

Efecto de *Lupinus* (Fabaceae) en la biología de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae)

Effect of *Lupinus* (Fabaceae) on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae)

Recepción del artículo: 15/12/2023 • Aceptación para publicación: 08/04/2024 • Publicación: 01/05/2024

<https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi22.344>

J Jesús Ruiz Moreno*

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Departamento de Botánica y Zoolología. Zapopan, Jalisco, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4554-2025>

Cesáreo Rodríguez Hernández

Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Texcoco, Estado de México, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7137-3697>

David Bergvinson

CIMMYT, Campus Texcoco. Texcoco. Estado de México, México.

Mario Alberto Ruiz-López

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Departamento de Botánica y Zoolología. Zapopan, Jalisco, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8413-5663>

*Autor para correspondencia: j.rmoresno@academicos.udg.mx

Resumen

Se evaluó la actividad de extractos acuosos al 5% de las semillas de seis especies silvestres de lupino para determinar el efecto sobre el crecimiento, el desarrollo y la viabilidad de *Spodoptera frugiperda*. A seis gramos de semillas en polvo de cada especie se le agregaron 120 mL de agua y se dejó reposar durante 24 horas; este extracto fue utilizado en el experimento. La dieta con los extractos fue puesta en viales de vidrio, después se les agregó larvas de *S. frugiperda* recién emergidas, y puestas en cámara de cría a 27 ± 0.5 °C, $60 \pm 10\%$ de humedad relativa y 14 horas de fotoperiodo, hasta que cambiaran a fase de pupa. Para cada tratamiento se registró la duración y viabilidad de las fases larval y pupal, así como el peso de pupa. Los resultados mostraron que, a la concentración evaluada, la actividad del extracto presentó un efecto insectistático al inhibir la alimentación y el crecimiento de *S. frugiperda*. El extracto no es insecticida.

Palabras clave: Insectistático, inhibición de la alimentación, inhibición del crecimiento.

Abstract

The activity of aqueous extracts at 5% from seeds of six wild lupin species was evaluated to determine the effect on the growth, development and viability of *Spodoptera frugiperda*. Six grams of powdered seeds of each plant sample were added in 120 mL of water during 24 h; then this aqueous extract was used in the experiment. The diet was spilled in glass vials after neonates larvae of *S. frugiperda* were put in to vials. Immediately they were kept in the raise room at 27 ± 0.5 °C, $60 \pm 10\%$ relative humidity and 14 h light, until larvae changed to pupae phase. Length and mortality of larvae and pupae phases, and weight pupae in each diet, were recorded. The results showed that at the evaluated concentration, the activity of the extract was insectistatic; inhibiting feeding and growth of *S. frugiperda*. The extract was not insecticidal.

Keywords: Insectistatic, feeding inhibition, growth inhibition.

Introducción

Los plaguicidas han coadyuvado al aumento espectacular de la producción agrícola, sin embargo, su uso ha ocasionado diversos problemas, tales como la eliminación de enemigos naturales, surgimiento de la resistencia, acumulación de residuos tóxicos en los productos, intoxicación a mamíferos (incluyendo al hombre) y contaminación del ambiente, lo que ha obligado a cambiar de paradigma; manejar insectos no matarlos. Bajo este nuevo orden se trata de proteger al cultivo, considerar el ecosistema y manejar al insecto plaga.

Actualmente, con las tendencias ecologistas, se han buscado métodos alternativos de control, dentro de los cuales se han destacado los insecticidas vegetales.

Algunas de las plantas que presentaron un amplio espectro por la cantidad de insectos que afectan y por sus diferentes formas de acción, pertenecen a la familia Fabaceae (Villavicencio *et al.* 2010), dentro de la que se destaca el género *Lupinus* L., con gran potencial por contener alcaloides y otros metabolitos secundarios reportados por su acción bactericida, fungicida, herbicida e insecticida (Bermúdez *et al.* 2009). Sin embargo, los extractos acuosos no se han evaluado contra plagas de importancia agrícola.

Por otro lado, siendo el cultivo de maíz uno de los más importantes en México (SAGARPA 2014), es necesario el control de sus plagas, principalmente el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), el cual provoca serios daños en estado de larva al alimentarse de las hojas y de las partes jóvenes de la planta; ocasiona altos porcentajes de pérdidas en el rendimiento y en infestaciones severas puede llegar a causar la pérdida total del cultivo (Bahena 2020). El uso indiscriminado de insecticidas químicos para el control de esta plaga, ha ocasionado diversos problemas ecológicos, por lo que es imprescindible la búsqueda de métodos alternativos de combate para *S. frugiperda*.

En este sentido el objetivo de esta investigación consistió en evaluar en condiciones de laboratorio el efecto del extracto acuoso de semillas de seis especies de *Lupinus* sobre larvas de *S. frugiperda*.

Materiales y métodos

La evaluación de los extractos acuosos de las semillas de seis especies de *Lupinus* en la biología de *S. frugiperda* se realizó en el laboratorio de Entomología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), sede El Batán, Texcoco, Edo. de México, en condiciones ambientales controladas de

temperatura (27 ± 0.5 °C), humedad relativa HR ($60 \pm 10\%$) y de fotoperiodo (14 horas).

Material vegetal

Con base en la distribución, abundancia, época de maduración y periodo de fructificación (Dunn 2005; Sánchez 1979; McVaugh 1987), se seleccionaron seis especies: *Lupinus exaltatus* Zucc. *, *L. mexicanus* Cerv. ex Lag. ***, *L. montanus* HBK*, *L. reflexus* Rose*, *L. rotundiflorus* ME Jones* y *L. stipulatus* J. Agardh. ** las cuales fueron colectadas de poblaciones silvestres de los estados de Jalisco*, Morelos** y Oaxaca*** (México) –IBUG (vauchers No. 151427, 167884, 151425, 160887, 178851 y 154347 respectivamente). Las plantas colectadas se identificaron según las características morfológicas y en comparación con ejemplares de los herbarios CHAPA, MEXU e IBUG y con el uso de claves taxonómicas (McVaugh 1987). Las semillas se secaron a la sombra y luego se pulverizaron con un molino eléctrico Moulinex® hasta obtener un polvo fino (partículas de 0.5 mm de diámetro).

Elaboración de los extractos

Se mezclaron 6 g de polvo de cada especie en 120 mL de agua durante 24 horas, para una concentración peso/volumen del 5% (Rodríguez *et al.* 1982) este extracto fue utilizado en el experimento y fue agregado a la dieta en el momento de su elaboración. El extracto sustituyó parte (120 mL) del agua empleada en la dieta para preparar 750 g de dieta (Rodríguez *et al.* 1982; Rodríguez & Lagunes 1992; Rodríguez & Vendramin 1999). Además, para las evaluaciones se preparó una dieta control que no incluyó el extracto vegetal. La dieta y la técnica utilizada para la cría de *S. frugiperda* es descrita por Bergvinson & Kumar (1997) con una inclusión del 20%.

Experimentos

En cada tratamiento se registraron los siguientes parámetros: duración (días) y viabilidad (%) de las fases larval y pupal, y peso de pupa (mg).

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar. El análisis de varianza efectuado a los resultados obtenidos de la duración y viabilidad de las fases larval y pupal, y peso de pupa se realizó con el paquete estadístico de Olivares (1994), utilizando las medias de cada cinco datos para obtener un total de 20 repeticiones por tratamiento. La comparación entre medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia.

Resultados

Efecto sobre el desarrollo de *S. frugiperda*

Los resultados de la evaluación del efecto de los extractos acuosos al 5% de las semillas de seis especies de *Lupinus* sobre el consumo y la biología de *S. frugiperda* se presentan en el Cuadro 1. Se observó que *L. exaltatus*, *L. mexicanus*, *L. montanus* y *L. rotundiflorus* prolongaron la duración del periodo larval en 5.9, 3.9, 5.4 y 0.9 días respectivamente, en contraste redujeron la duración pupal *L. exaltatus* 3.1 días, *L. mexicanus* 1.2 días y *L. montanus* en 2 días respecto al control. La viabilidad larval y pupal no se afectó con ningún extracto. El peso de pupa se redujo con *L. mexicanus*, *L. montanus*, *L. rotundiflorus* y *L. stipulatus* en 12.9, 10.8, 11.8 y 11.0 mg respectivamente en comparación al control. En estos resultados se observó que *L. reflexus* no presentó diferencias en ningún parámetro de evaluación.

Discusión

Inhibición del crecimiento

La prolongación de la fase larval de *S. frugiperda*, ocasionada por el extracto acuoso al 5% de las semillas de *L. exaltatus*, *L. mexicanus*, *L. montanus* y *L. rotundiflorus* es menor a la que reportaron Figueroa *et al.* (1999), debido a que la concentración usada en los extractos de semillas de *L. campestris* y *L. mutabilis* fue tres veces mayor (15%). Esta prolongación posiblemente se deba a la presencia de sustancias en el extracto vegetal que ingiere la larva junto con la dieta, y tiene que degradarlas en más tiempo que el normal, lo que conlleva a una pérdida de energía, un desequilibrio metabólico y al retraso de otras funciones fisiológicas. Al respecto, López *et al.* (1997) observaron que la larva testigo termina su crecimiento en menor tiempo que la larva tratada. La prolongación

larval hace que las larvas disminuyan sus movimientos y su tamaño, quedando más susceptibles al daño de enemigos naturales, por lo que la inhibición del crecimiento es compatible con el control biológico (Rodríguez & Vendramin 1999). Las larvas pequeñas, darán origen a pupas y adultos de menor porte, de modo que las hembras pequeñas ovipositarán huevecillos de menor tamaño, e incluso se reducirá su fertilidad (Yasui *et al.* 1998). Al prolongarse la fase larval el ciclo biológico tardará más tiempo en completarse por lo que habrá asincronía con su hospedera y con la generación normal de su propia especie. Existirá posiblemente consanguinidad y probables efectos de degeneración genética. En tanto que el extracto acuoso al 5% de las semillas de *L. reflexus* y *L. stipulatus* no inhibieron el crecimiento.

Inhibición del desarrollo

Aunque no se presentó una prolongación del periodo pupal de *S. frugiperda* con el extracto acuoso al 5% de las especies evaluadas, Figueroa *et al.* (1999) mencionan un aumento del periodo pupal con la semilla de *L. campestris* al 15% al prolongar este parámetro 30%. El extracto acuoso al 5% de semillas de *L. reflexus*, *L. rotundiflorus* y *L. stipulatus* se comportaron igual que el testigo. Sin embargo, el periodo pupal presentó una reducción con el extracto de las especies *L. exaltatus*, *L. mexicanus* y *L. montanus*, valores semejantes a los reportados por Figueroa *et al.* (1999) en la evaluación de *L. mutabilis* contra *S. frugiperda*, a una concentración del 15%. La reducción del periodo pupal posiblemente se deba a que, al ingerir el extracto junto con el alimento, la larva degrade en dos ritmos diferentes; normal y más lento. Sin alcanzar este último a desintoxicarse de los aleloquímicos. A pesar de ser menor el periodo pupal y de haber inhibición del crecimiento en los tres tratamientos aludidos, el tiempo de la fase inmadura larva-pupa fue mayor que lo normal.

Cuadro 1. Promedios de la duración larval y pupal, peso de pupa y porcentajes de viabilidad de las fases larval y pupal (\pm desviación estándar) de *S. frugiperda* alimentadas con dietas que contenían el extracto acuoso de semillas de especies de *Lupinus*.

Tratamiento	Duración (días)*		Peso de pupa (mg)*	Viabilidad (%)*	
	Larval	Pupal		Larval	Pupal
<i>L. exaltatus</i>	26.37 (\pm 1.7) c	7.94 (\pm 1.7) c	258.55 (\pm 16.7) a,b	93 (\pm 0.09) a	90.3(\pm 0.08) a
<i>L. montanus</i>	25.99 (\pm 1.6) c	9.01 (\pm 1.5) b	253.61 (\pm 19.4) b	94 (\pm 0.09) a	92.8(\pm 0.09) a
<i>L. mexicanus</i>	24.36 (\pm 0.7) b	9.80 (\pm 0.9) b	251.50 (\pm 11.3) b	97 (\pm 0.07) a	94.8 (\pm 0.1) a
<i>L. rotundiflorus</i>	21.41 (\pm 1.0) b	11.04 (\pm 0.7) a	253.60 (\pm 13.8) b	97 (\pm 0.07) a	98.0 (\pm 0.08) a
<i>L. stipulatus</i>	20.77 (\pm 0.8) a	11.11 (\pm 0.8) a	253.39 (\pm 10.7) b	96 (\pm 0.08) a	98.0 (\pm 0.08) a
<i>L. reflexus</i>	20.84 (\pm 0.6) a	10.65 (\pm 0.6) a	266.30 (\pm 9.9) a	98 (\pm 0.06) a	92.8 (\pm 0.1) a
Control	20.55 (\pm 0.9) a	11.04 (\pm 0.7) a	264.45 (\pm 10.3) a	97 (\pm 0.07) a	96.9 (\pm 0.09) a

*Las medias con la misma letra entre columnas no difieren, diferentes letras indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Efecto en la sobrevivencia larval y pupal

La viabilidad larval y pupal de *S. frugiperda* no se afectó con ningún extracto acuoso al 5% de semillas de *Lupinus*, resultados que concuerdan con los de Rodríguez (1982) y Kumul (1983) quienes reportan que el extracto al 5% de *L. campestris* en forma de infusión provocó una mortalidad menor al 10%; de igual forma Hansberry & Clausen (1945) consideraron a *L. perennis* como una planta no tóxica al presentar menos del 10% de mortalidad. Incluso el polvo de semillas de *L. campestris* y *L. mutabilis* ocasionó una mortalidad del 3.3 y 20% respectivamente, en larvas de *S. frugiperda* (Figueroa *et al.* 1999). Por otra parte, el polvo recién molido y con 10 meses de almacenado de *L. campestris* no presentó efecto tóxico en *Sithophilus zeamais*, en una evaluación realizada por Pérez (1998). Esto denota que el polvo, la infusión y el extracto acuoso de follaje y semillas de *Lupinus* (*L. campestris*, *L. exaltatus*, *L. mexicanus*, *L. montanus*, *L. mutabilis*, *L. perennis*, *L. rotundiflorus*, *L. stipulatus*) no tienen efecto insecticida por ingestión, debido a que no mata larvas ni pupas. En este sentido, el uso del polvo, de la infusión y del extracto acuoso de follaje y semillas de *Lupinus* no se recomienda en campo para obtener una mortalidad comparable a los insecticidas organosintéticos. Sin embargo, Bermúdez *et al.* (2009) reportaron que los extractos de alcaloides de *L. aschenbornii*, *L. montanus* y *L. stipulatus* presentan un efecto insecticida, con mortalidades media, baja y fuerte respectivamente y el efecto es constante a partir del séptimo día de aplicación. Posiblemente el efecto insecticida se deba a que se incorporó el extracto puro de alcaloides a la dieta; a diferencia del extracto acuoso que se empleó en esta investigación.

Inhibición en la alimentación

Aunque Rodríguez (1982) y Kumul (1983) reportan que el peso de pupa de *S. frugiperda* se incrementó con el extracto al 5% de *L. campestris*, el extracto al 5% de las semillas de *L. reflexus* no presentaron un incremento y se comportaron de forma normal. En cambio, el peso de pupa de *S. frugiperda* se redujo con el extracto acuoso de las semillas de *L. mexicanus*, *L. montanus*, *L. rotundiflorus* y *L. stipulatus*; resultados mejores que los reportados por Rodríguez (1982) y Kumul (1983), quienes mencionan que no hubo reducción del peso. No obstante, estos resultados son más bajos que los propuestos por diversos autores (Rodríguez 1982; Kumul 1983; Martínez 1983; Rodríguez & Lagunes 1992; Villanueva *et al.* 1999) quienes encontraron una reducción de peso pupal mayor o igual al 50%. La reducción del peso de pupa posiblemente se deba a la presencia de aleloquímicos

del extracto vegetal en el alimento provocando inhibición del crecimiento, que no afecte el desarrollo y que afecte la asimilación. De esta manera, al haber menor peso de pupa, la alimentación no fue normal y por lo tanto se infiere que existe una inhibición de la alimentación. La aplicación de estos tratamientos en campo no matará directamente al insecto, le permitirá subsistir como pupa pequeña que dará origen a un adulto de menor capacidad biótica, con problemas en la cópula en comparación con individuos normales, la hembra, probablemente, presentará menor fecundidad (Yasui *et al.* 1998). De tal forma que la pérdida de peso en general Rodríguez (2000) la denomina inhibición de la alimentación y se presenta desde que el insecto busca el alimento hasta que es excretado. Wink (1998), menciona que los aleloquímicos presentes en las especies de *Lupinus* inhiben la alimentación en la mayoría de los insectos. En este sentido se reporta el uso del extracto acuoso de *L. mutabilis* que inhibe la alimentación de *A. piceus* (Greingre & Ahmed 1988), y el extracto de la raíz de *L. angustifolius* que inhibe la alimentación de *H. arator* y de larvas de *C. zealandica* (Sutherland & Greenfield 1978; Lane *et al.* 1987). El extracto etanólico al 10% de las hojas de *L. polyphyllus* se presentó altamente activo al inhibir la alimentación de *C. fumiferana* (Bentley *et al.* 1984). De igual forma al incorporar extractos de alcaloides de las hojas de *L. aschenbornii* y *L. montanus* se inhibió la alimentación de larvas de *S. frugiperda* en un 42 y 37 % respectivamente (Bermúdez *et al.* 2009).

Efecto insectistático

En la evaluación del extracto acuoso al 5% de seis especies de *Lupinus* se presentaron cuatro diferentes condiciones del efecto en la biología de *S. frugiperda* (efecto insectistático): a) inhibición del crecimiento con las semillas de *L. mexicanus* y *L. montanus*, sin afectar el desarrollo pupal, con beneficio en el insecto y con inhibición de la alimentación, b) inhibición del crecimiento con las semillas de *L. exaltatus*, sin afectar el desarrollo pupal, con beneficio en el insecto y sin inhibir la alimentación, c) Inhibición del crecimiento con las semillas de *L. rotundiflorus*, sin afectar el desarrollo pupal, sin beneficio al insecto y con inhibición de la alimentación, y d) sin inhibición del crecimiento y desarrollo pero con una inhibición de la alimentación, con las semillas de *L. stipulatus*.

Por otra parte, el extracto de semillas de *L. reflexus* no mostró efecto sobre la biología de *S. frugiperda*. A pesar de que Ruiz & Sotelo (2001) mencionaron que *L. reflexus* presenta un contenido elevado de esparteína en su semilla, superior a la presentada por otras especies, y según Bermúdez *et al.* (2009) este alcaloide es el responsable de inhibir la alimentación de *S. frugiperda*.

L. reflexus no presentó efecto alguno, lo cual podría deberse a la variación en la composición de alcaloides en diferentes partes de la planta y en distinto estado fenológico.

Conclusiones

El extracto acuoso al 5% de las semillas de las especies de *Lupinus* no tiene actividad insecticida por ingestión contra larvas de *S. frugiperda*, ya que no se presentó mortalidad en las fases evaluadas (larva, pupa).

La actividad del extracto acuoso al 5% de las semillas de *Lupinus*, excepto la semilla de *L. reflexus*, es insectistática; al inhibir el crecimiento, prolongando la fase larval y al inhibir la alimentación, reduciendo el peso de pupa.

Literatura citada

- Bahena, J. F. (2020). Manejo agroecológico del gusano cogollero del maíz en México. *Serie Fitosanidad*, 122, 1–10.
- Bentley, M. D., Leonard, D. E., Reynolds, E., Leach, S., Beck, A. B. y Murakoshi, I. (1984). Lupine alkaloids as larval feeding deterrents for spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Anales de La Sociedad Entomológica de América*, 77(4), 398–400.
- Bergvinson, D. J. y Kumar, H. (1997). *Cría masiva de insectos en el laboratorio de entomología del CIMMYT (Diatrea grandiosella, SWCB; D. saccharalis, SBC; Spodoptera frugiperda, FAW y Helicoverpa zea, CEW)*. Annual Research Progress Report 1996, Maize Entomology. CIMMYT, México. Appendix 7.
- Bermúdez-Torres, K., Martínez Herrera, J., Figueroa Brito, R., Wink, M. y Legal, L. (2009). Activity of quinolizidine alkaloids from three Mexican *Lupinus* against the lepidopteran crop pest *Spodoptera frugiperda*. *BioControl*, 54(3), 459–466. <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9180-y>
- Dunn, D. (2005). *Lupinus*. En Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. Flora fanerogámica del Valle de México. (2a. ed., 1a reimp). (pp. 290–300). Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro Michoacán.
- Figueroa, B. R., Camino, M., Taboada, J., Aldana, L., Valdés, M. E. y Arzuffi, R. (1999). Determinación de la efectividad de Carica papaya contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. *Memorias Del IV Simposio Internacional Y v Reunión Nacional de Agricultura Sostenible: Un Futuro Agrícola Sostenible*. 177–181.
- Greinge, M. y Ahmed, S. (1988). *Handbook of plant with pest control properties*. (p. 470). John Wiley & sons, Inc.
- Hansberry, R. y Clausen, R. T. (1945). Insecticidal properties of miscellaneous plants. *Journal of Economic Entomology*, 38(3), 305–307.
- Kumul, D. E. (1983). *Búsqueda de plantas silvestres del Estado de Veracruz con propiedades tóxicas contra gusano cogollero del maíz Spodoptera frugiperda J. E. Smith y mosquito casero Culex quinquefasciatus Say*. [Tesis profesional. Parasitología agrícola]. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Lane, G. A., Sutherland, O. R. y Skipp, R. A. (1987). Isoflavonoids as insect feeding deterrents and antifungal components from root of *Lupinus angustifolius*. *Journal of Chemical Ecology*, 13, 771–776.
- López, J. F., Budia, F., Castañeda, P. y Viñuela, E. (1997). Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de Sanidad Vegetal*, 23(1), 3–10. <https://doi.org/10.1023/A:1022317432674>
- Martínez, P. S. (1983). *Búsqueda de plantas medicinales con propiedades insecticidas contra el gusano cogollero del maíz Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)*. [Tesis profesional. Parasitología agrícola.]. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- McVaugh, R. (1987). *Lupinus L.* En *Flora novogaliciana. A descriptive account of the vascular plants of western Mexico. Vol. V. Leguminosae*. (pp. 580-599). Ann Arbor the University of Michigan Press.
- Olivares S. E. (1994). Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- Pérez, Z. E. (1998). *Polvos vegetales de plantas silvestres para el control de Sitophilus zeamais Moths. en maíz almacenado*. [Tesis profesional. Facultad de agronomía]. Facultad de agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí.
- Rodríguez, C. (1982). *Búsqueda de plantas nativas del Estado de México con propiedades tóxicas contra gusano cogollero del maíz Spodoptera frugiperda J. E. Smith y mosquito casero Culex quinquefasciatus Say*. [Tesis profesional. Parasitología agrícola.]. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Rodríguez, C. (2000). Inhibición de la alimentación en insectos plaga. En *Métodos de investigación en las ciencias ambientales* (pp. 75–97). F. López, A. Aragón y M. A. Valera (eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Rodríguez, C. y Lagunes, A. (1992). Plantas con propiedades insecticidas: resultados de pruebas experimentales en laboratorio, campo y granos almacenados. *Agroproductividad*, 1, 17–25.
- Rodríguez, C., Lagunes, A., Domínguez, R. y Bermúdez, L. (1982). Búsqueda de plantas nativas del Estado de México con propiedades tóxicas contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith y mosquito casero *Culex quinquefasciatus* Say. *Revista Chapingo*, 7(37-38), 35–39.

- Rodríguez, C. y Vendramin, J. D. (1999). Efecto insectistático de *Melia azedarach* y *Trichilia pallida* (Meliaceae) en el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Memorias Del IV Simposio Internacional Y v Reunión Nacional de Agricultura Sostenible: Un Futuro Agrícola Sostenible*, 295–306. M. L. Bauer, L. Tijerina, C. Rodríguez, A. Muñoz y F. Escobedo (eds.). Morelia, Michoacán, México.
- Ruiz, M. Alberto. y Sotelo, A. (2001). Chemical composition, nutritive value and toxicological evaluation of mexican wild lupin. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 39(1), 5337–5341. <https://doi.org/10.1021/jf010247v>
- Sánchez, O. (1979). *Lupinus* L. En *Flora del valle de México* (pp. 208-209). Editorial La Prensa. México, D. F.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. (2014). *Informe de evaluación de impacto. Proyecto estratégico de producción de maíz.*
- Sutherland, O. R. y Greenfield, W. J. (1978). Effect of root extracts of resistant pasture plants on the feeding and survival of black beetle larvae *Heteronychus arator* (Scarabaeidae). *New Zealand Journal of Zoology*, 5, 173–178.
- Villanueva, J. A., Rodríguez, J. C. y Lagunes, Á. (1999). Extractos acuosos de frutos vegetales sobre larvas de primer instar de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) bajo condiciones de laboratorio. *Memorias del v Simposio nacional sobre substancias vegetales y minerales en el control de plagas*, 71–79. C. Rodríguez H. (ed.). Aguascalientes, Aguascalientes, México. 477 pp.
- Villavicencio, M. A., Pérez, B. E. y Gordillo, A. J. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, 30, 193–238.
- Wink, M. (1998). Chemical ecology of alkaloids. En M. F. Roberts y M. Wink (Eds.). *Alkaloids, biochemistry, ecology and medicinal applications* (pp. 265–298). Plenum press, New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2905-4_11.
- Yasui, H., Kato, A. y Yazawa, M. (1998). Antifeedants to armyworms, *Spodoptera litura* and *Pseudaletia separata*, from bitter gourd leaves, *Momordica charantia*. *Journal of Chemical Ecology*, 24(5), 803–813. <https://doi.org/10.1023/a:1022317432674>