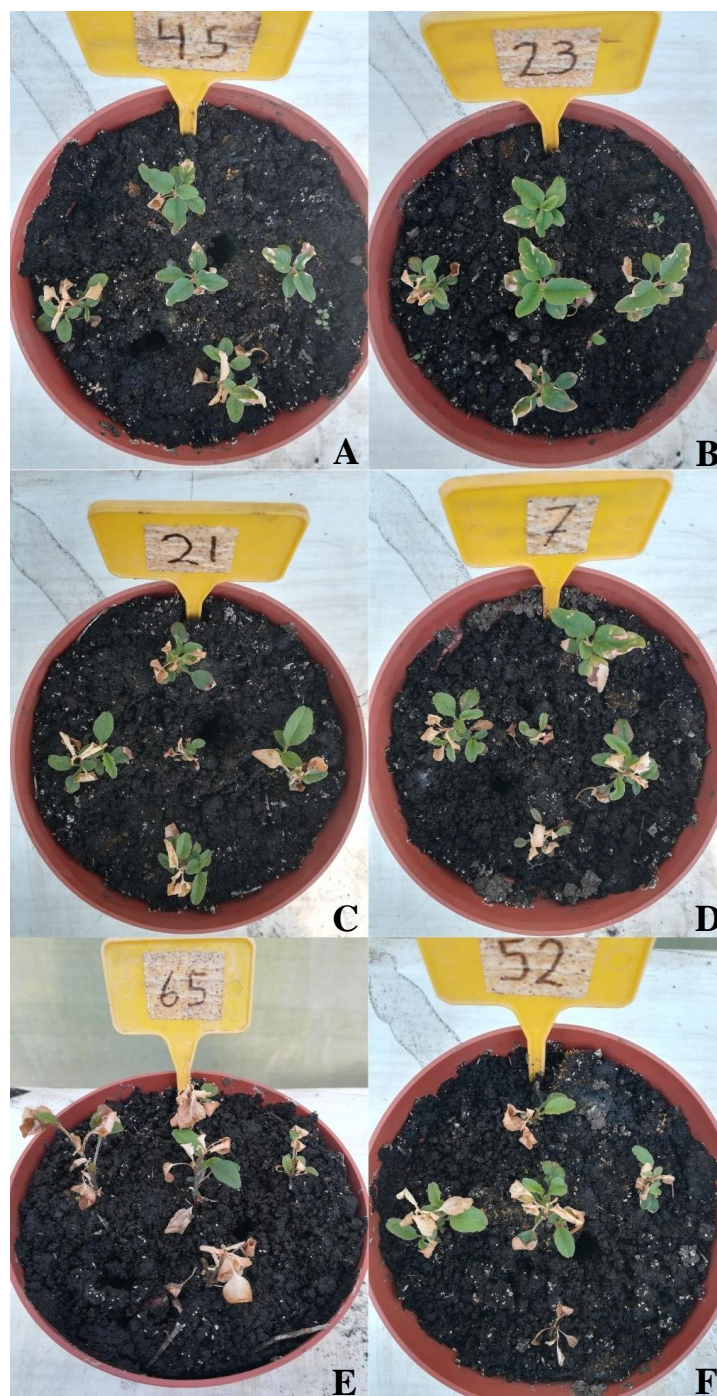


Figura 22. Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA al aplicar vinagre glacial al 5% (pote 45 [A] y pote 23 [B]), 10% (pote 21 [C] y pote 7 [D]) y 15% (pote 65 [E] y pote 52 [F]). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

Mortalidad

Poa annua.

En el caso del número de plantas muertas para esta especie (a los 15 DDA), al comparar los tratamientos contra el testigo, no hubo diferencia significativa, eso quiere decir que las pocas muertes de plantas se consideraron aleatorias y no causadas por efecto de las dos fuentes de vinagre (cuadro 9).

Cuadro 9. Número de plantas muertas promedio a los 15 DDA para el experimento D, según las dosis de fuentes de vinagre, testigos y su respectiva especie. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

Fuentes de vinagre	Dosis	Especie	
		<i>P. annua</i> L.	<i>A. viridis</i> L.
Vinagre glacial	5%	0	0
	10%	0	0
	15%	1	0
Vinagre de Madera	5%	0	0
	10%	0	0
	15%	0	0
Testigo	0%	0	0

Amaranthus viridis.

No hubo plantas muertas en ninguno de los tratamientos de vinagre glacial o vinagre de madera.

Experimento E

Mezcla de dos diferentes fuentes con diferentes dosis sobre *Poa annua* L. y *Amaranthus viridis* L., en posemergencia tardía.

Grado de Daño

Para ambas especies (*P. annua* y *A. viridis*), al realizar la comparación de los tratamientos de mezclas a diferentes dosis contra los testigos correspondientes, se obtuvo diferencias significativas ($<.0001^*$). La media del grado de daño en las plantas de *P. annua* aplicadas fue de 2,4 para la mezcla al 5% y 2,8 para las mezclas al 10% y 15% (figura 23) (cuadro 10), mientras que para *A. viridis*, el grado de daño fue de 2,0 para las mezclas al 5%, 10% y 15% (figura 24).

Al realizar la prueba de Dunnett se obtiene que tanto para *P. annua* como *A. viridis*, los tratamientos de mezcla al 5%, 10% y 15% son significativos con respecto a los testigos correspondientes (p-Value= $<.0001^*$).

Cuadro 10. Grado de daño promedio a los 15 DDA de la mezcla de dos diferentes fuentes de vinagre para el control de *P. annua* y *A. viridis*, con sus respectivas dosis. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

	Mezcla de fuentes de vinagre			Testigo
	Vinagre glacial + Vinagre de madera			
Dosis	5% + 5%	10% + 10%	15% + 15%	0%
Especie				
<i>P. annua</i> L.	2,4*	2,8*	2,8*	1,0
<i>A. viridis</i> L.	2,0*	2,0*	2,0*	1,0

*Significativo comparado con el testigo correspondiente, con una probabilidad $< 0,05$.

Para la arvense *P. annua* se observó a los 15 DDA una marchitez generalizada de las hojas, causando la muerte en algunas ocasiones y en otras pareciendo persistir una ligera coloración verde en los tallos, siendo el tratamiento de mezcla al 15% el más severo que las dosis al 5% y 10% (figura 25). *A. viridis* presentó manchas necróticas dentro de la lámina y bordes de las hojas, las cuales llegaron a afectar levemente a las plantas conforme aumentó las dosis de mezcla (figura 26).

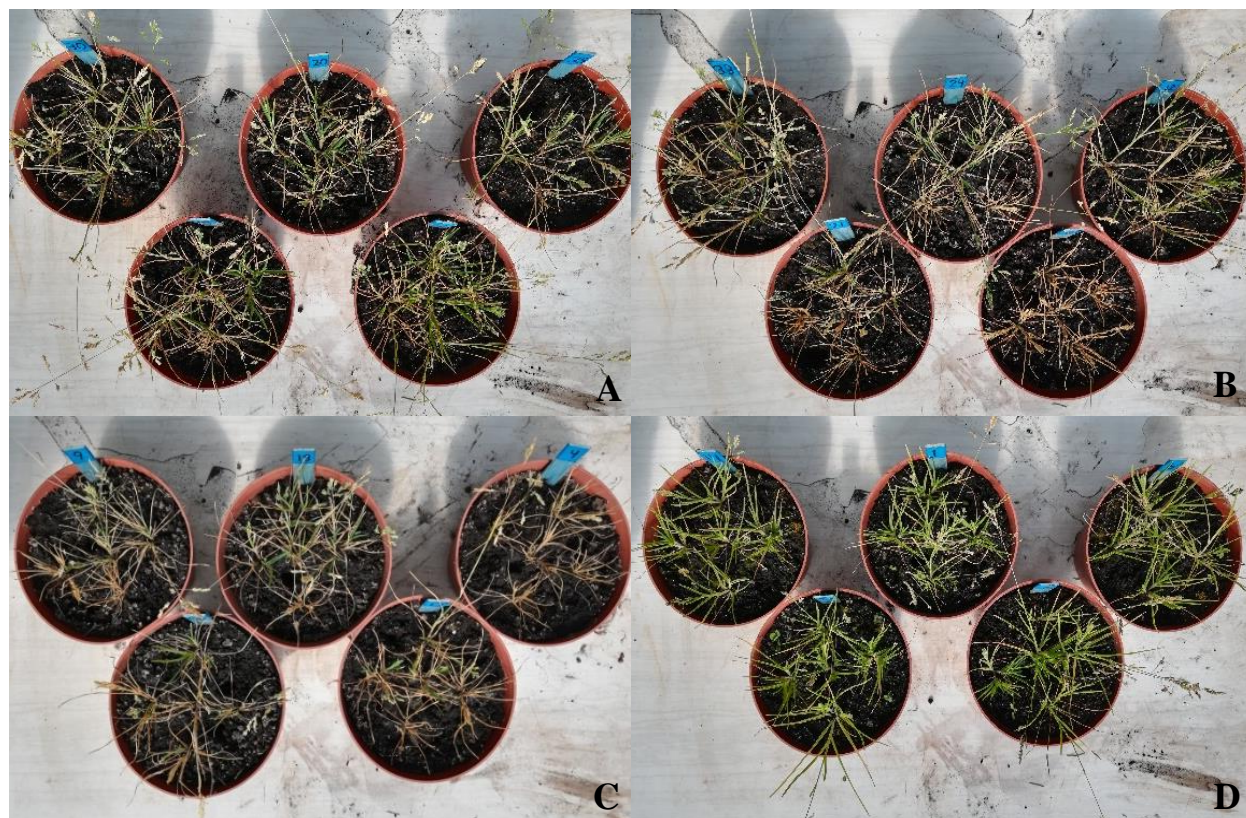


Figura 23. Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *P. annua* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

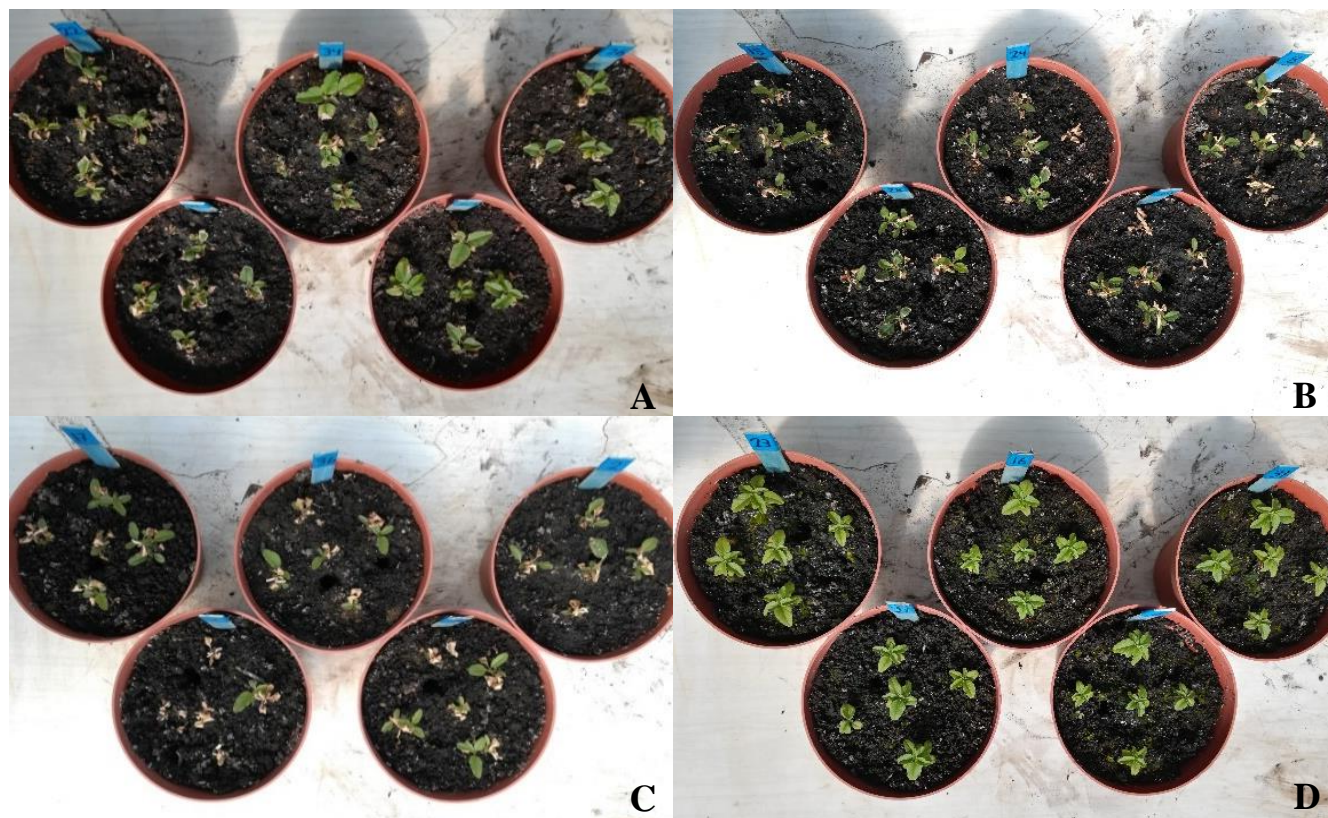


Figura 24. Efecto de la aplicación de las mezclas al 5% (A), 10% (B), 15% (C) de vinagre glacial (VG) y vinagre de madera (VM), a los 15 DDA sobre *A. viridis* y su testigo (D). Sub-Estación Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

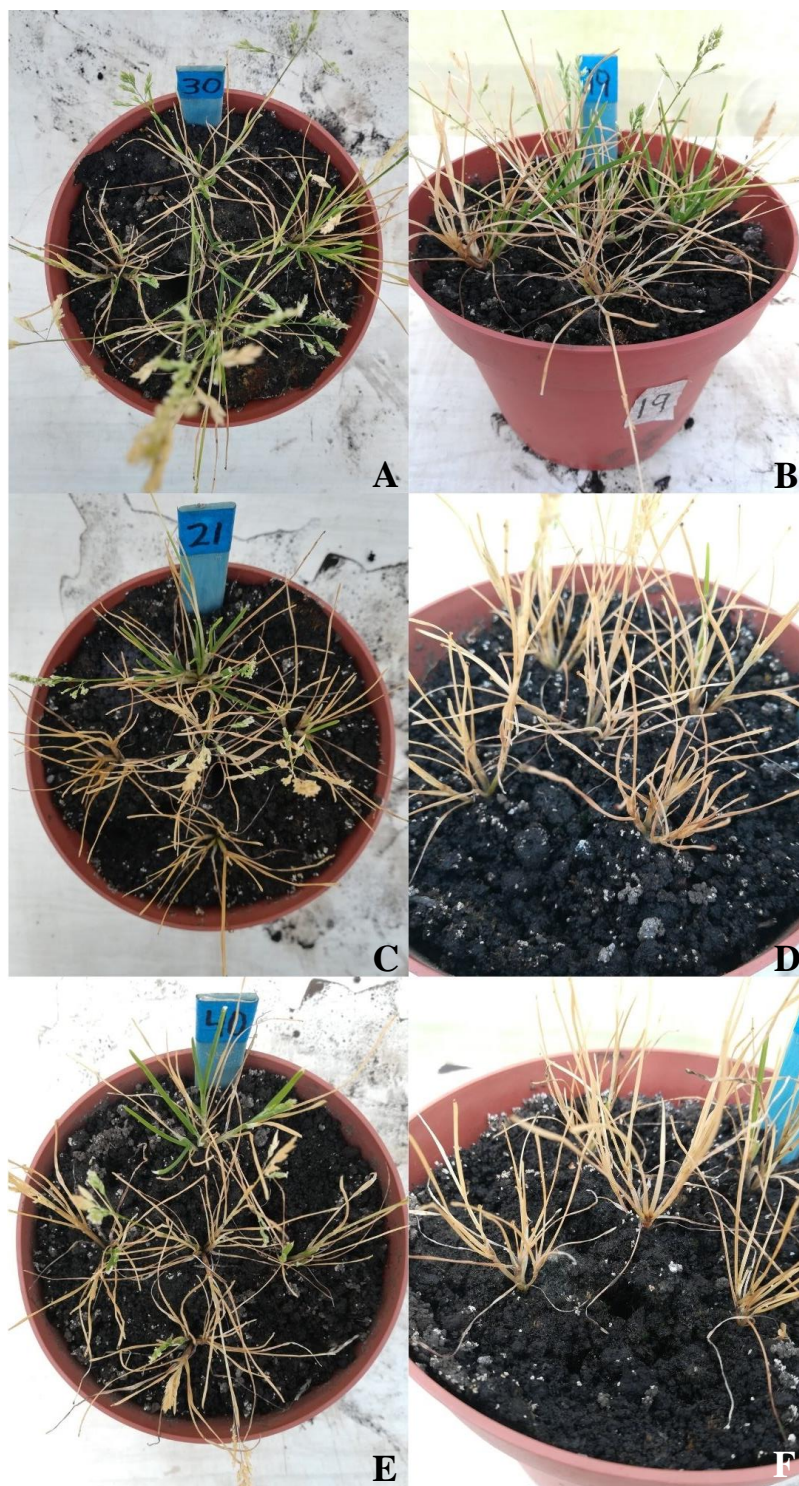


Figura 25. Sintomatología observada en *P. annua* a los 15 DDA de las mezclas de fuentes de vinagre, VG 5% + VM 5% (pote 30 [A] y 19 [B]), VG 10% + VM 10% (pote 21 [C] y 39 [D]) y VG 15% + VM 15% (pote 40 [E] y 4 [F]). EEF, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

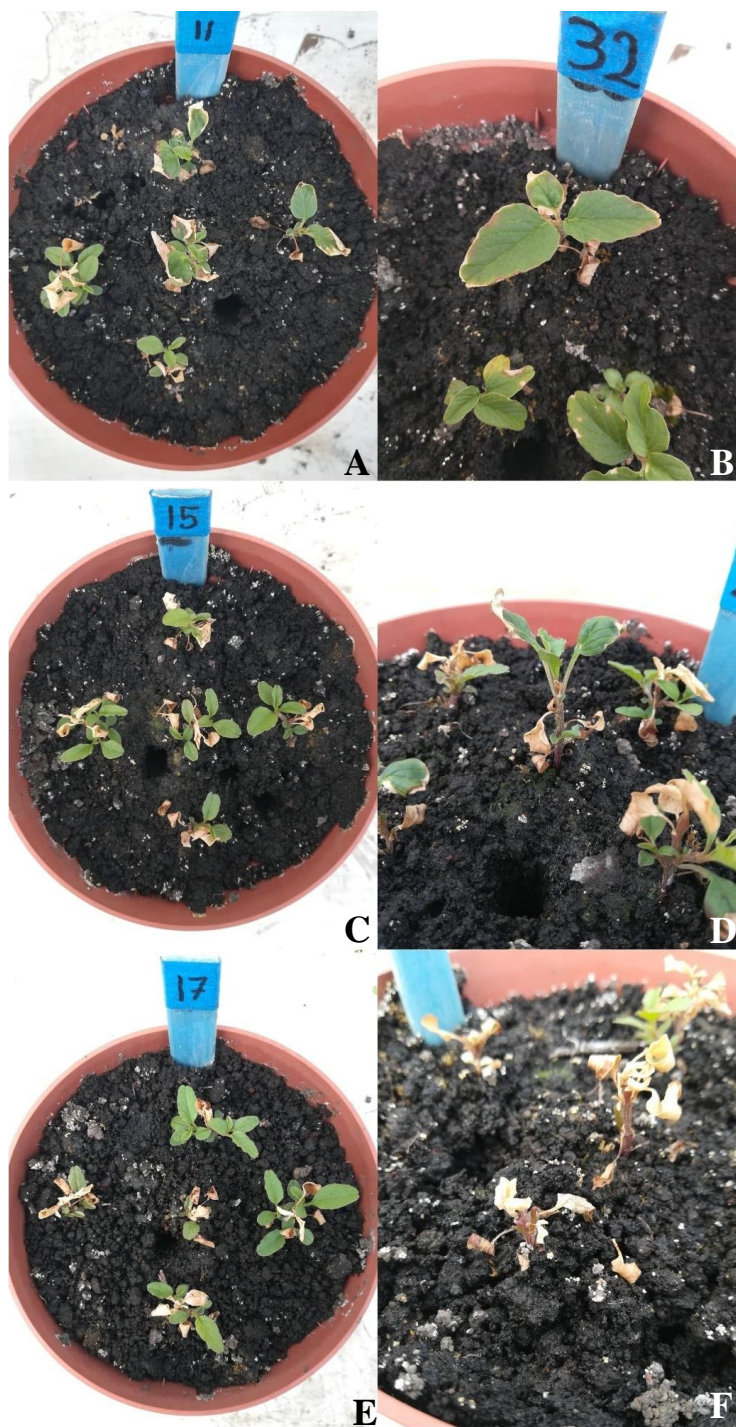


Figura 26. Sintomatología observada en *A. viridis* a los 15 DDA de las mezclas de fuentes de vinagre, VG 5% + VM 5% (pote 11 [A] y 32 [B]), VG 10% + VM 10% (pote 15 [C] y 25 [D]) y VG 15% + VM 15% (pote 17 [E] y 3 [F]). EEF, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

Mortalidad

Poa annua.

La mortalidad analizada (a los 15 DDA) para esta especie apunta a que la aplicación de los tratamientos causó la muerte de algunas plantas (cuadro 11), pero estas no resultan ser significativas.

Cuadro 11. Número de plantas muertas promedio a los 15 DDA para el experimento E, según las mezclas de dosis de fuentes de vinagre, testigos y su respectiva especie. Sub-Estación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica, noviembre, 2021.

Fuentes de vinagre	Dosis	Especie	
		<i>P. annua</i> L.	<i>A. viridis</i> L.
VG + VM	5% + 5%	0,4	0
	10% + 10%	1,4	0
	15% + 15%	1,4	0
Testigo	0%	0	0

Nota: vinagre glacial (VG), vinagre de madera (VM).

Amaranthus viridis.

No hubo mortalidad para esta especie en este experimento, por lo que no se hizo el análisis.

Cuadro 12. Resumen de promedios de grado de daño de los experimentos A, B, C, D y E, y su significancia en contraste con el testigo correspondiente.

Aplicación junio/julio							
Experimento A	Vinagre glacial (VG)			Vinagre de madera (VM)			Testigo
Dosis	5%	10%	15%	5%	10%	15%	0%
<i>P. annua</i>	1	1	1,5*	2*	2*	2*	1
<i>A. viridis</i>	1	1	1	2*	2*	2*	1
Aplicación octubre							
Experimento B	VG			VM			Testigo
Dosis	5%	10%	15%	5%	10%	15%	0%
<i>P. annua</i>	2*	2*	2*	2*	2*	2*	1
<i>A. viridis</i>	1,4*	2*	2*	1	1	1	1
Experimento C	5% VG + 5% VM	10% VG + 10% VM	15% VG + 15% VM	0%			
<i>P. annua</i>	1,4	2*	2*	1			
<i>A. viridis</i>	1,8*	2*	2*	1			
Aplicación noviembre							
Experimento D	VG			VM			Testigo
Dosis	5%	10%	15%	5%	10%	15%	0%
<i>P. annua</i>	2*	2*	2,6*	1	1	1	1
<i>A. viridis</i>	2*	2*	2*	1	1	1	1
Experimento E	5% VG + 5% VM	10% VG + 10% VM	15% VG + 15% VM	0%			
<i>P. annua</i>	2,4*	2,8*	2,8*	1			
<i>A. viridis</i>	2*	2*	2*	1			

Nota: vinagre glacial (VG), vinagre de madera (VM). *Significativo comparado con el testigo correspondiente, con una probabilidad < 0,05.

Discusión

Según los resultados descritos en los experimentos A, B, C, D y E, ninguna de las fuentes de vinagre logró causar una mortalidad sobre las arvenses utilizadas; no obstante, sí se presentaron daños. En el experimento A, el vinagre de madera (VM) mostró una afectación en ambas arvenses, mientras que el vinagre glacial (VG) no, en posemergencia tardía. Liu *et al.* (2021) le atribuyen la efectividad del vinagre de madera sobre otros productos como ácido acético puro, debido a la gran cantidad de componentes que contiene dicha sustancia, entre ellos se encuentran las cetonas, furanos, aldehídos, derivados de carbohidratos, alcoholes, ésteres, compuestos nitrogenados, ácido

acético (en su mayoría), compuestos aromáticos como fenoles, de los cuales este último ayuda al ácido acético a adherirse mejor a la superficie de las hojas; la concentración de estos compuestos dependerá de la materia prima y el método de extracción. No obstante, la mayor dosis de vinagre glacial produjo un daño significativo en *P. annua*, esto concuerda con lo reportado por Montero *et al.* (2017), en donde solo la aplicación de vinagre a dosis altas (1120 L/ha) sobre avena negra (*Avena strigosa*) logró ser efectiva para su control. Las condiciones ambientales del experimento A (temperatura: 37,3°C, HR% 45,3) fueron adecuadas para las aplicaciones, manteniéndose dentro de los valores óptimos para la aplicación de plaguicidas. (Gota Protegida y REM, 2018)

La mezcla de coadyuvante en el experimento D (posemergencia tardía) solo mostró una mejoría en el efecto fitotóxico, al ser adicionado en aplicaciones con ácido acético glacial, no así con el vinagre de madera. Similares resultados fueron obtenidos por Webber *et al.* (2018), quienes aplicaron dosis crecientes de ácido acético (vinagre casero al 5% de ácido acético) (5% a 20%) y volumen de aspersión (187 a 935 L/ha), mezclados con coadyuvantes (aceite de naranja y aceite de canola), obteniendo resultados muy deficientes o nulos en el control de malezas de diferentes especies en campo. También, Siva (2014) realizó estudios para corroborar la efectividad fitotóxica del aceite de naranja y el aceite de canola, mezclándolos con surfactante constituido por fosfatdicolina al 35% p/v, ácido metilacético al 35% p/v y alcohol undecílico etoxilado 9,9 % p/v, esto sobre las malezas *Trifolium pratense L.*, *T. repens*, *Oxalis spp.*, *M. lupulina* y *Lotus corniculatus*. El resultado fue un control ineficiente, aunque menciona que se ha corroborado previamente la efectividad de ambos ácidos al mezclarlos con otros tipos de surfactantes. Además, Webber *et al.* (2018) mencionan que la mezcla con estos productos, pueden no causar algún beneficio, disminuir la eficacia, obstaculizar la entrega del herbicida o, en el peor de los casos, aumentar la posibilidad de dañar plantas que no son objetivo.

La utilización de coadyuvantes de sustancias no siempre conlleva a la mejora de la efectividad y características de las mezclas, también se pueden presentar efectos negativos. Price *et al.* (2015) explican que cabe la posibilidad de llegar a producir efectos adversos como antagonismo, disminución de la eficacia, aumento de la persistencia del herbicida en el ambiente o aumentando el daño sobre plantas que no se quieren eliminar. Para obtener un efecto deseado se deben probar otros coadyuvantes que sean compatibles con el vinagre de madera y el vinagre glacial.

En el caso de las aplicaciones en posemergencia temprana (experimento B), *P. annua* fue susceptible a ambas fuentes, mientras que *A. viridis* solo fue susceptible al vinagre glacial. Siva (2014) afirma que existen factores como la disposición de hojas, así como factores anatómicos y morfológicos, los cuales son elementos importantes que influyen en la afectividad de las aplicaciones; además, indica que es importante tener en cuenta que existen barreras físicas y condiciones en las diferentes especies de arvenses, las cuales se deben vencer para que haya una adecuada absorción de los herbicidas, estos son la edad y desarrollo de la hoja, la composición de la cutícula, la cantidad de tricomas y estomas, así como la disposición de las láminas de las hojas en la planta. La arvense *P. annua* posee hojas glabras (nula presencia de tricomas) (Beard *et al.*, 1978; Mitich, 1998), mientras que las hojas de *A. viridis* sí presentan muy pocos tricomas y escasos estomas, que son rara vez encontrados en el peciolo y nervadura central, pero más comunes en la lámina de las hojas, componiéndose de dos tipos de tricomas: los de cobertura y los glandulares. (Royal *et al.*, 2019)

En general, los tricomas pueden ser simples, ramificados o glandulares, los cuales influyen en la absorción de los herbicidas, ya que pueden dificultar la adherencia de las gotas sobre la lámina de las hojas, impidiendo que el ingrediente activo entre en contacto con la planta y este pueda ser absorbido (Alves *et al.*, 2014; Ditomaso, 1999). Aunque el *A. viridis* posee muy pocos tricomas, Ditomaso (1999) afirma que una mínima densidad de estos puede llegar a disminuir la efectividad de los herbicidas. La nula presencia de tricomas en las hojas de *P. annua* pudo influir positivamente en el ingreso a las plantas de esta especie en posemergencia temprana.

Como se mencionó anteriormente, otra de las barreras que influyen en la efectividad de absorción de los herbicidas sobre las malezas aplicadas es la cutícula. Formada principalmente de ceras, cutina y pectina, también tiene diferentes funciones, como es la protección contra rayos ultravioleta, procesos de reabsorción y transpiración del agua u otros solutos, entre otras (Anzalone, 2008). Dicha capa varía en grosor y composición dependiendo de la edad de la planta, la especie y las condiciones ambientales donde se desarrolló (Lallana *et al.*, 2006). El estado de desarrollo de las plantas (posemergencia temprana) hace pensar que el grosor de la cutícula era lo suficientemente delgada para que el vinagre fuese capaz de atravesarlo. Anzalone (2008) explica que las plantas o tejidos jóvenes están compuestos de una cutícula mucho más delgada que los tejidos más maduros. Además, la cera de la cutícula contiene una carga negativa (apolar e

hidrofóbica), esta característica propicia que el vinagre (mayoritariamente polar) mejore su adherencia a la epidermis de las hojas, que en el caso de *P. annua* sin presencia de tricomas, se ve afectada por ambas fuentes de vinagre.

Por otra parte, a pesar de que se presentaba una ligera nubosidad el día de la aplicación del experimento B, las condiciones climáticas imperantes durante las atomizaciones no las afectaron, encontrándose valores promedio de humedad relativa del 58,7% y una temperatura de 16,8 °C, que son valores que se consideran aceptables para realizar una aplicación, según Gota Protegida y REM (2018). Teniendo en cuenta los aspectos morfológicos y anatómicos, el estado fenológico de la planta (posemergencia temprana) y las condiciones ambientales adecuadas, no fue posible dilucidar por qué *A. viridis* no resultó dañado en el experimento B al ser aplicado con VM, es por ello por lo que se necesitan más estudios para esclarecer esto.

El pH de las sustancias también tiene un papel importante en la desecación de tejidos vegetales, en donde en ninguno de los experimentos se sobrepasó el pH de 3.7 (anexos 6 y 7), obteniendo los experimentos C y E un pH de 2 (para cada dosis de mezcla). Rodríguez Sánchez *et al.* (2020) afirman que sustancias como la lluvia ácida (con pH de 2,5), que incide en las hojas de especies leñosas (*Liquidambar styraciflua* L. y *Fraxinus uhdei*), puede disminuir el grosor de la cutícula, la destrucción de células membranosas, bajar la cantidad de clorofila; así como en la apertura y cierre estomática de ciertas plantas (Loucks y Ownby, 1978), ayudando a que la penetración de sustancias sea más fácil. El pH de los tratamientos con vinagre de madera al 5%, 10% y 15% se muestran en el anexo 6, obteniendo valor de 3.7, 3.6 y 3.6, respectivamente, y de 2.2, 1.9, 1.7 respectivamente para el vinagre glacial. Este factor pudo haber incidido en la severidad de daños obtenidos en la especie *A. viridis* al aplicar vinagre glacial en experimento B.

Asociado a la nula mortalidad de todos los experimentos en general, diversos autores explicaron que en ocasiones, la aplicación del ácido acético no resulta efectiva cuando se atomiza una sola vez (como fue realizado en los experimentos A, B y C), ya que las arvenses tienen la capacidad de rebrotar, más aún si las dosis son bajas, por lo que es necesaria la aplicación continua o reiterativa hasta que las malezas sean controladas, o ingresar este tipo de aplicaciones en un plan de manejo integrado, junto con otros métodos de control (Aguirre *et al.*, 2020; Capps, 2012; Montero *et al.*, 2017). Por su parte, Montero *et al.* (2017) realizaron aplicaciones de vinagre sobre un cultivo de cobertura llamado avena negra (*Avena strigosa*) en un sistema de siembra directa de

maíz orgánico, reportaron que a dosis bajas (840 L/ha y 560 L /ha) se presentaba la recuperación de las plantas afectadas por el vinagre a los 5 DDA, siendo efectivo solo en altas concentraciones (1120 L/ha). Aguirre *et al.* (2020) aplicaron vinagre de madera a dosis del 25%, 50% y 100%, sobre especies de malezas en España, y encontraron que los tratamientos causaron sintomatología en las plantas a los 7 DDA ocasionaron una reducción en la biomasa, pero a partir de ese momento se observó un ligero y gradual aumento de esta (recuperación) hasta la finalización de las evaluaciones (42 DDA). Las aplicaciones de los vinagres (ácido acético) pueden llegar a causar un daño en hojas, tallos o en brotes, pero al ser una sustancia que afecta por contacto, esta no logra translocarse hacia sus raíces, especialmente en especies leñosas, por lo que el tejido intacto tiene la capacidad de volver a generar brotes al menos después de ciertos días (de 5 a 15 DDA), es por ello que algunos autores indican que es recomendable la aplicación consecutiva de AAc, hasta que esta sea completamente eliminada. (Capps, 2012; Montero *et al.*, 2017)

En los casos en los que hubo una afectación sobre los tejidos de las plántulas (GD 2) (experimentos A, B, C, D y E), se encuentra una considerable cantidad de autores que reportaron la efectividad del vinagre sobre diferentes especies de arvenses, como por ejemplo al 20% en 600 L/ha (Alvarado *et al.*, 2016), 12,5% de AAc en 1120 L/ha (Montero *et al.*, 2017); Liu *et al.* (2021) observaron un alto y variable nivel de control en campo de *Perilla frutescens* L., *Oxalys corniculata* L., *Geranium carolinianum* L. al aplicar vinagre de madera sin diluir y a los más altos volúmenes de aspersion (22,89% de AAc [vinagre de madera] en 4000 L/ha); Martínez *et al.* (2015) aplicaron tres dosis de AAc sobre distintas arvenses de hoja ancha y angosta, llegando a causar la mortalidad del 100% después de 48 horas DA, principalmente en las dosis más altas (20% AAc).

También existen reportes en donde la aplicación a bajas concentraciones resulta ser efectiva, como por ejemplo, Evans *et al.* (2009) obtuvieron resultados eficaces al utilizar dosis bajas de 15% de AAc en 636 L/ha (dosis más baja de su estudio), la cual fue igual de efectiva que la dosis alta 30% de AAc en 318 L/ha, encontrándose una posible relación entre la dosis y el volumen de aspersion (cobertura). Capps (2012), en sus estudios de campo, afirmó que una mejor cobertura de las aplicaciones por medio de altos volúmenes de aspersion puede ser un factor más determinante en la efectividad que la concentración, siempre y cuando esta última sea lo suficientemente alta para ser fitotóxica.

Conclusiones

- Tanto el vinagre glacial como el vinagre de madera resultan ineficaces para el control de las malezas utilizadas con una sola aplicación, aunque si bien se observaron daños (los cuales son daños significativos en comparación con los testigos correspondientes), ninguno de los tratamientos en todas las aplicaciones produjo una mortalidad significativa.
- En posemergencia temprana todos los tratamientos para las dos fuentes de vinagre en *P. annua* causaron un daño, en comparación con el testigo, mientras que en *A. viridis*, solo el vinagre glacial la dañó. Las aplicaciones de mezclas en este estado de desarrollo afectaron a las dos especies, causando un grado de daño significativo en comparación con los testigos (pero sin causar una mortalidad significativa), a excepción de la mezcla al 5% en *P. annua*.
- En posemergencia tardía, el vinagre de madera dañó ambas especies, pero el vinagre glacial en este estado de desarrollo de la planta solo afectó a *P. annua* cuando se utilizó la dosis al 15%. En este estado de desarrollo de las plantas de *P. annua* presentan resistencia al vinagre glacial cuando se aplicaron las dosis al 5% y 10%.
- El uso de coadyuvante resultó eficaz (mejora del grado de daño sin sobrepasar el nivel 2) con el vinagre glacial al aplicar las dosis por separado (experimento D) en ambas malezas, no así para el vinagre de madera (grado de daño nivel 1). Y en el caso de las mezclas de fuentes de vinagre (experimento E), el coadyuvante mejoró levemente el grado de daño en ambas especies de arvenses.

Referencias

- Agüero, R., Portuguese, P., González, M. y Rodríguez, A. (2017). Actividad herbicida de tres sustancias de origen natural [Memorias]. XXIII Congreso Latinoamericano y III Iberoamericano de Malezas (2017, Cuba), San José, Costa Rica.
- Aguirre, J. L., Baena, J., Martín, M. T., González, S., Manjón, J. L. & Peinado, M. (2020). Herbicidal effects of wood vinegar on nitrophilous plant communities. *Food and Energy Security*, 9(4). <https://doi.org/10.1002/FES3.253>
- Alcántara-De la Cruz, R., Amaral, G. da S., de Oliveira, G. M., Rufino, L. R., de Azevedo, F. A., de Carvalho, L. B. & da Silva, M. F. D. G. F. (2020). Glyphosate Resistance in *Amaranthus viridis* in Brazilian Citrus Orchards. *Agriculture 2020*, Vol. 10, Page 304, 10(7), 304. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE10070304>
- Alvarado, A., Carrera, M. y Yance, G. (2016, diciembre). Estudio del impacto en el control natural de malezas a partir del vinagre. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/12/vinagre.html>
- Alves, R. M., Inacio, E. M., Monquero, P. A., Meneghin, S. P. & Hirata, A. C. S. (2014). Leaf-surface characterization and the effects of the herbicide saflufenacil on the leaves of weeds. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(4), 550-555. <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i4a4731>
- Anzalone, A. (2008). *Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas* (Primera ed.). Universidad Centro Occidental «Lisandro Alvarado». <https://www.researchgate.net/publication/259175751>
- Arce Reyes, G. D. (2001). *Evaluación técnica del vinagre para el manejo de malezas* [Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1418/1/CPA-2001-T006.pdf>
- Barua, R., Boutsalis, P., Malone, J., Gill, G. & Preston, C. (2020). Incidence of multiple herbicide resistance in annual bluegrass (*Poa annua*) across southeastern Australia. *Weed Science*, 68(4), 340-347. <https://doi.org/10.1017/WSC.2020.35>

- Beard, J. B., Rieke, P. E., Turgeon, A. J. & Vargas, J. M. (1978). *Annual bluegrass (Poa annua L.): description, adaptation, culture and control* /. East Lansing: <http://hdl.handle.net/2027/uiug.30112019632725>
- Blech, Z. Yosef. (2008). *Kosher food production*. Wiley-Blackwell Pub.
- Camili, E. C., Benato, E. A., Pascholati, S. F. & Cia, P. (2010). Vaporização de ácido acético para o controle pós-colheita de *Botrytis cinerea* em uva «Itália». *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(2), 13. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000053>
- Capps, S. Annette. (2012). *Evaluation of natural product herbicides for organic and conventional specialty crop production in California* [University of California, Davis]. <https://www.proquest.com/docview/1022977300?accountid=28692&parentSessionId=RGxXvr0yuspGM3SU14wUE1%2BNTWmtFZSQb7dfSK0SPo8%3D&pq-origsite=primo>
- Chungsiriporn, J., Pongyeela, P. & Iewkittayakorn, J. (2018). Use of wood vinegar as fungus and malodor retarding agent for natural rubber products. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40(1), 87-92. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.29>
- Comis, D. (2002). *Spray Weeds With Vinegar?* United States Department of Agriculture (USDA). <https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2002/spray-weeds-with-vinegar>
- Dae Seo, P., Ultra, V. U., Rosnah, M., Rubenecia, U. & Lee, S. C. (2015). Influence of Herbicides-pyroligneous Acids Mixtures on Some Soil Properties, Growth and Grain Quality of Paddy Rice. *International Journal Of Agriculture & Biology Int. J. Agric. Biol*, 17, 499-506. <https://doi.org/10.17957/IJAB/17.3.14.349>
- Davis, A. S. (2017). *Integrated weed management for sustainable agriculture* (R. Zimdahl, Ed.). Burleigh Dodds.
- De Egea, J., Mereles, F. y Céspedes, G. (2018). *Malezas comunes del Paraguay - Manual de identificación*.
- Del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S. y Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 372-387.

- Del Rio Segovia, J. L. (2016). *Propuesta de la obtención de acetato de etilo, utilizando un solo equipo para la reacción química y la separación por destilación, a partir de ácido acético y etanol* [Instituto Politécnico Nacional].
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22132/25-1-16964.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delascio, F. y Nozawa, S. (2010). Poa Annuua L. y Polypogon Elongatus Kunth (Poaceae), Dos nuevas especies exóticas para la flora de la Guayana venezolana. *Acta Botánica Venezuelica*, 33(2). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062010000200010
- Ditomaso, J. M. (1999). Barriers to Foliar Penetration and Uptake of Herbicides. *Proceedings of the California Weed Science Society*, 51, 150-155.
- Droulhiolle, M. (2015). *El vinagre astuto: Antiséptico, depurativo, reconstituyente, desinfectante... todas las virtudes de un producto 100% eficaz*. La Esfera de los Libros.
- Evans, G. J. & Bellinder, R. R. (2009). The Potential Use of Vinegar and a Clove Oil Herbicide for Weed Control in Sweet Corn, Potato, and Onion. *Weed Technology*, 23, 120-128.
https://www-jstor-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/stable/40587050?sid=primo&seq=1#metadata_info_tab_contents
- Evans, G. J., Bellinder, R. R. & Goffinet, M. C. (2009). Herbicidal Effects of Vinegar and a Clove Oil Product on Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and Velvetleaf (*Abutilón theophrasti*). *Weed Technology*, 23(2), 292-299. <https://doi.org/10.1614/WT-08-158.1>
- Evans, G. J., Bellinder, R. R. & Hahn, R. R. (2011). Integration of Vinegar for In-Row Weed Control in Transplanted Bell Pepper and Broccoli. *Weed Technology*, 25, 459-465.
- Flora de Costa Rica. (s. f.). *Amaranthus viridis* [L.]. Floracostaricensis.
<https://floracostaricensis.myspecies.info/taxonomy/term/20613/descriptions>
- Francischini, A. C., Constantin, J., Oliveira, R. S., Santos, G., Braz, G. B. P. & Dan, H. A. (2014). First report of *Amaranthus viridis* resistance to herbicides. *Planta Daninha*, 32(3), 571-578.
<https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000300013>

- García Mateos, M., Sánchez Navarro, C., Martínez Solís, J. y Pérez Grajales, M. (2013). Actividad Fitotóxica de los Extractos de Chile Manzano (*capsicum pubescens* r & p). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(4), 23-33. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.03.009>
- Gota Protegida y REM. (2018). *Manejo de malezas problema: Calidad de aplicación de herbicidas* (Vol. 9). Aapresid. www.aapresid.org.ar/rem
- Granados, M. del M. (2011). *Problemas fitosanitarios de la cebolla en Costa Rica* (A. L. Barrantes, Ed.; 1.^a ed.). Editorial Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76072/libro%20cebolla%20UCR%20corregido-.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, M., Soto, D. y Alpízar, M. (2019). *El clima de la Sub-Estación Experimental de Fraijanes, en un ecosistema montano bajo y húmedo*. Universidad de Costa Rica. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoKERWA78506/Description#tabnav>
- Hagner, M., Penttinen, O.-P., Tiilikkala, K. & Setälä, H. (2013). *The effects of biochar, wood vinegar and plants on glyphosate leaching and degradation*. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.05.002>
- Hanan, A. M. y Mondragón, J. (2009, agosto 13). *Amaranthus viridis - ficha informativa*. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/amaranthaceae/amaranthus-viridis/fichas/ficha.htm>
- Henríquez, C. y Cabalceta, G. (2012). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola* (Asoc. Costarricense de la Ciencia del Suelo, Ed.).
- Jiménez, S. M., Tiburzi, M. C., Salsi, M. S., Moguilevsky, M. A. y Pirovani, M. E. (2008). Tratamientos con ácido acético de cultivos de *E. coli* y *Salmonella* in-vitro y en líquidos escurridos del lavado de canales de pollo. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 6(2), 90-94.
- Khan, A., Mobli, A., Werth, J. & Chauhan, B. (2022). Germination and seed persistence of *Amaranthus retroflexus* and *Amaranthus viridis*: Two emerging weeds in Australian cotton and other summer crops. *PLoS One*, 17(2). <https://web-p-ebSCOhost-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=b2cccce1-f720-49b8-97fa-9fadfdaf0fe0%40redis>

- Khan, I. y Khan, M. I. (2015). Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1307-1316. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n6/v6n6a13.pdf>
- Kim, D. H., Seo, H. E., Lee, S.-C. & Lee, K.-Y. (2008). Effects of wood vinegar mixed with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Animal Cells and Systems*, 12(1), 47-52. <https://doi.org/10.1080/19768354.2008.9647153>
- Koc, I., Namli, A., Mendes, M., Mesut, S., Cig, F. & Necip, E. (2019). A study on the effects of wood vinegar on weeds and cultivated plants in the wheat agro-ecosystems. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (4), 2747-2753.
- Lallana, M. del C., Billard, C. E., Elizalde, J. H. y Lallana, V. H. (2006). Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 17(33), 229-241. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14503310>
- Liu, X., Zhan, Y., Li, X., Li, Y., Feng, X., Bagavathiannan, M., Zhang, C., Qu, M. & Yu, J. (2021). The use of wood vinegar as a non-synthetic herbicide for control of broadleaf weeds. *Industrial Crops and Products*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114105>
- Loucks, M. & Ownby, J. D. (1978). Effect of pH and Metabolic Inhibitors on Stomatal Opening in *Crassula argentea*. *Botanical Gazette*, 139(4), 381-384. <https://www.jstor-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/stable/2473656?sid=primo&seq=1>
- Manual de plantas de Costa Rica. (2021, abril 28). *Amaranthus viridis* L. Tropicos.Org. <http://legacy.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=1100015&projectid=66>
- Mao, G. & Huff, D. (2012, julio). The Evolutionary Origin of *Poa annua* L. *Crop Science*, 1910-1922.
- March, G. J. (2014). *Agricultura y plaguicidas: un Análisis Global* (Efe y Efe, Ed.; 1ª. ed.). FADA (Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina).
- Martínez, S., Carrero, T. B. y Martínez, H. M. (2015). Efecto de ácido acético como herbicida en el manejo de seis especies de arvenses, CNRA-Campus Agropecuario, UNAN-León, septiembre 2014-marzo del 2015. [moz-extension://5d196493-d44e-456b-a7c4-](https://doi.org/10.1080/19768354.2015.1080197)

c934d15796e0/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Friul.unanleon.edu.ni%3A8080%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F4020%2F1%2F229078.pdf

Menalled, F. (2010). Consideraciones Ecológicas para el Desarrollo de Programas de Manejo Integrado de Malezas. *Revista Agroecológica* 5(1), 73-78. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160581/140441>

Mitich, L. W. (1998). Annual Bluegrass (*Poa annua* L.). *Weed Technology*, 12(2), 414-416.

Montero Cedeño, S., Cardoso Galvao, J. C., Diniz Melo, C. A. y Cañarte Bermúdez, E. (2016). Vinagre como desecante de plantas de cobertura y su efecto en la actividad microbiana del suelo en sistema de siembra directa. *Revista La Técnica*, 16-25. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/530/401>

Montero, S. L., Cardoso, J. C. y Gonzalo, E. (2017). Vinagre triple 12,5%: herbicida natural en siembra directa de maíz (*Zea mays*) orgánico. *ESPAMCIENCIA*, 8(2), 13-21. [moz-extension://5d196493-d44e-456b-a7c4-c934d15796e0/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F7020055.pdf](https://extension://5d196493-d44e-456b-a7c4-c934d15796e0/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F7020055.pdf)

Perdomo, F., Mondragón, J. y Vibrans, H. (2008, julio 23). *Poa annua* - ficha informativa. Conabio. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/poa-annua/fichas/ficha.htm>

Pereira Giardini Bonfim, F., Machado Torres Menezes, G., Aparecida de Oliveira Gomes, J., Aparecida Texeira, D., Solano Mendoza, J. D. y de Souza Parreiras, N. (2018). Alelopatia: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. *Revista Centro Agrícola*, 45(1), 78-87.

Pohl, R. y Davidse, G. (2009). *Poa annua* L. Flora de Nicaragua. <http://legacy.tropicos.org/Name/25509881?projectid=7>

Price, A., Kelton, J. & Sarunaite, L. (2015). *Herbicides Physiology of Action and Safety*. (A. Price, J. Kelton & L. Sarunaite, Eds.; Vol. 1). INTECH. https://mts.intechopen.com/storage/books/4787/authors_book/authors_book.pdf

- Ramírez, F., Bravo, V. y Herrera, G. (2017). Uso del herbicida en Costa Rica en el periodo 2007 al 2015. *UNICIENCIA*, 59-72. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/ru.31-1.7>
- Rico, C., Souvandumane, S., Lemuel, O., Chung, I.-K., Son, T.-K. & Lee, S. (2007). Effects of Mixed Application of Wood Vinegar and Herbicides on Weed Control, Yield and Quality of Rice (*Oryza sativa* L.). *Korean Journal of Crop Science*, 52, 387-392.
- Rodríguez, A. M., Chaves, N., Hernández, A. y Herrera, F. (2015). >Determinación de la Resistencia al Cletodim en *Poa annua* en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 257-266.
- Rodríguez-Sánchez, V. M., Rosas, U., Calva-Vásquez, G. & Sandoval-Zapotitla, E. (2020). Does Acid Rain Alter the Leaf Anatomy and Photosynthetic Pigments in Urban Trees? *Plants*, 9(7), 862. <https://doi.org/10.3390/plants9070862>
- Royal, F. P., Prakash, Y. G., Sivasubramanian, P., Rajamathanky, H., Ragupathi, G. & Rajesh, V. (2019). Pharmacognostical characteristics of *Amaranthus viridis* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6), 1949-1953. <http://www.phytojournal.com>
- Sancho, M. (2018). *Bromacil, agroquímico prohibido en el país, fue hallado en agua potable de la Zona Norte*. Crhoy.Com. <https://www.crhoy.com/ambiente/bromacil-agroquimico-prohibido-en-el-pais-fue-hallado-en-agua-potable-de-la-zona-norte/>
- Sandral, G. A., Dear, B. S., Pratley, J. E. & Cullis, B. R. (1997). Herbicide dose rate response curves in subterranean clover determined by a bioassay. *Journal of Experimental Agriculture*, 37(1), 67-74. <https://doi.org/10.1071/EA96067>
- Sanon, A., Béguiristain, T., Cébron, A., Berthelin, J., Ndoye, I., Leyval, C., Sylla, S. & Duponnois, R. (2009). Changes in soil diversity and global activities following invasions of the exotic invasive plant, *Amaranthus viridis* L., decrease the growth of native sahelian *Acacia* species. *FEMS Microbiology Ecology*, 70, 118-131. <https://web-p-ebsohost-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=5bb34ba4-af40-40fc-821e-43e6c8dec722%40redis>
- SFE. (2001). *Reglamento de agricultura orgánica N° 29782-MAG* (p. 35).

- Sindhu, M. & Zainul Akmar, Z. (2015). Pyrolyigneous acid—the smoky acidic liquid from plant biomass. *Appl Microbiol Biotechnol*, 99, 611-622. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6242-1>
- Singh, V., dos Reis, F. C., Reynolds, C., Elmore, M. & Bagavathiannan, M. (2021). Cross and multiple herbicide resistance in annual bluegrass (*Poa annua*) populations from eastern Texas golf courses. *Pest Management Science*, 77(4), 1903-1914. <https://doi.org/10.1002/PS.6217>
- Siva, C. (2014). *Alternative Strategies for Broadleaf Weed Management in Residential Lawns* [The University of Guelph]. [moz-extension://5d196493-d44e-456b-a7c4-c934d15796e0/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fatrium.lib.uoguelph.ca%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F10214%2F8046%2FSiva_Cynthia_201405_Msc.pdf%3Fsequence%3D1](https://www.moz-extension://5d196493-d44e-456b-a7c4-c934d15796e0/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fatrium.lib.uoguelph.ca%2Fxmlui%2Fbitstream%2Fhandle%2F10214%2F8046%2FSiva_Cynthia_201405_Msc.pdf%3Fsequence%3D1)
- Smith-Fiola, D. & Gill, S. (2014). *Vinegar: An Alternative to Glyphosate?*
- Svyantek, A. W., Aldahir, P., Chen, S., Flessner, M. L., McCullough, P. E., Sidhu, S. S. & McElroy, J. S. (2016). Target and Nontarget Resistance Mechanisms Induce Annual Bluegrass (*Poa annua*) Resistance to Atrazine, Amicarbazone, and Diuron . *Weed Technology*, 30(3), 773-782. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00173.1>
- Thomas, W., Burke, I., Spears, J. & Wilcut, J. (2006). Influence of Environmental Factors on Slender Amaranth (*Amaranthus viridis*) Germination. *Weed Science*, 54(2), 316-320. <https://www-jstor-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/stable/4539393?sid=primo&seq=1>
- Tiilikkala, K., Fagernas, L. & Tiilikkala, J. (2010). History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. *The Open Agriculture Journal*, 4, 111-118.
- UNAVARRA. (s. f.). *Poa annua* L. Recuperado 1 de mayo de 2022, a partir de https://www.unavarra.es/herbario/htm/Poa_annu.htm
- Universidad de Alcalá. (2016). *El vinagre de madera ¿un posible sustituto de herbicidas químicos?* Universidad de Alcalá. https://portal.uah.es/portal/page/portal/servicio_comunicacion/sala_prensa/notas_prensa/2016/07/37AB615E85EF2074E0532498A8C0DA74

- USDA. (s. f.-a). *Classification for Kingdom Plantae Down to Genus Amaranthus L.* United States Department of Agriculture. Recuperado 1 de mayo de 2022, a partir de <https://plants.usda.gov/home/classification/55711>
- USDA. (s. f.-b). *Classification for Kingdom Plantae Down to Species Poa annua L.* Recuperado 1 de mayo de 2022, a partir de <https://plants.usda.gov/home/classification/24859>
- Velmurugan, N., Chun, S., Han, S. & Lee, Y.-S. (2008). Characterization of chikusaku-eki and mokusaku-eki and its inhibitory effect on sapstaining fungal growth in laboratory scale. *International Journal of Environment Science and Technology*, 6, 13-22.
- Villalobos, A. y Herrera Murillo, F. (2002). Control químico de *Polygonum aviculare* y otras malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*). *Revista de Agricultura Tropical*, 7-16.
- Webber, C. L., White, P. M., Shrefler, J. W. & Spaunhorst, D. J. (2018). Impact of Acetic Acid Concentration, Application Volume, and Adjuvants on Weed Control Efficacy. *Journal of Agricultural Science*, 10(8). <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p1>
- Yong Seok, C., Byoung Jun, A. & Gyu Hyeok, K. (2012). Extraction of chromium, copper, and arsenic from CCA-treated wood by using wood vinegar. *Bioresource Technology*, 120, 328-331.

Anexos

Anexo 1. Tabla de distribución de los tratamientos de los experimento A, B y D, según su fuente de vinagre, dosis y maleza.

Tratamiento	Repetición	# al	Vinagre	Dosis	Maleza
1	1	7	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>
1	2	33	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>
1	3	9	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>
1	4	67	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>
1	5	65	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>
1	6	60	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>
2	1	53	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>
2	2	1	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>
2	3	70	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>
2	4	55	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>
2	5	73	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>
2	6	25	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>
3	1	52	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>
3	2	63	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>
3	3	4	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>
3	4	47	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>
3	5	83	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>
3	6	42	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>
4	1	17	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>
4	2	75	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>
4	3	13	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>
4	4	12	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>
4	5	79	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>
4	6	77	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>
5	1	76	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>
5	2	43	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>
5	3	30	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>
5	4	51	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>
5	5	48	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>
5	6	50	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>
6	1	8	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>
6	2	23	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>
6	3	29	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>

6	4	3	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>
6	5	44	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>
6	6	57	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>
7	1	18	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>
7	2	81	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>
7	3	32	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>
7	4	41	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>
7	5	11	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>
7	6	16	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>
8	1	34	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>
8	2	64	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>
8	3	26	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>
8	4	45	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>
8	5	27	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>
8	6	62	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>
9	1	22	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>
9	2	66	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>
9	3	80	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>
9	4	40	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>
9	5	14	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>
9	6	6	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>
10	1	24	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>
10	2	35	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>
10	3	2	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>
10	4	82	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>
10	5	28	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>
10	6	58	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>
11	1	37	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>
11	2	56	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>
11	3	19	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>
11	4	36	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>
11	5	69	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>
11	6	39	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>
12	1	49	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>
12	2	59	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>
12	3	72	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>
12	4	78	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>
12	5	15	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>
12	6	68	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>
13	1	20	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>
13	2	38	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>

13	3	31	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>
13	4	21	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>
13	5	71	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>
13	6	10	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>
14	1	84	Vinagre madera	15.00 %	<i>A. viridis</i>
14	2	54	Vinagre madera	15.00 %	<i>A. viridis</i>
14	3	61	Vinagre madera	15.00 %	<i>A. viridis</i>
14	4	5	Vinagre madera	15.00 %	<i>A. viridis</i>
14	5	74	Vinagre madera	15.00 %	<i>A. viridis</i>
14	6	46	Vinagre madera	15.00 %	<i>A. viridis</i>

Anexo 2. Hoja de evaluación de los experimentos A, B y D.

Tratamiento	Repetición	# al	Vinagre	Dosis	Maleza	Grado de daño	# plantas muertas
1	1	7	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>		
1	2	33	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>		
1	3	9	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>		
1	4	67	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>		
1	5	65	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>		
1	6	60	Testigo	0.00 %	<i>P. annua</i>		
2	1	53	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>		
2	2	1	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>		
2	3	70	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>		
2	4	55	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>		
2	5	73	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>		
2	6	25	Vinagre glacial	5.00 %	<i>P. annua</i>		
3	1	52	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>		
3	2	63	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>		
3	3	4	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>		
3	4	47	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>		
3	5	83	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>		
3	6	42	Vinagre glacial	10.00 %	<i>P. annua</i>		
4	1	17	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>		
4	2	75	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>		
4	3	13	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>		
4	4	12	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>		
4	5	79	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>		
4	6	77	Vinagre glacial	15.00 %	<i>P. annua</i>		
5	1	76	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>		
5	2	43	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>		
5	3	30	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>		
5	4	51	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>		
5	5	48	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>		
5	6	50	Vinagre madera	5.00 %	<i>P. annua</i>		
6	1	8	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>		
6	2	23	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>		
6	3	29	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>		
6	4	3	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>		
6	5	44	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>		
6	6	57	Vinagre madera	10.00 %	<i>P. annua</i>		
7	1	18	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>		

7	2	81	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>		
7	3	32	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>		
7	4	41	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>		
7	5	11	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>		
7	6	16	Vinagre madera	15.00 %	<i>P. annua</i>		
8	1	34	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>		
8	2	64	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>		
8	3	26	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>		
8	4	45	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>		
8	5	27	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>		
8	6	62	Testigo	0.00 %	<i>A. viridis</i>		
9	1	22	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
9	2	66	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
9	3	80	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
9	4	40	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
9	5	14	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
9	6	6	Vinagre glacial	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
10	1	24	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
10	2	35	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
10	3	2	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
10	4	82	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
10	5	28	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
10	6	58	Vinagre glacial	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
11	1	37	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
11	2	56	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
11	3	19	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
11	4	36	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
11	5	69	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
11	6	39	Vinagre glacial	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
12	1	49	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
12	2	59	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
12	3	72	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
12	4	78	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
12	5	15	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
12	6	68	Vinagre madera	5.00 %	<i>A. viridis</i>		
13	1	20	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
13	2	38	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
13	3	31	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
13	4	21	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
13	5	71	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>		
13	6	10	Vinagre madera	10.00 %	<i>A. viridis</i>		

14	1	84	Vinagre maderá	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
14	2	54	Vinagre maderá	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
14	3	61	Vinagre maderá	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
14	4	5	Vinagre maderá	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
14	5	74	Vinagre maderá	15.00 %	<i>A. viridis</i>		
14	6	46	Vinagre maderá	15.00 %	<i>A. viridis</i>		

Anexo 3. Tabla de distribución de los tratamientos de los experimentos C y E, según su mezcla de fuente de vinagre, dosis y maleza. VG: Vinagre glacial, VM: Vinagre de madera.

Tratamiento	Repetición	# al	Vinagres	Dosis	Maleza
1	1	14	Testigo	0.00%	<i>Poa annua</i>
1	2	27	Testigo	0.00%	<i>Poa annua</i>
1	3	1	Testigo	0.00%	<i>Poa annua</i>
1	4	7	Testigo	0.00%	<i>Poa annua</i>
1	5	5	Testigo	0.00%	<i>Poa annua</i>
2	1	30	VG + VM	5% + 5%	<i>Poa annua</i>
2	2	19	VG + VM	5% + 5%	<i>Poa annua</i>
2	3	20	VG + VM	5% + 5%	<i>Poa annua</i>
2	4	38	VG + VM	5% + 5%	<i>Poa annua</i>
2	5	35	VG + VM	5% + 5%	<i>Poa annua</i>
3	1	33	VG + VM	10% + 10%	<i>Poa annua</i>
3	2	21	VG + VM	10% + 10%	<i>Poa annua</i>
3	3	29	VG + VM	10% + 10%	<i>Poa annua</i>
3	4	39	VG + VM	10% + 10%	<i>Poa annua</i>
3	5	12	VG + VM	10% + 10%	<i>Poa annua</i>
4	1	9	VG + VM	15% + 15%	<i>Poa annua</i>
4	2	40	VG + VM	15% + 15%	<i>Poa annua</i>
4	3	18	VG + VM	15% + 15%	<i>Poa annua</i>
4	4	13	VG + VM	15% + 15%	<i>Poa annua</i>
4	5	4	VG + VM	15% + 15%	<i>Poa annua</i>
5	1	23	Testigo	0.00%	<i>Amaranthus viridis</i>
5	2	37	Testigo	0.00%	<i>Amaranthus viridis</i>
5	3	16	Testigo	0.00%	<i>Amaranthus viridis</i>
5	4	6	Testigo	0.00%	<i>Amaranthus viridis</i>
5	5	31	Testigo	0.00%	<i>Amaranthus viridis</i>
6	1	22	VG + VM	5% + 5%	<i>Amaranthus viridis</i>
6	2	11	VG + VM	5% + 5%	<i>Amaranthus viridis</i>
6	3	34	VG + VM	5% + 5%	<i>Amaranthus viridis</i>
6	4	32	VG + VM	5% + 5%	<i>Amaranthus viridis</i>
6	5	26	VG + VM	5% + 5%	<i>Amaranthus viridis</i>
7	1	15	VG + VM	10% + 10%	<i>Amaranthus viridis</i>
7	2	25	VG + VM	10% + 10%	<i>Amaranthus viridis</i>
7	3	24	VG + VM	10% + 10%	<i>Amaranthus viridis</i>
7	4	10	VG + VM	10% + 10%	<i>Amaranthus viridis</i>
7	5	8	VG + VM	10% + 10%	<i>Amaranthus viridis</i>
8	1	17	VG + VM	15% + 15%	<i>Amaranthus viridis</i>

8	2	3	VG + VM	15% + 15%	<i>Amaranthus viridis</i>
8	3	36	VG + VM	15% + 15%	<i>Amaranthus viridis</i>
8	4	28	VG + VM	15% + 15%	<i>Amaranthus viridis</i>
8	5	2	VG + VM	15% + 15%	<i>Amaranthus viridis</i>

Anexo 4. Hoja de evaluación de los experimentos C y E. VG: Vinagre glacial, VM: Vinagre de madera.

Tratamiento	Repetición	# al	Vinagres	Dosis	Maleza	Grado de daño	# plantas muertas
1	1	14	Testigo	0.00%	<i>P. annua</i>		
1	2	27	Testigo	0.00%	<i>P. annua</i>		
1	3	1	Testigo	0.00%	<i>P. annua</i>		
1	4	7	Testigo	0.00%	<i>P. annua</i>		
1	5	5	Testigo	0.00%	<i>P. annua</i>		
2	1	30	VG + VM	5% + 5%	<i>P. annua</i>		
2	2	19	VG + VM	5% + 5%	<i>P. annua</i>		
2	3	20	VG + VM	5% + 5%	<i>P. annua</i>		
2	4	38	VG + VM	5% + 5%	<i>P. annua</i>		
2	5	35	VG + VM	5% + 5%	<i>P. annua</i>		
3	1	33	VG + VM	10% + 10%	<i>P. annua</i>		
3	2	21	VG + VM	10% + 10%	<i>P. annua</i>		
3	3	29	VG + VM	10% + 10%	<i>P. annua</i>		
3	4	39	VG + VM	10% + 10%	<i>P. annua</i>		
3	5	12	VG + VM	10% + 10%	<i>P. annua</i>		
4	1	9	VG + VM	15% + 15%	<i>P. annua</i>		
4	2	40	VG + VM	15% + 15%	<i>P. annua</i>		
4	3	18	VG + VM	15% + 15%	<i>P. annua</i>		
4	4	13	VG + VM	15% + 15%	<i>P. annua</i>		
4	5	4	VG + VM	15% + 15%	<i>P. annua</i>		
5	1	23	Testigo	0.00%	<i>A. viridis</i>		
5	2	37	Testigo	0.00%	<i>A. viridis</i>		
5	3	16	Testigo	0.00%	<i>A. viridis</i>		
5	4	6	Testigo	0.00%	<i>A. viridis</i>		
5	5	31	Testigo	0.00%	<i>A. viridis</i>		
6	1	22	VG + VM	5% + 5%	<i>A. viridis</i>		
6	2	11	VG + VM	5% + 5%	<i>A. viridis</i>		
6	3	34	VG + VM	5% + 5%	<i>A. viridis</i>		
6	4	32	VG + VM	5% + 5%	<i>A. viridis</i>		
6	5	26	VG + VM	5% + 5%	<i>A. viridis</i>		
7	1	15	VG + VM	10% + 10%	<i>A. viridis</i>		
7	2	25	VG + VM	10% + 10%	<i>A. viridis</i>		
7	3	24	VG + VM	10% + 10%	<i>A. viridis</i>		
7	4	10	VG + VM	10% + 10%	<i>A. viridis</i>		
7	5	8	VG + VM	10% + 10%	<i>A. viridis</i>		
8	1	17	VG + VM	15% + 15%	<i>A. viridis</i>		

8	2	3	VG + VM	15% + 15%	<i>A. viridis</i>		
8	3	36	VG + VM	15% + 15%	<i>A. viridis</i>		
8	4	28	VG + VM	15% + 15%	<i>A. viridis</i>		
8	5	2	VG + VM	15% + 15%	<i>A. viridis</i>		

Anexo 5. Componentes del vinagre de madera (Oro Negro) y su concentración en el producto comercial (% p/v).

Compuestos		%
1	Ácido propanóico	6,20
2	Ácido acético, hidrox-, methyl ester	2,53
3	1-hidroxi-2-butanona	8,87
4	Ácido butanóico, anhídrido (Anhídrido butírico)	3,01
5	Ácido 5-Oxotetrahidrofurano-2-carboxílico	1,48
6	1.2-Benzenediol, 3-methoxy-(Pirogalol)	2,00
7	Metacrilic acid, etil ester (Metacrilato de etilo)	3,11
Total de compuestos ácidos		27,20

Anexo 6. Cuadro guía de volúmenes de mezcla del experimento A, B, C (de ambas fuentes de vinagre) y su pH.

Vinagre de Madera (Oro Negro)						
Dosis	compuesto	Kg pc/200 L/ha	kg ia/ha	Volumen de pc (ml)	Volumen de H2O (ml)	pH
5%	1	10	0,62	100	1900	3.7
	2		0,253			
	3		0,887			
	4		0,301			
	5		0,148			
	6		0,2			
	7		0,311			
10%	1	20	1,24	200	1800	3.6
	2		0,506			
	3		1,774			
	4		0,602			
	5		0,296			
	6		0,4			
	7		0,622			
15%	1	30	1,86	300	1700	3.6
	2		0,759			
	3		2,661			
	4		0,903			
	5		0,444			
	6		0,6			
	7		0,933			

Vinagre Glacial (Ácido acético al 99%)					
Dosis	Kg pc/200 L/ha	kg ia/ha	Volumen de pc (ml)	Volumen de H2O (ml)	pH
5%	10	9,9	100	1900	2.2
10%	20	19,9	200	1800	1.9
15%	30	29,8	300	1700	1.7

Anexo 7. Cuadro guía de volúmenes de mezcla de los experimentos C y su pH. Azul: vinagre glacial. Anaranjado: vinagre de madera (Oro Negro), utilizados en las aplicaciones de octubre.

Tratamientos	Dosis	Kg pc/ 200 L/ha	Volumen de pc (ml)	Volumen de H2O (ml)	pH
Testigo	0%	0	0	2000	
VG + VM	5% + 5%	10 + 10	100 + 100	1800	2.3
VG + VM	10% + 10%	20 + 20	200 + 200	1600	2.1
VG + VM	15% + 15%	30 + 30	300 + 300	1400	2.1

Anexo 8. Cuadro guía de volúmenes de mezcla del experimento 1, misma cantidad para vinagre glacial y vinagre de madera (Oro Negro), utilizados en la aplicación del mes de noviembre con aspersor de mano.

Dosis	Volumen de pc (ml)	Volumen de H2O (ml)
5%	10	190
10%	20	180
15%	30	170

Anexo 9. Cuadro guía de volúmenes de mezcla del experimento 2, al realizar las mezclas de ambas fuentes, utilizados en la aplicación del mes de noviembre con aspersor de mano. Azul: vinagre glacial. Anaranjado: vinagre de madera (Oro Negro).

Dosis	Volumen de pc (ml)	Volumen de H2O (ml)
5% + 5%	10 + 10 (20 ml)	180
10% + 10%	20 + 20 (40 ml)	160
15% + 15%	30 + 20 (60 ml)	140

Anexo 10. Análisis químico completo y materia orgánica del suelo utilizado en los experimentos, en Sabanilla de Alajuela (número de reporte 77842. Proyecto FUNDEVI 1472 – EEFBM – Mary Pamela Portuguez / Proyecto Final Graduación Álvaro Boza Alán).

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS													
Solución Extractora: KCl-Olsen Modificado		pH	cmol (+)/L					%	mg/L				
		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5.5	0.5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
LOTE SUBESTACIÓN FRAIJANES	S-21-03577	6.0	0.17	5.87	0.99	0.25	7.28	2	3	10.0	8	107	7

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS						
ID USUARIO	ID LAB	mS/cm	%		Relación	
		CE	C	N	C/N	
		1,5				
LOTE SUBESTACIÓN FRAIJANES	S-21-03577	0.1	9.79	0.84	11.7	

Anexo 11. Cuadro de promedios temperatura (°C), humedad relativa (HR%) y humedad del suelo (%), por fecha de aplicación (junio/julio, octubre y noviembre), durante la realización de las evaluaciones.

Aplicación	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Humedad del suelo (%) (Exp B/Exp C)
Junio/Julio	27.6	63.6	26.1 (Exp A)
Octubre	29.8	58.5	31.7/31.3
Noviembre	-	-	-

Anexo 12. Cuadro de temperatura (°C) y humedad relativa (HR%) y humedad del suelo, por fecha de aplicación (junio/julio, octubre y noviembre), durante la realización de las aplicaciones.

Aplicación	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)
29 de junio	37.3	45.3
7 de octubre	16.8	58.7