

Uso de herbicidas naturales como potenciales desecantes en frijol¹

Use of natural herbicides as potential desiccants in beans

Mary Pamela Portuguez García
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
mary.portuguez@ucr.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0002-3520-7699>

Renán Agüero Alvarado
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
renan.aguero@ucr.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0001-9053-9998>

María Isabel González Lutz
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0002-3073-7746>

Fecha de recibido: 4-10-2022
Fecha de aceptación: 14-11-2023

Resumen

Introducción. Diversas sustancias naturales con potencial herbicida podrían ser promisorias para desecar frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Objetivo.** Evaluar el efecto desecante sobre plantas de frijol, de sustancias de origen natural y el ácido acético glacial sobre plantas de frijol. **Materiales y métodos.** Se establecieron al azar parcelas experimentales de 5 metros lineales con los siguientes tratamientos, extracto de pino al 15 % (3,75 kg ia ha⁻¹) y extracto de ajo al 60 % (6 kg ia ha⁻¹), una sustancia natural a base de D-limoneno puro (500 ml l⁻¹) + un tensoactivo a base de etoxilatos de éster de soja al 4,76 % (% v/v) y acético glacial al 99,3 % (49,65 kg ia ha⁻¹). Un testigo sin aspersión de herbicida fue incluido como control. Se anotó el grado de daño visual encontrado en el follaje del frijol a los dos y 15 días después de la aspersión (dda); además, al final de experimento se registró el peso seco del grano, por tratamiento. **Resultados.** A los dos días después de aplicado, tanto el ácido acético como el extracto de ajo formulado produjeron el mayor grado de daño en el frijol. A los 15 dda se obtuvo el mismo grado de daño con el uso todas las sustancias, excepto con el d-limoneno, la cual causó un daño moderado. El peso del grano fue mayor cuando se utilizó d-limoneno. **Conclusión.** Todos los herbicidas naturales causaron un grado de daño de moderado a severo en el follaje del frijol, sin embargo, causar un daño moderado mediante el d-limoneno fue suficiente para la obtención de un mayor peso de los granos de frijol.

Palabras clave: vinagre, extracto de ajo, D-limoneno, extracto pino, desecantes.

¹ Este trabajo formó parte del proyecto presentado en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica 736-B8-A60 nombrado: Evaluación de herbicidas naturales y sustancias con efecto fitotóxico sobre poblaciones de malezas.

Abstract

Introduction. Various natural substances with herbicidal potential could be promising for drying beans. **Objective.** The objective of this work was to evaluate the drying effect on bean plants, of substances of natural origin and glacial acetic acid. **Materials and methods.** On that area, at the physiological maturity stage of the crop, experimental plots 5 m in length were randomly established to test the next treatments: extract of *Pinus* spp. 15 % (3.75 kg ai ha⁻¹) and garlic extract 60 % (6 kg ai ha⁻¹), pure D-limonene (500 ml l⁻¹) + Sulfonic VBS-D10 4.76 % (% v / v), and glacial acetic 99,3 % (49,65 kg ia ha⁻¹); a control without herbicide spraying was included. The degree of visual damage found in the bean foliage was recorded at 2 and 15 days after spraying (das); Furthermore, at the end of the experiment the dry weight of the grain was recorded. **Results.** Two days after spraying, acetic acid and garlic extract showed the the highest dessicant effect on the crop. At 15 das, the same degree of damage was obtained with the use of all substances, except d-limonene, which caused moderate damage. The grain weight was higher when d-limonene was used. **Conclusion.** All natural herbicides caused a moderate to severe degree of damage to the bean foliage, however, causing moderate damage to the through d-limonene was sufficient to obtain a greater weight of the bean grains.

Keywords: vinegar, garlic extract, D-limonene, pine extract, desiccants.

I. Introducción

En Costa Rica se recomienda realizar la siembra de frijol durante un período seco (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2012), por ejemplo, en la Región Huetar Norte, la época de siembra ocurre de noviembre hasta la primera semana de enero (Hernández, 2009). El período seco favorece el proceso de maduración y la cosecha de este grano básico (Escoto, 2013., MAG, 2012., Rosas, 2003). Sin embargo, hay áreas en el país de mayor riesgo de precipitación durante la cosecha, como la Región Central Oriental que incluye al cantón de Turrialba, con un régimen de precipitación que oscila de 2 100 mm/año en sus zonas moderadamente secas, hasta 5889 mm/año en sus zonas muy húmedas (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica, 2014). En cuanto a la Región Huetar Norte, la precipitación promedio oscila entre 2000 mm/año en las llanuras de Guatuso, Upala y Los Chiles (Barrientos & Chaves, 2008).

Para evitar las pérdidas de cosecha de frijol por exceso de humedad se usan varias técnicas en campo, como el secado en cordeles o tendales, el presecado del frijol con plástico y el uso de desecantes. El secado en cordeles consiste en colgar el frijol sobre cuerdas amarradas en una estaca en campo para

aprovechar la radiación solar y el viento para secar el frijol. En el presecado con plástico, se agrupan las plantas cosechadas y se cubren con plástico durante los días de lluvia o en las noches (Secretaría de Integración Turística Centroamericana-Cooperación Suiza en América Central [SICTA-COSUDE], 2009). La otra técnica es el uso de desecantes, estos son productos químicos que al aplicarlos al follaje permiten acelerar la necrosis del cultivo de forma uniforme (Escoto, 2013).

En otros granos básicos como la soja también es necesario realizar la desecación del follaje del cultivo, para atenuar el deterioro de la calidad de la semilla en campo y facilitar su cosecha (Malaspina *et al.*, 2012; Baricco, 2015). La aplicación de desecantes resulta en un secado más rápido de la biomasa y de esta forma se promueve la uniformidad en la maduración. En garbanzo se utilizan herbicidas para desecar y al mismo tiempo para el combate de arvenses, dado que la presencia de estas puede afectar la calidad y valor comercial del grano (Baricco, 2015).

El uso de sustancias naturales con perfil ambiental y toxicológico más seguro es una necesidad creciente. Las personas consideran que los productos naturales son más seguros que los herbicidas convencionales,

aunque esto aún no se ha validado (Copping & Menn, 2000). Es una de las razones para examinar e investigar estos productos y que estos a su vez puedan utilizarse en la agricultura convencional y orgánica (Dayan & Duke, 2014).

Existen sustancias de origen natural con bajo perfil toxicológico y que pueden ser potencialmente herbicidas como el d-limoneno. Esta sustancia se extrae de la cáscara de naranja, es un solvente de alto poder que se clasifica dentro del grupo de hidrocarburo no saturado, es sensible a procesos de oxidación y polimeración que originan productos oscuros e insolubles (Masschelein-Kleiner, 2004). El d-limoneno se usa como solvente, agente de limpieza, aditivo, saborizante en productos alimenticios, aromatizante, pesticida o herbicida natural, en este caso se utiliza como un producto de contacto (Dotolo et al., 1989; ; Choi et al., 2012; Shrestha et al., 2012).

Otra sustancia promisoriosa es el extracto de pino (*Pinus* spp.), la cual posee propiedades alelopáticas debido a la presencia de hidrocarburos monoterpénicos que se encuentran en sus hojas, estos compuestos controlan el patrón de vegetación en algunos bosques (Anaya et al., 2001). Se ha comprobado el efecto fitotóxico del extracto de pino en trabajos realizados en condiciones experimentales (Ballester et al., 1982; Jiménez et al., 2006; Hernández & Álvarez, 2008)

El extracto de ajo (*Allium sativum* L.) es el ingrediente de muchos bioplaguicidas. Su fuerte olor produce efecto repelente de ciertas plagas insectiles (Celis et al., 2008) como *Tribolium castaneum* (Herbst) (Yang et al., 2009), controla hongos de suelo (Rivera et al., 2015) y posee efecto preemergente en combinación con la solarización, bajo condiciones controladas (Mallek et al., 2007).

El vinagre (ácido acético glacial) es un producto biodegradable y no persiste en el suelo, es utilizado como herbicida de contacto no selectivo que al entrar en contacto con el follaje de las plantas causa daños en las membranas celulares, lo cual provoca una

rápida descomposición del tejido y llega a producir la muerte en las plantas asperjadas (Brainard et al., 2013, Evans et al. 2011., Smith-Fiola & Gill, 2017).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto desecante sobre plantas de frijol de sustancias de origen natural y el ácido acético glacial.

II. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo del 24 de julio al 20 de setiembre del 2019 en un lote de 580 m² de frijol de la variedad Cabécar distanciado cinco centímetros entre grano de frijol y 90 cm entre hilera (22 200 plantas/ hectárea), en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, ubicada en La Garita de Alajuela, Costa Rica. La temperatura promedio es de 22 °C, y una altitud de 840 m.

Las condiciones ambientales durante el experimento fueron temperatura máxima (29,58 °C), la temperatura mínima (18,39 °C), la humedad relativa máxima (98,20 %), la humedad relativa mínima (49, 72 %), la velocidad del viento (8,42 m s⁻¹) y la precipitación (6,07 mm).

En el lote se marcaron cinco metros lineales, acomodados de forma intercalada. Una hilera de cinco metros sin tratamiento fue mantenida en ambos lados de cada tratamiento, para evitar la deriva de los herbicidas naturales aplicados.

Se utilizó extracto de ajo formulado (6 kg i.a. ha⁻¹) (Jifkins, 2022), extracto de pino al 15 % de formulación comercial (3,75 kg i.a. ha⁻¹) (Skat orgánico, s.f.), el terpeno D-limoneno puro (500 mL de d-limoneno/ L⁻¹ de agua) al cual se le añadió como emulsificante un tensoactivo a base de etoxilatos de éster de soja al 4,76 % (% v/v). En cuanto al vinagre se aplicó ácido acético glacial al 99,3 % (49,65 kg i.a. ha⁻¹).

Las aspersiones se hicieron en etapa de maduración del frijol (dos meses después de sembrado) con un pulverizador costal manual de 18 L de capacidad,

equipado con una boquilla 8002 y un regulador de presión. El volumen de aplicación fue de 200 l ha⁻¹.

Para comprobar el efecto desecante en las plantas de frijol, a los dos y quince días después de la aplicación (dda) de los herbicidas naturales y el vinagre se evaluó el grado de daño con una escala visual, la cual es un tipo de evaluación estándar para medir la fitotoxicidad:

Grado de daño	Efecto en las plantas
1	No existen síntomas
2	Presencia de síntomas
3	Síntomas moderados
4	Síntomas severos
5	Síntomas muy severos

Nota: Modificado de European Weed Research Society (EWRS)) (Sandra et al.,1997).

Además, se registró el peso seco de los granos de frijol para cada una de las parcelas que conformaron las repeticiones de cada uno de los tratamientos, se promedió el valor del peso de las repeticiones para cada tratamiento.

El diseño experimental fue irrestricto al azar y cada tratamiento se replicó cinco veces, se incluyó un testigo sin aplicación de herbicida. La variable respuesta de grado de daño se analizó con análisis de varianza, la separación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Se midió la asociación entre los promedios del grano de frijol y grado de daño con un coeficiente de correlación de Pearson. Se utilizó el programa estadístico JMP (SAS Institute).

III. Resultados

Los productos que ocasionaron mayor grado de daño (de síntomas severos a muy severos) a los dos días de aplicados fueron el ácido acético y el extracto de ajo, seguidamente el extracto de pino y el D-limoneno que causaron síntomas moderados (Figura 1, Cuadro 1). En la segunda evaluación a los 15 dda solamente el d-limoneno causó daños moderados (grado de

daño = 3), mientras que el daño causado por el resto de los herbicidas naturales no se diferenció y fue un daño severo a muy severo (Cuadro 1).

Figura 1.

Grado de daño en frijol (Phaseolus vulgaris L. variedad Cabécar) a los dos días de aplicados los herbicidas naturales. A) Vinagre B) Extracto de ajo (Allium sativum) C) Extracto de pino (Pinus spp.) D) D-limoneno E) Sin herbicida. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019

Figure 1.

Degree of damage to beans (Phaseolus vulgaris L. variety Cabécar) after 2 das of natural substances. A) Vinegar B) Garlic extract (Allium sativum) C) Pine extract (Pinus spp.) D) D-limonene E) Without herbicide. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno Alajuela, Costa Rica. 2019.



Cuadro 1.

Grado de daño promedio obtenido en frijol (Phaseolus vulgaris L. variedad Cabécar) a los dos y 15 días después de la aspersión (dda) de diferentes sustancias naturales y ácido acético glacial. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Table 1.

Average degree of damage obtained to beans (Phaseolus vulgaris L. variety Cabécar) after 2 and 15 days of natural substances. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamiento*	Grado de daño 2 dda	Grado de daño 15 dda
Vinagre	4,6 ^a	4,8 ^a
Extracto de ajo	4,6 ^a	4,6 ^a
Extracto de pino	3,6 ^b	4,4 ^a
D-limoneno	2,6 ^c	3,0 ^b
Testigo	1,0 ^d	1,4 ^c

*Los promedios que comparten la misma letra no son estadísticamente diferentes según prueba Tukey al 5%. / Averages that share the same letter are not statistically different according to Tukey test at 5%. Extracto de ajo (*Allium sativum*), Extracto de pino (*Pinus* sp.), Vinagre (ácido acético glacial al 99,3 %).

Con el uso de desecantes el peso del grano seco del frijol fue mayor, no utilizar desecante resultó en un menor peso (672,3 g). El mayor peso de grano fue obtenido en plantas tratadas con D-limoneno (1024.2 g). El único tratamiento que no se diferenció del testigo fue el extracto de ajo (790.9 g), pero este no se diferenció del vinagre y el extracto de pino (Cuadro 2).

Cuadro 2.

Peso seco promedio de granos del frijol por tratamiento. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Table 2.

Average dry weight of beans. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. 2019.

Tratamiento*	Peso promedio (g)
Vinagre	811,18 ^b
Extracto de ajo	790,94 ^{bc}
Extracto de pino	935,4 ^{ab}
D-limoneno	1024,2 ^a
Testigo	672,3 ^c

*Los promedios que comparten la misma letra no son estadísticamente diferentes según prueba Tukey al 5%. / *Averages that share the same letter are not statistically different according to Tukey test at 5%.

Entre las variables de peso promedio y grado de daño promedio se dio una correlación inversa de -0,54, los promedios correspondientes se muestran a continuación. A pesar de que la correlación es relativamente baja ésta indica que el d-limoneno causó el menor daño en comparación con el resto de los herbicidas, pero con este tratamiento se obtuvo el mayor peso de granos del frijol, por lo que según los resultados obtenidos en la muestra de este trabajo no fue necesario producir un alto grado de daño para la obtención de un mayor peso de los granos de frijol.

Tratamiento	Peso promedio (g)	Grado de daño promedio a los 15 dda
Vinagre	811,18	4,8
Extracto de ajo	790,94	4,6
Extracto de pino	935,4	4,4
D-limoneno	1 024,2	3,0
Testigo	672,3	1,4

IV. Discusión

Las diferencias de grado de daño obtenidas con los tratamientos de extracto de ajo y vinagre y d-limoneno y extracto de pino, evidenciaron que los dos primeros son los tratamientos que actuaron más rápido sobre la desecación del frijol; seguidamente el extracto de pino y el D-limoneno, que se mantuvieron con un efecto por encima del testigo.

El efecto desecante de las sustancias evaluadas sobre el frijol reportado en este trabajo coincide con que el vinagre es un potencial herbicida, que actúa rápidamente por contacto y podría representar una alternativa al uso de herbicidas sintéticos (Brainard et al., 2013, Evans et al. 2011., Smith-Fiola & Gill, 2017). Además, el vinagre es más eficaz sobre especies de hoja ancha que en especies de hoja angosta (Evans y Bellinder, 2009). Lo anterior sugiere que la susceptibilidad del frijol al vinagre ocurrió debido a que su área foliar facilita la interceptación del producto. Asimismo, la edad del cultivo influyó en el efecto desecante, en tanto mayor senescencia mayor es la oportunidad de que se estimule la defoliación.

El peso fresco obtenido con el vinagre fue diferente del obtenido en testigo y produjo una rápida desecación. Se podrían realizar estudios de seguimiento con esta sustancia, sobre todo con relación a la eficacia del vinagre a una menor dosis de la experimentada en este trabajo, dado que concentraciones mayores al 11 % causan daño ocular y en la piel de los operarios (Smith-Fiola & Gill, 2017).

El extracto de ajo produjo un daño inicial severo que también se mantuvo en la última evaluación, este efecto potente en las plantas se puede atribuir a que la presencia de disulfuro de dialilo, sulfuro de dialilo y el trisulfuro de dialilo, los cuales causan daños en la cutícula; sin embargo, otro factor que pudo influenciar la eficacia es que una alta presión de vapor de tales compuestos conduce a una mayor biodisponibilidad (Yang et al., 2009). No obstante, un

mayor grado de daño causado por el extracto de ajo implicó la obtención de un menor peso del grano de frijol. De forma similar se reportó en otro estudio, en donde el uso de glufosinato de amonio, paraquat y glifosato como desecantes disminuyeron el peso de 200 semillas de frijol (Wilson & Smith, 2002).

El D-limoneno mostró cierta eficacia como desecante, similares resultados encontraron Ibrahim et al. (2004) y Choi et al. (2012), sobre las propiedades herbicidas de tal sustancia, el cual causó marchitez, clorosis y quema en las hojas y tallos, finalmente necrosis y muerte de las plantas. Sin embargo, la eficacia del d-limoneno debe evaluarse a menores dosis, dado que a pesar de encontrar actividad herbicida se requieren cantidades de 100-200 kg i.a. ha⁻¹ (Choi *et al.*, 2012), esto podría limitar su uso en campo. Cabe destacar que, a pesar de que el d-limoneno produjo un menor grado de daño, se consiguió el mayor peso de grano. Esto posiblemente ocurrió porque el impacto en la fisiología de la planta fue menor que el causado por las otras sustancias (vinagre y extracto de ajo).

A pesar de que el extracto de pino está reportado como inhibidor de la germinación (Ballester et al., 1982; Jiménez et al., 2006; Hernández & Álvarez, 2008; Revista Vinculando, 2008), esta sustancia tuvo efecto desecante en el cultivo del frijol. Ese efecto probablemente se deba a la presencia de monoterpenos, diterpenos oxigenados y compuestos fenólicos en el extracto de pino, los cuales se asocian a daños por alelopatía y propiedades herbicidas (Ballester *et al.*, 1982; Wilt *et al.*, 1993; Amri *et al.*, 2017). Aunque la actividad desecante del extracto de pino fue más tardía que la obtenida con el vinagre y el extracto de ajo, el peso de los granos de frijol resultó más alto que usar esos dos tratamientos.

Al considerar la velocidad del grado de daño, tanto el vinagre como el extracto de ajo podrían representar opciones para desecar, dado su potencial efecto quemante sobre las plantas de frijol. Sin embargo, el vinagre fue utilizado a una dosis que pudiera resultar onerosa comercialmente, a pesar de su bajo

costo en el mercado. No obstante, con el d-limoneno se obtuvo un peso mayor de los granos de frijol y un daño moderado lo cual lo convierte en una opción.

V. Conclusiones

Este trabajo destaca la importancia del uso de desecantes en el cultivo de frijol, pues en plantas no tratadas el peso del grano fue menor. Tanto el extracto de ajo como el vinagre produjeron una desecación más rápida en el frijol en comparación con el daño encontrado con el extracto de pino y el d-limoneno. Sin embargo, aunque el efecto del D-limoneno fue tardío este tratamiento produjo el mayor peso de grano, mientras que, a pesar de que el extracto de ajo causó daños severos en el follaje del frijol se obtuvo un menor peso de granos.

VI. Referencias bibliográficas

- Amri, I., Hanana, M., Jamoussi, B., & Hamrouni, L. (2017). Essential oils of *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *laricio* Maire: Chemical composition and study of their herbicidal potential. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3877-S3882. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.05.026>
- Anaya, A., Espinosa-García, F., & Cruz-Ortega, R. (2001). *Relaciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de su aplicación*. Plaza y Valdés.
- Anzalone, A. (2005). Herbicidas. Modos y mecanismos de acción. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Ballester, A., Arias, A., Cobián, B., López Calvo, E., & Viéitez Cortizo, E. (1982). Estudio de potenciales alelopáticos originados por *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. *Pastos*, 12(2), 239–254.
- Baricco, J.. (2015). *Efecto de la aplicación de desecantes sobre la calidad de semillas de garbanzo (Cicer arietinum L.)* [Trabajo final para optar por el grado académico de especialista en producción de cultivos extensivos, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio digital Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2044>
- Barrientos, O., Chaves, G. (2008, Julio). *Región Huetar Norte oferta exportada actual y oferta potencial de productos agropecuarios alternativos*. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E71-10543.pdf>
- Brainard, D., Curran, W., Bellinder, R., Ngouajio, M., VanGessel, M., Haar, M., & Masiunas, J. . (2013). Temperature and relative humidity affect weed response to vinegar and clove oil. *Weed Technology*, 27(1), 156-164. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00073.1>
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97–106.
- Choi, J., Ko, Y., Cho, N., Hwang, K, & Koo, S. (2012). Herbicidal Activity of d-Limonene to Burcucumber (*Sciyos angulatus* L.) with Potential as Natural Herbicide. *Korean Journal of Weed Science*, 32(3), 263–272. <https://doi.org/10.5660/kjws.2012.32.3.263>

- Copping, L., & Menn, J. (2000). Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 56(8), 651-676. [https://doi.org/10.1002/1526-4998\(200008\)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1526-4998(200008)56:8<651::AID-PS201>3.0.CO;2-U)
- Dayan, F., & Duke, S. (2014). Natural Compounds as Next-Generation Herbicides. *Plant Physiology*, 166(3), 1090-1105. <https://doi.org/10.1104/pp.114.239061>
- Dotolo, V. (1983). *Pesticides containing D-limonene*. (U.S. Patent No 4,379,168). PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US-4379168-A>
- Escoto, N. (2013). *El cultivo de frijol*. Secretaría de Agricultura y Ganadería. http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/el_cultivo_de_frijol_dicta.pdf
- Evans, G., & Bellinder, R. (2009). The Potential Use of Vinegar and a Clove Oil Herbicide for Weed Control in Sweet Corn, Potato, and Onion. *Weed Technology*, 23(1), 120-128. <https://doi.org/10.1614/wt-08-002.1>
- Evans, G., Bellinder, R., & Hahn, R. (2011). Integration of vinegar for in-row weed control in transplanted bell pepper and broccoli. *Weed Technology*, 25(3), 459-465. <https://doi.org/10.1614/WT-D-10-00167.1>
- Hernández, E., & Álvarez, R. (2008). Uso de los extractos acuosos del pino macho (*Pinus caribaea* Morelet) en el control de las malezas en cafetales bajo sombra (Accession No. 3194). *Fitosanidad*, 12(3), 184. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=pubs.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002424>
- Hernández, J. (2009). Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA, San José, Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9533.pdf>
- Ibrahim, M., Oksanen, E., & Holopainen, J. K. (2004). Effects of limonene on the growth and physiology of cabbage (*Brassica oleracea* L) and carrot (*Daucus carota* L) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1319-1326. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1819>
- Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica. (2014, 13 de diciembre). *Informe de Caracterización Integral Básica Territorio Turrialba-Jiménez*. <https://www.inder.go.cr/turrialba-jimenez/Caracterizacion-Turrialba-Jimenez.pdf>
- Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET). (2020, noviembre). Manual de Plaguicidas de Centroamérica. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>
- Jifkins, S. A. (2022). *H-Xactive org organic herbicide*. <https://www.omri.org/mfg/jfk>
- Jiménez-Ferrer, L., Valdés, D., & Álvarez, R. (2006). Efecto alelopático de *Pinus caribaea* en la germinación de arvenses en casas de cultivo protegido. *Centro Agrícola*, 33(4), 79. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V33-Numero_4/cag144061519.pdf
- Malaspina, I., Lazarini, E., Oliveira, W., Marcandalli, L., & Fillanueva, F. (2012). Épocas de la aplicación de desecantes en el cultivo de la soja: tenor de agua y productividad. *Revista Ciência Agronômica*, 43(4), 749-756. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902012000400017>

- Mallek, S., Prather, T., & Stapleton, J. (2007). Interaction effects of *Allium* spp. residues, concentrations and soil temperature on seed germination of four weedy plant species. *Applied Soil Ecology*, 37(3), 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.07.003>
- Masschelein-Kleiner, L. (2004). *Los solventes*. Centro Nacional de Conservación y Restauración. https://www.cncr.gob.cl/611/articles-4953_archivo_01.pdf
- Ministerio de Agricultura Ganadería (MAG). (2012). *Estrategias de Comercialización 100% Frijol de Costa Rica: Lecciones aprendidas*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10555.pdf>
- Revista Vinculando. (2008). *Efectos alelopáticos de extractos acuosos del Pino Macho (Pinus caribaea Morelet) sobre las malezas en cafetales bajo sombra*. http://vinculando.org/articulos/sociedad_america_latina/efectos_alelopaticos_de_extractos_acuosos_del_pino_macho.html
- Rivera, M., Wright, E., Fabrizio, M., Mansilla, J. T., Mellone, G., Broussalis, A., López, S., Petrone, E., Chiessa, G., Núñez, L., Tarcaya, V., Cufre, I., Leston, C., Benva, M., & Tassara, C. (2015). Experiencias sobre la eficiencia de extractos vegetales para el control de patógenos de suelo. *Fitosanidad*, 19(2), 88-89.
- Rosas, J. (abril, 2003). *El cultivo del frijol común en América tropical*. 17–26. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano. Recuperado Enero 11, 2022 de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2424>
- Sandral, G., Dear, B., Pratley, J., & Cullis, B. R. (1997). Herbicide dose rate response curves in subterranean clover determined by a bioassay. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37(1), 67-74.
- Secretaría de Integración Turística Centroamericana, & Cooperación Suiza en América Central. (2009, Septiembre). *Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Senseman, S (Ed.). (2017). *Herbicide Handbook* (edición). Weed Science Society of America.
- Shrestha, A., Moretti, M., & Mourad, N. (2012). Evaluation of thermal implements and organic herbicides for weed control in a nonbearing almond (*Prunus dulcis*) orchard. *Weed Technology*, 26(1), 110-116. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00083.1>
- Skat orgánico. (s.f.). *Riso-fort*. <http://www.skatlimitada.cl/>
- Smith-Fiola, D., & Gill, S. (2017). *Vinegar: an Alternative To Glyphosate?* University of Maryland Extension. <https://extension.umd.edu/resource/vinegar-alternative-glyphosate>
- Wilson, R., & Smith, A. (2002). Influence of harvest-aid herbicides on dry bean (*Phaseolus vulgaris*) desiccation, seed yield, and quality. *Weed technology*, 16(1), 109-115. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0109:IOHAHO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0109:IOHAHO]2.0.CO;2)
- Wilt, F., Miller, C., & Everett, R. (1993). Measurement of monoterpene hydrocarbon levels in vapor phase surrounding single-leaf pinyon (*Pinus monophylla* Torr. & Frem.: Pinaceae) understory litter. *Journal of chemical ecology*, 19(7), 1417-1428.

Yang, F., Li, X., Zhu, F., & Lei, C. L. (2009). Structural characterization of nanoparticles loaded with garlic essential oil and their insecticidal activity against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 10156–10162. <https://doi.org/10.1021/jf9023118>