

Universidad Autónoma de Sinaloa

Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte
Doctorado en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

MANEJO AGROECOLÓGICO DEL GORGOJO PARDO *Acanthoscelides obtectus*
(Say) EN FRIJOL ALMACENADO PARA SEMILLA

Que para obtener el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

ARTURO RAFAEL ARMENTA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. GABRIEL ANTONIO LUGO GARCÍA

CO-DIRECTOR:

DR. EUSEBIO NAVA PÉREZ

ASESORES:

DR. BARDO HELEODORO SÁNCHEZ SOTO

DR. CELIA SELENE ROMERO FÉLIX

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, a octubre de 2024



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A

Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx



UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial
Compartir Igual, 4.0 Internacional



ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **ARTURO RAFAEL ARMENTA LÓPEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**(SELLO DE
POSGRADO)**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

DR. GABRIEL ANTONIO LUGO GARCÍA

CO-DIRECTOR

DR. EUSEBIO NAVA PÉREZ

ASESOR

DR. BARDO HELEODORO SÁNCHEZ SOTO

ASESOR

DR. CELIA SELENE ROMERO FÉLIX

JUAN JOSÉ RÍOS, AHOME, SINALOA, A 24 DE OCTUBRE DE 2024



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
REPOSITORIO INSTITUCIONAL BUELNA**

CESIÓN DE DERECHOS

A QUIEN CORRESPONDA. -

Ciudad de Guasave, Sinaloa ,a 24 de septiembre de 2024 ; quien suscribe:
C. Arturo Rafael Armenta López número de cuenta: 09104178 , egresado
del programa de posgrado:

Doctorado en Ciencias Agropecuarias

de la Unidad Académica: Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte , en la Unidad
Regional Norte Manifiesto ser autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la
dirección de: Dr. Gabriel Antonio Lugo García y de acuerdo al
artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor, cedo y comparto los derechos de mi trabajo de
Tesis intitulado:

Manejo agroecológico del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado para
semilla

a la Universidad Autónoma de Sinaloa para su publicación, difusión, y distribución en medios
impresos y digitales, con fines académicos y de investigación, la que será titular del mismo, en
forma conjunta o separada con el autor.

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de
Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta Tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas,
texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines
educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al autor del
presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o
modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será
perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

En apego al Art. 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor Cedo y comparto el derecho de
publicación, difusión, y distribución en medios impresos y digitales, con fines académicos y de
investigación a la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Nombre completo y firma

DEDICATORIA

A mis padres, a la Sra. Soila Neli López Villavicencio, por su amor y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. Al Sr. José Arturo Armenta López, quien ya no esta en este mundo, pero que me brindó su amor y apoyo, hasta el último día de su existencia en esta Tierra.

A mi esposa, la Sra. Citlalik Gabriela Corral Mendoza, por brindarme su amor y compañía, por estar presente y ser paciente, en todas las etapas de mi formación de pre y postgrado.

A mi hija, Sofía Gabriela Armenta Corral, por existir, por ser una niña buena, inteligente y guerrera, por ser mi motivación. Espero que un día leas esto y te sientas orgulloso de lo que tu padre ha logrado.

A mi hermana, Ximena Armenta López, por su cariño, aunque poco expresiva, sé que estás conmigo. Por ser una persona noble y auténtica.

A mi familia en general, la cual siempre me tuvo palabras de aliento para mí, impulsándome a ser una mejor persona y profesional.

A mis compañeros y amigos, quienes siempre estuvieron al pendiente de mi formación y me apoyaron de manera constante.

AGRADECIMENTOS

A CONHACYT, por brindarme el apoyo económico para poder llevar a cabo esta travesía, denominada postgrado. Sin duda, es de reconocerse su apoyo para nosotros los jóvenes, con vocación científica.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, por ser una institución que ofrece educación de calidad, por formarme y ser pieza fundamental en mi formación profesional.

A la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, por ser una escuela con una finalidad muy noble, la formación de profesionales del campo, por ser un punto de partida en mi carrera profesional, por su gran capacidad y actitud de servicio a todas las personas que estamos interesados por los temas agrícolas.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias, por admitirme y permitirme realizar mis estudios de doctorado de la mano de profesionales altamente capacitados.

Al Dr. Gabriel Antonio García Lugo, por ser mi director de tesis, por su empeño y apoyo durante todo el proceso. Por ser pieza clave en la obtención de este grado, por sus enseñanzas, consejos, regañones, confianza y sobre todo su amistad.

Al Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto, por ser una persona noble, con mucho conocimiento, por sus consejos y recomendaciones, y sobre todo el apoyo que siempre mostró hacia mi persona y mi trabajo de investigación.

Al Dr. Eusebio Nava Pérez por su disposición, nobleza y amistad, por apoyarme en la realización de mi estancia de investigación en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN), la cual me dejó grandes enseñanzas, durante el trabajo de campo.

A todos los profesores de la FAVF, quienes compartieron sus conocimientos conmigo al impartirnos las materias que componen el programa.

CONTENIDO	PÁGINA
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL Y REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Hipótesis	4
1.1.2 Objetivo general	4
1.1.2.1 Objetivos específicos	4
1.2. Revisión de literatura.....	5
1.2.1 El cultivo de frijol.....	5
1.2.2 El almacenamiento de granos y semillas en México.....	6
1.2.3 Pérdidas postcosecha.....	8
1.2.4 Plagas del frijol almacenado.....	8
1.2.5 El gorgojo pardo del frijol <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	10
1.2.5.1 Taxonomía.....	10
1.2.5.2 Origen y distribución	10
1.2.5.3 Hospederos.....	11
1.2.5.4 Daños.....	11
1.2.5.5 Ciclo de vida.....	13
1.2.5.6 Descripción morfológica.....	14

1.2.5.6.1 Huevo.....	14
1.2.5.6.2 Larva.....	15
1.2.5.6.3 Pupa.....	15
1.2.5.6.4 Adulto.....	15
1.2.6 Manejo convencional de plagas de almacén.....	16
1.2.6.1 Fosfuro de aluminio.....	18
1.2.6.2 Bromuro de metilo.....	18
1.2.6.3 Malathión.....	19
1.2.7 Manejo agroecológico de plagas	20
1.2.7.1 Uso de variedades con Resistencia genética.....	22
1.2.7.1.1 Mejoramiento genético.....	22
1.2.7.1.1.1 Resistencia a plagas.....	22
1.2.7.1.1.1.1 Mecanismos de resistencia.....	23
1.2.7.1.1.1.2 Criterios para la evaluación de variedades resistentes	24
1.2.7.1.1.1.3 Resistencia de materiales de frijol al ataque del gorgojo pardo.....	25
1.2.8 Utilización de extractos vegetales con potencial insecticida.....	27
1.2.8.1 Batamote <i>Baccharis glutinosa</i> Pers.	29
1.2.8.1.1 Descripción botánica.....	29
1.2.8.1.2 Origen y distribución.....	30
1.2.8.1.3 Usos e importancia económica.....	30
1.2.8.1.4 Actividad biológica.....	31
1.2.8.2 Eucalipto <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	31
1.2.8.2.1 Descripción botánica.....	31

1.,2.8.2.2 Origen y distribución.....	32
1.2.8.2.3 Usos e importancia económica.....	32
1.2.8.2.4 Actividad biológica	33
1.2.8.3 Gobernadora <i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville.....	34
1.2.8.3.1 Descripción botánica.....	35
1.2.8.3.2 Origen y distribución.....	35
1.2.8.3.3 Usos e importancia económica	36
1.2.8.3.4 Actividad biológica	36
1.2.8.4 Tabaquillo <i>Nicotiana glauca</i> Graham.	38
1.2.8.4.1 Descripción botánica.....	38
1.2.8.4.2 Origen y distribución.....	39
1.2.8.4.3 Usos e importancia económica.....	39
1.2.8.4.4 Actividad biológica	40
1.2.8.5 Cacachila <i>Karwinskia humboldtiana</i> (Shult.) Zucc.	41
1.2.8.5.1 Descripción botánica	42
1.2.8.5.2 Origen y distribución	42
1.2.8.5.3 Usos e importancia económica	43
1.2.8.5.4 Actividad biológica	43
1.2.8.6 Paraíso <i>Melia azedarach</i> L.	45
1.2.8.6.1 Descripción botánica	45
1.2.8.6.2. Origen y distribución.....	45
1.2.8.6.3 Usos e importancia económica.....	46
1.2.8.6.4 Actividad biológica.....	46

1.2.8.7 Higuierilla <i>Ricinus communis</i> L.	48
1.2.8.7.1 Descripción botánica	48
1.2.8.7.2 Origen y distribución.....	48
1.2.8.7.3 Usos e importancia económica	49
1.2.8.7.4 Actividad biológica	50
1.2.8.8 Copalquin <i>Hintonia latiflora</i> Bullock.....	51
1.2.8.8.1 Descripción botánica.....	51
1.2.8.8.2 Distribución.....	52
1.2.8.8.3 Usos e importancia.....	52
1.2.8.8.4 Actividad biológica.....	52
CAPÍTULO II. RESISTENCIA VARIETAL DE MATERIALES DE FRIJOL AL ATAQUE DEL GORGOJO PARDO <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say, 1831)	54
2.1 Resumen	55
2.2 Abstract	56
2.3 Introducción.....	57
2.4 Materiales y métodos.....	59
2.4.1 Área de estudio.....	59
2.4.2 Colecta, identificación y cría de <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	59
2.4.3. Evaluación de la resistencia de variedades de frijol al ataque de <i>Acanthoscelides obtectus</i>	60
2.4.3.1 Total del adultos emergidos (TAE).....	61
2.4.3.2 Semilla dañada (%SD)	61
2.4.3.3 Pérdida de peso de la semilla (%PPS).....	61

2.4.3.4 Pérdida de la capacidad germinativa (%PCG).....	61
2.4.3.5 Proporción de hembras (PHE).....	62
2.4.3.6 Peso promedio de hembras y machos vivos (PPHV y PPMV).....	62
2.4.3.7 Tiempo promedio de desarrollo (TPD).....	62
2.4.3.8 Índice de susceptibilidad (IS)	62
2.4.4 Análisis de datos.....	63
2.5 Resultados	63
2.5.1 Características de las semillas.....	63
2.5.2 Total de adultos emergidos (TAE).....	64
2.5.3 Semilla dañada (%SD).....	64
2.5.4 Pérdida de peso de la semilla (%PPS).....	65
2.5.5 Pérdida de capacidad germinativa (%PCG).....	65
2.5.6 Proporción de hembras emergidas (PHE).....	66
2.5.7 Peso promedio de hembras y machos vivos (PPHV y PPMV).....	66
2.5.8 Tiempo promedio de desarrollo (TPD).....	66
2.5.9 Índice de susceptibilidad (IS).....	66
2.5.10 Relación entre variables (Coeficiente de Spearman).....	67
2.6 Discusión	70
2.7 Conclusión.....	74
2.8 Literatura citada	75
CAPÍTULO III. EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DEL	
GORGOJO DEL FRIJOL	80
3.1 Introducción	80
3.2 Resumen.....	81

3.3 Abstract.....	81
3.4 Materiales y métodos	83
3.5 Resultados y discusión.....	85
3.6 Literatura citada.....	91
CAPÍTULO IV. MEZCLA DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DEL GORGOJO DEL FRIJOL	95
4.1 Introducción	95
4.2 Resumen.....	96
4.3 Abstract.....	96
4.4 Materiales y métodos	97
4.5 Resultados	99
4.6 Discusión	102
4.7 Conclusiones.....	104
4.8 Literatura citada.....	104
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES GENERALES.....	108
CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA.....	109
ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Características físicas de las semillas utilizadas en el experimento (valores promedio y desviación estándar).....	64
2.	Matriz de coeficientes de correlación de Spearman ($\alpha=0.05$)	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.1	Daño ocasionado por <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say) en semillas de frijol	12
1.2	Proceso que sufre la semilla al ser infestada por el gorgojo pardo: a) Sana; b) Minada (la larva se alimenta dentro); c) Perforada (los adultos ya emergieron); c) Infeccionada por hongos.....	12
1.3	Estados biológicos de <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say). a) Huevo; b) Larva; c) Pupa y d) Adulto	14
2.1	Promedios obtenidos en las variables: a) Total de adultos emergidos; b) Porcentaje de semilla dañada; c) Porcentaje de pérdida de peso de la semilla; y d) Porcentaje de pérdida de la capacidad germinativa, ocasionada por el gorgojo pardo sobre seis variedades de frijol (27 ± 2 °C y 80 ± 2 % HR). Tratamientos que comparten las mismas letras no difieren significativamente.	65
2.2	Promedios obtenidos en las variables: a) Proporción de hembras; b) Peso promedio de machos vivos; c) Peso promedio de hembras vivas; d) Tiempo promedio de desarrollo; y e) Índice de susceptibilidad al ataque del gorgojo pardo de 6 variedades de frijol (27 ± 2 °C y 80 ± 2 % HR). Tratamientos que comparten las mismas letras no difieren significativamente.....	67
2.3	Correlación significativa entre variables (Spearman, $\alpha=0.05$): a) Total de adultos emergidos (TAE) y pérdida de capacidad germinativa (PCG) (%); b) TAE y Semilla dañada (SD) (%); c) SD (%) e Índice de susceptibilidad; d) TAE y peso promedio de hembras vivas (PPHV); e) TAE y peso promedio de machos vivos (PPMV).....	70

FIGURA	PÁGINA
3.1 Evaluación de extractos vegetales para el manejo de <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say).....	86
3.2 Evaluación de extractos vegetales para el manejo de <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say).....	87
3.3 Determinación de la ventana biológica de los tratamientos más efectivos.....	88
3.4 Determinación de la ventana biológica de los tratamientos más efectivos.....	90
4.1 Evaluación de extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say, 1831): a) Mortalidad corregida (%); b) Emergencia corregida (%); c) semilla dañada (%) y d) pérdida de peso de la semilla (%).....	99
4.2 Evaluación de extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say, 1831): a) Peso promedio de machos vivos (mg); b) Peso promedio de hembras vivas (mg); c) Pérdida de la capacidad germinativa (%) y d) Proporción de hembras emergidas.....	100
4.3 Evaluación de extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say, 1831): a) Tiempo promedio de desarrollo (días) y b) Índice de repelencia.....	101

RESUMEN

Manejo agroecológico del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado para semilla

Arturo Rafael Armenta López

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es una de las principales leguminosas cultivadas y almacenadas a nivel mundial, pero enfrenta serias amenazas durante su almacenamiento debido a la infestación por plagas, entre las que destaca el gorgojo pardo (*Acanthoscelides obtectus*). El gorgojo pardo causa daños considerables al alimentarse del interior de las semillas, contaminarlas con sus heces y dejar orificios que facilitan la entrada de hongos y patógenos. Estos daños no solo comprometen la calidad alimentaria del grano, sino que también afectan su capacidad germinativa, lo que impide su uso como semilla. A pesar de la disponibilidad de enfoques de Manejo Integrado de Plagas (MIP), los productores suelen recurrir al control químico, lo que genera preocupaciones en torno a la contaminación ambiental y la toxicidad. El presente estudio se enfoca en evaluar alternativas agroecológicas para el manejo del gorgojo pardo en frijol almacenado, con un enfoque en la resistencia varietal y el uso de extractos vegetales con actividad insecticida. Entre los cultivares evaluados, Aluyori y Azufrado Higuera mostraron mayor resistencia al ataque del gorgojo pardo, mientras que Janasa fue el más susceptible. Además, se identificaron los extractos vegetales de tabaquillo (*Nicotiana glauca*) y cacachila (*Karwinskia humboldtiana*) como opciones prometedoras para el control del gorgojo, siendo la mezcla de estos extractos altamente efectiva sin comprometer la viabilidad de la semilla.

Palabras clave: Frijol, gorgojo, cultivares, resistencia, extractos

ABSTRACT

Agroecological management of the brown weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say) in stored bean seed

Arturo Rafael Armenta López

Beans (*Phaseolus vulgaris*) are one of the most important legumes cultivated and stored worldwide, but they face serious threats during storage due to pest infestations, particularly from the brown weevil (*Acanthoscelides obtectus*). The brown weevil causes significant damage by feeding inside the seeds, contaminating them with feces, and leaving holes that allow the entry of fungi and pathogens. This not only compromises the grain's food quality but also affects its germination capacity, rendering it unsuitable for use as seed. Despite the availability of Integrated Pest Management (IPM) strategies, many producers rely heavily on chemical control methods, raising concerns about environmental contamination and toxicity.

This study focuses on evaluating agroecological alternatives for the management of the brown weevil in stored beans, with particular attention to varietal resistance and the use of plant extracts with insecticidal properties. The results indicate that the cultivars Aluyori and Azufrado Higuera exhibited greater resistance to the brown weevil, while Janasa proved to be the most susceptible. Additionally, plant extracts from tabaquillo (*Nicotiana glauca*) and cacachila (*Karwinskia humboldtiana*) emerged as promising options for controlling the weevil, with their mixtures proving highly effective without compromising seed viability.

Keywords: Beans, weevil, cultivars, resistance, extracts

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. INTRODUCCIÓN

La agroecología es considerada una ciencia aplicada que se cimenta en principios ecológicos, con la finalidad de mejorar las acciones de manejo, haciendo más sustentable la actividad para el pequeño y mediano productor. Específicamente unifica el conocimiento científico moderno con el conocimiento empírico y tradicional del campesino, para impulsar la actividad agrícola mediante el uso racional de los recursos presentes en la región, conservando la biodiversidad y protegiendo al medio ambiente. Esto mediante la implementación de diversas estrategias, como: la reducción del uso de maquinaria pesada, incorporación de la materia orgánica a los suelos, gestión eficiente del agua mediante agricultura de conservación, utilización de variedades con resistencia genética y el reemplazo de los plaguicidas químicos por biopreparados elaborados a base de plantas regionales que permitan manejar adecuadamente la población de insectos plaga y agentes fitopatógenos, así como también que permita la conservación de los enemigos naturales (López y Llorente, 2010).

Entre las principales especies cultivadas en nuestro país se encuentra el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es una leguminosa antigua, cuyos hallazgos datan del año 5,000 a.C. y su centro de origen más probable es nuestro país (Ulloa *et al.*, 2011). Junto al maíz y la calabaza constituye la dieta base del mexicano desde la época prehispánica (Iturriaga, 2000) y es un alimento nutritivo, que contiene altas cantidades de proteína, carbohidratos y fibra (Tandon *et al.*, 1959; Mederos, 2006). A nivel mundial, México ocupó en 2022, el sexto lugar en la producción de frijol, con una superficie establecida de 1,472,000 ha y una producción nacional de 965,379.65 t. Los principales estados productores son Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chihuahua y Nayarit, en ese orden, aportando alrededor del 76.2% de la producción nacional. En Sinaloa, durante el mismo ciclo, se

establecieron 96,440 ha y se produjeron 173,992 t de esta valiosa legumbre (FIRA, 2020).

El manejo postcosecha de granos y semillas cobró gran relevancia en la población humana, desde que la actividad agrícola pasó de ser de subsistencia a un enfoque comercial, en este momento, surgió la necesidad de mantener la calidad de las cosechas por tiempo prolongado, con la finalidad de transportar estos productos a largas distancias y alimentar a grandes ciudades, disponer de alimentos en épocas de escasez, o bien, para esperar un alza en el precio de venta (Mummert, 1987). La conservación adecuada de semillas se asegura mediante la ejecución de actividades de limpieza, secado, selección, desinfección y almacenamiento en sitios herméticos, en donde se controla la humedad y temperatura (Lindblad y Druben, 1986; Riveros, 2006).

Las principales plagas que afectan al frijol almacenado son el gorgojo pintado *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y el gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Schoonhoven, 1985). Este último es considerado el más destructivo, Cardona y Karel (1990) indican que las pérdidas provocadas por este insecto rebasan el 20%, ya que se alimenta del interior de la semilla, lo contamina con heces y los orificios que construye sirven de entrada a hongos y otros agentes patógenos, lo que reduce su calidad alimentaria, imposibilitando el consumo humano y por ende su comercialización (Ramírez y Suris, 2015). Así también, afecta la calidad fisiológica de la semilla, al reducir las reservas de la misma y su capacidad germinativa (Dell'Orto y Arias, 1983).

Actualmente el manejo de este insecto se realiza con insecticidas de alto impacto ambiental, como el fosfuro de aluminio, malatión y bromuro de metilo (Nava *et al.*, 2010), que provocan resistencia a los insectos, daños a la salud humana y medio ambiente (Dietz, 1991; Tapia, 2000; Trujillo *et al.*, 2011).

Ante los daños ocasionados a la salud humana y ambiental por el uso indiscriminado de plaguicidas sintéticos, es necesario implementar estrategias alternativas, como las que presenta el manejo agroecológico de plagas, para el caso del gorgojo pardo, algunos investigadores, han probado la aplicación de extractos vegetales y hongos entomopatógenos (Nava *et al.*, 2010, Gutiérrez, 2016), el uso de materiales con resistencia vegetal (Kornegay y Cardona, 1991) y de enemigos naturales (Schmale *et al.*, 2006). En general, se han obtenido resultados favorables con su implementación, pero es recomendable realizar más estudios para disponer de diversas herramientas para su manejo.

1.1.1 HIPÓTESIS

1. Al menos, una variedad de frijol manifestará resistencia al ataque del gorgojo pardo.
2. Cuando menos uno de los tratamientos inducirá el 50% de la mortalidad de *A. obtectus* y tendrá efecto positivo sobre las variables de porcentaje de emergencia, el daño y pérdida de peso del grano sin afectar el proceso de germinación.

1.1.2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar alternativas agroecológicas para el manejo del gorgojo pardo (*Acanthoscelides obtectus*) en frijol almacenado para semilla.

1.1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la resistencia de seis variedades de frijol más utilizadas en la zona Norte del Estado de Sinaloa al ataque del gorgojo pardo.
2. Determinar la actividad insecticida de extractos vegetales a base de hoja de *Eucalyptus globulus* Labill., *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) y *Baccharis glutinosa* Pers., de semilla de *Melia azedarach* L. y *Ricinus communis* L. y de corteza de *Hintonia latiflora* Bullock para el manejo de *A. obtectus* en condiciones de laboratorio, así como su efecto sobre la capacidad germinativa de la semilla.
3. Determinar la actividad insecticida de los extractos vegetales más efectivos en mezcla, para el manejo de *A. obtectus* en condiciones de laboratorio, así como su efecto sobre la capacidad germinativa de la semilla.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1 El cultivo de frijol en México

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenece a la familia Fabaceae, es considerada una leguminosa antigua, cuyos registros datan del año 5,000 a.C. y su centro de origen se localiza en nuestro país (Ulloa *et al.*, 2005). Es una planta ampliamente cultivada, en sitios que van desde los 10 hasta los 2400 m de altitud. En forma silvestre se ubica en ambos márgenes de la Sierra Madre Oriental, desde el estado de Oaxaca hasta Sinaloa (Miranda, 1966).

México es considerado uno de los principales países productores de frijol a nivel mundial, en 2022 ocupó el sexto lugar con una superficie establecida de 1,472,000 ha y una producción nacional de 965,379.65 t. Alrededor del 76% de la semilla cosechada proviene de los estados de Zacatecas, Sinaloa, Nayarit, Chihuahua, Chiapas y Durango. Durante el mismo ciclo, en Sinaloa se establecieron 85,924.98 ha, de las cuales, el 95.29% fue bajo condiciones de riego y se produjeron 165,475 t de esta valiosa legumbre (SIAP, 2023; SIAP, 2024).

El consumo de frijol por parte de los mexicanos es alto, cerca del 7.3% de la producción mundial se destinó a nuestro país, sólo por debajo de la India y Brasil. Lo anterior, según Iturriaga (2000) se debe a que la alimentación del mexicano se integra principalmente por la ingesta de alimentos elaborados a partir de maíz, calabaza y frijol desde la época prehispánica.

Existen diversas variedades de frijol, en nuestro país, las más cultivadas son el negro, pinto, azufrado/peruano, flor de mayo, flor de junio, entre otros (FIRA, 2020). La superficie que se establece de cada una, depende de la demanda y aceptación del producto en el mercado, la cual está influenciada por el tamaño, color y uniformidad del grano, así también de otras características, tales como: el tiempo de cocción, sabor y espesor del caldo (Carmona, 2005).

Además de la utilización del frijol como producto alimenticio, una gran parte del grano es comercializado para su utilización como semilla, según el SIAP (2020), en México se destinan aproximadamente 84 millones de toneladas por año. Por otra parte, Hernández (2005) menciona que alrededor del 70% de la producción mundial de esta valiosa leguminosa se encuentra a cargo de pequeños y medianos productores, los cuales no emplean semilla certificada para la siembra y optan por satisfacer su demanda con aquella que produjeron el ciclo anterior, con agricultores vecinos, familiares e incluso de comercios locales. Dicha situación trae consigo rendimientos bajos y una elevada presencia de plagas, enfermedades y malezas en sus parcelas.

1.2.2. Almacenamiento y conservación de semilla de frijol en México

El frijol es uno de los principales cultivos que se establecen en México por la enorme superficie destinada a su establecimiento, su producción, consumo e importancia económica (Lepiz y Navarro, 1983). Por otra parte, INIFAP (1995) sostiene que después del maíz, el frijol es el alimento más utilizado en la dieta de los mexicanos, lo que representa una base energética y proteica para el consumidor. Debido a la gran relevancia que tiene esta leguminosa en nuestro país, es indispensable contar con semilla de buena calidad y tecnologías para su conservación.

Para la obtención de altos rendimientos es determinante la utilización de semilla de calidad. Para que una semilla reciba este calificativo, se consideran tres aspectos principales: 1) componente genético, el cual comprende características como la adaptación, resistencia y susceptibilidad ante patógenos e insectos, además de sus características visuales (color, tamaño y forma); 2) el componente sanitario, hace referencia a la presencia o ausencia directa de plagas o enfermedades en la estructura; 3) componente fisiológico, que consiste en el tamaño y calidad de las reservas energéticas ubicadas en el interior de la semilla que le permitan nutrir a la

planta e inducir una buena viabilidad y vigor que repercutan positivamente en su desarrollo (Arias *et al.*, 2007).

Es necesario conservar la viabilidad, germinación y vigor de las semillas hasta el momento en que serán empleadas, con la finalidad de asegurar el establecimiento de plantas fuertes y sanas y por ende la obtención de buenas cosechas, de lo contrario dicha producción debe ser utilizada para el consumo humano o animal, considerando que la semilla no presente residuos tóxicos o haya perdido sus cualidades alimentarias (Hernández y Carballo, 2010).

La calidad de los granos y semillas depende de un proceso adecuado de conservación, el cual incluye las propiedades físicas, químicas y biológicas del grano al momento del almacenamiento, así como del tiempo que dure el producto en la bodega (Jian y Jayas, 2012). En México, los almacenes suelen estar equipados con infraestructura moderna y eficiente, lo que conlleva a un manejo eficiente y adecuado del grano, por otra parte, el 50% de las bodegas son pequeñas y con equipamiento rústico, lo cual pone en riesgo la calidad y disponibilidad del producto, motivo por el cual es necesario impulsar programas enfocados al almacenamiento de granos y semillas, además establecer un programa de apoyos, el cual debe de variar de acuerdo a la tipología y nivel de tecnificación de los almacenes (Ortiz *et al.*, 2015).

Según Cid *et al.* (2014), uno de las principales medidas a adoptar para el almacenamiento de la semilla de frijol es mantener limpia la bodega destinada para su resguardo, lo que facilita el control de enfermedades y plagas insectiles; así también recomienda la aplicación de fungicidas e insecticidas que sean de bajo costo, alta toxicidad para los insectos inmaduros y adultos, que presenten alta volatilidad y adecuada penetración, sean inocuos para la semilla y de amplia disponibilidad en el mercado.

Por otra parte, Aguirre y Peske (1988) mencionan que es esencial el mantenimiento de la semilla en temperaturas frescas, a 20 °C como máximo,

debido a que ésta tiende a mantener un equilibrio en su contenido de humedad que ronda el 11%. Además, comenta que es de gran importancia mantener la bodega libre de roedores.

1.2.3. Pérdidas postcosecha

La FAO (1993) estimó en un 25% las pérdidas de granos y semillas almacenadas debido al ineficiente manejo postcosecha, es decir una cuarta parte de los alimentos producidos no son aprovechados por el consumidor, lo que se traduce en fuerza de trabajo y recursos económicos desperdiciados. Estas pueden llegar hasta el 50% de los alimentos en regiones de África y América Latina (De Lucia y Assennato, 1992).

A nivel mundial, se estima que del 5 al 10% de la producción total de granos y leguminosas se pierde, por la presencia y daño ocasionado por plagas durante el período de almacenamiento, lo que representa el alimento necesario para satisfacer la demanda de 130 millones de personas (FAO, 1998). Mientras que ASERCA (2009) informó que las pérdidas postcosecha en México, referente a la producción de cultivos básicos como el maíz *Zea mays* L., trigo (*Triticum aestivum* L.) y frijol varían del 5 al 25%.

1.2.4. Plagas del frijol almacenado

Los granos y semillas, como el maíz, frijol, sorgo (*Sorghum vulgare* L. Moench), garbanzo (*Cicer arietinum* L.), soya (*Glycine max* L.), entre otros, suelen ser almacenados después de ser cosechados, para su posterior uso en la alimentación o como semilla botánica. El resguardo de grandes volúmenes de estos productos constituye un atractivo nicho para insectos, cuya base alimenticia la integran estos alimentos, los cuales, al perjudicar la producción agrícola, son catalogados como plagas, mismas que además de alimentarse, también contaminan y reducen la calidad de la producción (García *et al.*, 2003).

Se estima que hay más de 300 especies de insectos plaga asociados a granos y semillas almacenadas, así como sus subproductos, aunque desde el punto de vista económico, sólo 15 especies cosmopolitas son de relevancia, 50 y 250, de importancia secundaria y ocasional, respectivamente (Ramírez, 1982). Algunos factores, como el alto contenido de humedad en la semilla en la fase de almacenamiento, promueve el desarrollo de ácaros, hongos e insectos (Ramírez *et al.*, 1993).

La infestación inicial de las plagas de almacén ocurre de tres maneras principales: 1) de campo, en la etapa de secado; 2) desde el exterior, los insectos vuelan a los depósitos; 3) de graneros infestados a graneros limpios, a partir de rendijas y grietas (Torres *et al.*, 2016). El ataque de plagas insectiles de almacén puede clasificarse como infestaciones primarias y secundarias, las primeras hacen referencia al daño ocasionado a granos sanos, sobre los cuales se inicia una nueva generación para la búsqueda de nuevos granos y las segundas hacen alusión a aquellas que infestan a productos que han sufrido algún daño físico previo por una plaga primaria, esto debido a que sin el ataque de esta, no son capaces de penetrar la capa protectora de la semilla (García *et al.*, 1994).

Las principales especies de insectos que afectan al frijol en almacenamiento son: el gorgojo pinto o mexicano *Zabrotes subfasciatus* Boheman, plaga importante en regiones tropicales y cálidas de América Latina y el gorgojo pardo o común *Acanthoscelides obtectus* (Say) en zonas montañosas y subtropicales. Ambas de manera individual o conjunta disminuyen drásticamente la calidad y la cantidad de esta valiosa leguminosa (Schoonhoven, 1985).

1.2.5. El gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say)

1.2.5.1. Taxonomía

De acuerdo a Fauna Europaea (2020), la clasificación taxonómica del gorgojo pardo es la siguiente:

Reino: Animal.

Phylum: Arthropoda.

Clase: Insecta.

Subclase: Pterygota.

Orden: Coleóptera.

Suborden: Polyphaga.

Superfamilia: Chrysomeloidea.

Familia: Chrysomelidae.

Subfamilia: Bruchinae.

Género: *Acanthoscelides*.

Especie: *Acanthoscelides obtectus*.

1.2.5.2. Origen y distribución

Los especímenes de gorgojo pardo utilizados por Say para su determinación taxonómica fueron colectados en Lousiana, EE.UU., por lo que se creía que este era nativo de ese lugar. Otros autores mencionan que el origen de este insecto son las regiones tropicales y subtropicales de Centro y Sudamérica, y que a partir de este lugar se diseminó a otros lugares hasta tener una distribución cosmopolita, esto debido a la constante actividad comercial internacional de frijol (Essing, 1929; Larson y Fisher, 1938; Southgate, 1978).

Actualmente *A. obtectus* se encuentra distribuido ampliamente en lugares donde se cultivan y almacenan semillas del género *Phaseolus* (Artigas, 1994). Se ha reportado también su presencia en México (Chittenden 1898; Back, 1925). Por otro lado, Flores (1977) menciona que esta plaga se distribuye principalmente en zonas templadas del centro del país.

1.2.5.3. Hospederos

De acuerdo con Larson y Fisher (1938), el principal cultivo de importancia económica afectado por el gorgojo pardo es el frijol en todas las variedades existentes, en un experimento demostraron que, de 50 materiales evaluados, su totalidad permitió el desarrollo completo del insecto plaga. Los mismos autores mencionan que *A. obtectus* es tiene la capacidad de desarrollarse en otras especies de plantas, como lo son: *Vigna sinensis* L., *Lupinus albus* L., *Z. mays* y *Fagopyrum esculentum* Moench.

A. obtectus prefiere plantas de la familia Fabaceae, específicamente las del género *Phaseolus* (*P. lunatus* L., *P. lunatus macrocarpus* Benth, *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius*, *P. calcaratus* Roxb., *P. aconitifolius* Jacq., *P. aureus* Roxb.). Otras semillas afectadas son: *Vigna sesquipedalis* L., *Pisum sativum* L., *Cicer arietinum* L., *Vicia faba* L., *Lathyrus sativus* L., *Cajanus indicus* Spreng., *Lens esculentum* Moench y *V. sinensis* (Larson y Fisher, 1938; Singh *et al.*, 1978).

1.2.5.4. Daños

Cardona y Karel (1990) indican que las pérdidas provocadas por el gorgojo pardo rebasan el 20%, ya que se alimenta del interior de la semilla, lo contamina con heces y los orificios (Figura 1.1) que construye sirven de entrada a hongos y otros agentes patógenos (Figura 1.2), lo que reduce su calidad alimentaria, imposibilitando el consumo humano y por ende su

comercialización (Ramírez y Suris, 2015). Así también, afecta la calidad fisiológica de la semilla, al reducir las reservas de la misma y su capacidad germinativa (Dell'Orto y Arias, 1985).



Figura 1.1. Daño ocasionado por *Acanthoscelides obtectus* (Say) en semillas de frijol cv. Janasa. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, Snelson (1987) menciona que los insectos no solo consumen el frijol, sino que también contaminan las semillas con fragmentos, excrementos y olores fétidos.

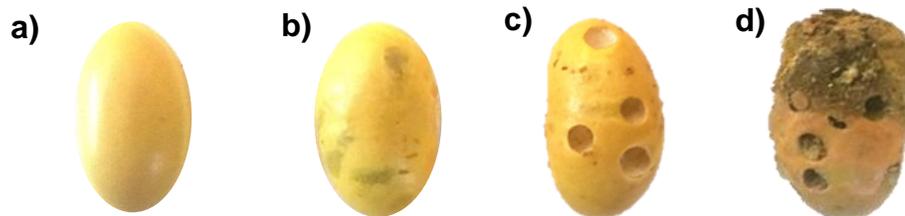


Figura 1.2. Proceso que sufre la semilla de frijol cv. Janasa al ser infestada por el gorgojo pardo: a) Sana; b) Minada (la larva se alimenta dentro); c) Perforada (los adultos ya emergieron); d) Infectada por hongos. Fuente: Elaboración propia.

1.2.5.5. Ciclo de vida

El ciclo biológico de *A. obtectus* tiene una duración de cinco a seis semanas, que puede variar considerablemente por la influencia de factores ambientales (Capdeville, 1945). Por su parte Duran (1952) menciona que el gorgojo pardo se desarrolla de manera óptima a una temperatura de 30 °C y humedad relativa del 70%. Bajo esas condiciones, el insecto completa su ciclo en un lapso de tiempo que va 22 a 26 días, de ser las temperaturas más bajas, el período se alarga (Dell'Orto y Arias, 1985).

La hembra adulta después de la cópula, ovipone tanto en campo como en bodega. Cuando ocurre con el cultivo en pie, éstas vuelan desde almacenes hacia el campo y ovipositan en frijoles en estado de madurez fisiológica, depositando los huevecillos de manera libre en aberturas presentes en vainas secas, o bien directamente en la semilla si las vainas presentan aberturas de mayor tamaño (Faiguenbaum, 2003).

Cuando la infestación ocurre en almacenamiento, las hembras depositan los huevecillos libremente en las semillas, uno por uno o en masas de 3 a 30. En condiciones favorables pueden ovipositar desde el primer día, aunque el inicio puede extenderse hasta el segundo o tercero (Paddock y Reinhard, 1920).

Singerland (1982) menciona que el período de incubación del huevecillo oscila entre 12 y 20 días, mientras que Larson y Fisher (1938) infieren que bajo condiciones favorables es de tres días y de hasta 27 días, cuando la temperatura es baja.

Después de que los huevecillos eclosionan, emergen las larvas; las cuales penetran la semilla, para ello, comienzan con la perforación de la testa, para después alimentarse del interior de la semilla (Dell'Orto y Arias, 1985). Según Larson y fisher (1938) el estado larval dura 12 días en promedio, pero puede extenderse hasta por seis meses, por la influencia que ejercen los factores anteriormente mencionados.

Una vez que la larva completa su desarrollo, esta pasa al estado de pupa; esta última se encuentra dentro de la semilla y tiene una duración de 8 hasta 25 días. Del pupario emerge un adulto, el cual permanece inactivo por un breve tiempo hasta que las condiciones sean más favorables para salir. Posteriormente, el gorgojo hace un corte circular en la testa de la semilla; primero es de color claro y poco después se torna de una tonalidad oscura.

Los adultos viven 23 días en promedio, aunque se ha determinado que duran hasta 175 días si se les suministra agua azucarada (Larson y Fisher, 1938). Por otro lado, Back (1922) afirma que estos pueden vivir en diapausa hasta por varios meses al interior de semillas secas.

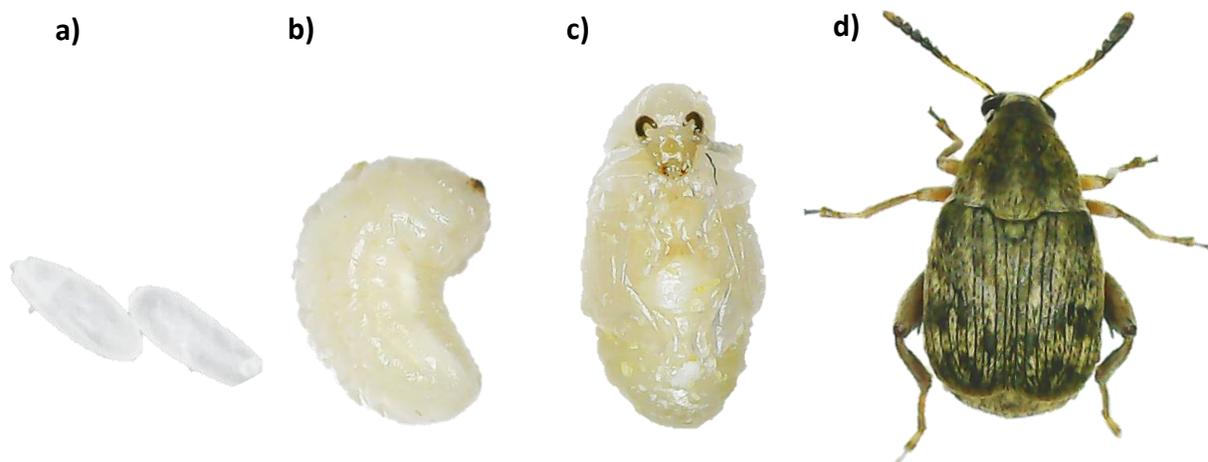


Figura 1.3. Estados biológicos de *Acanthoscelides obtectus* (Say). a) Huevo; b) Larva; c) Pupa y d) Adulto. Fuente: Elaboración propia.

1.2.5.6. Descripción morfológica

1.2.5.6.1. Huevo

Son ovipositados entre la masa de semillas. Son de forma cilíndrica con los extremos ligeramente curvos; miden 0.8 mm de longitud y 0.3 mm de diámetro; de color blanco y lisos (Figura 1.3a) (Romero, 1971; Ramírez, 1982; Schoonhoven, 1985).

1.2.5.6.2. Larva

Son cilíndricas, con el extremo anterior más reducido, recién emergidas son de color blanco y miden 0.6 mm de largo por 0.2 mm de ancho, poseen tres pares de patas torácicas largas y delgadas, compuestas por dos artejos cada una (Figura 1.3b). Presentan cerdas únicamente en los costados (Capdeville, 1945; Artigas, 1994).

1.2.5.6.3. Pupa

Es de tipo exarata con cabeza y élitros libres; mide en promedio 4 mm de largo y 2 mm de ancho; en su etapa inicial se asemeja a un adulto momificado de color blanco que posteriormente tiende a oscurecerse (Figura 1.3c) (Vélez, 1997).

1.2.5.6.4. Adulto

Acanthoscelides obtectus, en estado adulto, es de color pardo y mide de 3.5 a 4.5 mm. Su cuerpo es oval, grueso, más ancho en la parte posterior y está cubierto setas. Posee cabeza pequeña, ojos grandes, antenas aserradas y élitros con pequeñas bandas transversales que no cubren el abdomen en su totalidad (Figura 1.3d). Posee una espina grande y dos pequeñas en el fémur posterior. Además, se caracteriza por tener buena capacidad de vuelo (Dell'Orto y Arias, 1985).

El gorgojo pardo presenta dimorfismo sexual, la hembra es más grande que el macho. Se distinguen principalmente porque en las primeras, la curvatura de su pigidio no es acentuada y su abertura anal es terminal, mientras que, en los segundos, el pigidio es bastante recurvado, en éste la abertura anal está situada en posición ventral y presenta una curvatura media ventral, visible al microscopio, que en la hembra aparece recta. Otra

diferencia es que las vellosidades abdominales son más claras en el macho que en la hembra. En ambos casos, la madurez sexual está presente desde que estos emergen de la semilla, encontrándose así listos para la cópula (Halstead, 1963; Vélez, 1997; Gallo *et al.*, 2002).

1.2.6 Manejo convencional de plagas de almacén.

Los granos y leguminosas destinados para alimento o semilla, tales como el maíz, frijol, trigo, sorgo, garbanzo, soya, entre otros, son almacenados una vez que son cosechados, por períodos que van de semanas hasta años, con la finalidad de preservar su calidad y así facilitar su posterior comercialización. Frecuentemente, dichos productos son dañados por la presencia de plagas, lo que se traduce en pérdidas de peso y calidad y en casos de mal manejo pueden llegar hasta el siniestro total (García *et al.*, 1994). Según Malpica y Miranda (2016), la situación anterior afecta drásticamente casi todos los procesos de la cadena productiva, incluyendo el transporte, almacenaje, conservación y mercado; y por ende pone en riesgo la seguridad alimentaria.

Los insectos perjudiciales representan una constante amenaza para los productos almacenados, debido a esto, los productores han implementado programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP). De acuerdo a Smith y Reynolds (1966), el MIP es un sistema enfocado a la regulación de insectos plaga en cultivos y productos almacenados, dentro de un contexto que considera al medio ambiente y la dinámica de poblaciones del organismo perjudicial, utilizando todas las técnicas y métodos necesarios, compatibles y fáciles de manejar para mantener las poblaciones de las plagas a niveles bajos, en donde no ocasionen daños económicos, además, no prohíbe el uso de plaguicidas, solo que considera el control químico como la última opción de control.

Hernández y Carballo (2010) establecen que, para garantizar un proceso adecuado de conservación, el grano o semilla tiene que ser

cosechado en su punto óptimo de humedad y de no ser así, se debe de proceder al secado, ya sea artificial o natural, por la exposición directa al sol. Por su parte Carpaneto *et al.* (2013) mencionan que la prevención es la estrategia principal para el manejo de plagas en productos almacenados, ya que, al evitar la presencia del insecto, el grano no es dañado ni contaminado por productos químicos. La prevención incluye la limpieza de las instalaciones y desinfestación de instalaciones vacías por medio de altas temperaturas (50 °C), pre-limpieza del grano y descorazonado, aplicación de insecticidas preventivos, aireación y monitoreo e identificación de los organismos perjudiciales.

En caso de contar con la presencia de una población considerable de insectos plaga se recomienda el empleo de técnicas de control directo, tales como la utilización de atmósferas modificadas y la fumigación. La primera técnica consiste en alterar el ambiente del almacén extrayendo el oxígeno presente o saturando la atmósfera de dióxido de carbono (Annis, 1986). Y la segunda hace referencia a la aplicación de insecticidas químicos, en forma de gas, como la fosfina (Carpaneto *et al.*, 2013).

A pesar del sinnúmero de estrategias disponibles enmarcadas en el MIP, tanto pequeños y medianos productores como las empresas dedicadas al almacenamiento de productos, se han abocado a promover el control químico como la primera y única opción de manejo, siendo los insecticidas organoclorados, organofosforados y piretroides los más utilizados (Mejía, 2003). El tamaño de las bodegas o almacenes usados para el resguardo de grandes volúmenes de granos, dificulta la aspersion y espolvoreo de insecticida, situación que incrementa las aplicaciones de malathión, fosfuro de aluminio y bromuro de metilo (Nava *et al.*, 2010), ya que son efectivos bajo ciertas condiciones, pero se debe evitar su uso, para disminuir la intoxicación humana, animal y contaminación ambiental (Medrano, 2000).

1.2.6.1. Fosfuro de aluminio.

En cuanto al uso de insecticidas, específicamente en productos almacenados, los fumigantes son considerados como la mejor opción, debido a que representan el método más simple, rápido y económico (White y Leesch, 1996). El fumigante más utilizado a nivel mundial para el manejo de plagas en almacenamiento es el fosfuro de aluminio (Rajendran, 2001), tanto en tratamientos preventivos como curativos.

De acuerdo a Durana (2013), el producto actúa en cuanto entra en contacto con la humedad presente en el aire y en el grano, a partir de ese choque se genera la fosfina o fosfuro de hidrógeno (PH_3), un gas con gran poder insecticida y acción acaricida moderada. Una vez que el producto se vaporiza bajo las condiciones anteriormente mencionadas, los vapores y gases se distribuyen entre la masa de granos y la estructura del silo en general, posteriormente se produce la toxicidad, como efecto de la absorción de dichos productos a través de los espiráculos de los insectos hasta alcanzar las tráqueas y traqueolas (Hills, 2003).

1.2.6.2. Bromuro de metilo.

El bromuro de metilo o metilbromuro (CH_3Br) es un fumigante utilizado como desinfectante de suelos en sistema de cultivos intensivos, específicamente en productos de alto valor y en menor medida para la protección de granos almacenados y cuarentenas agrícolas (Calavatra, 2002; Durana, 2013). Es considerado como el segundo fumigante más utilizado para el tratamiento de plagas postcosecha, sólo después del fosfuro de aluminio (Rajendran y Sriranjini, 2008), además es catalogado como un producto de amplio espectro y alta efectividad en el manejo de este tipo de insectos en bodegas y molinos (Pizano, 2014).

Thomas (1997), afirma que el uso indiscriminado de este plaguicida ha impactado negativamente en el ambiente, ya que debido a su alta

toxicidad y poder gasificante, es capaz de liberar entre el 50 y el 95% de las emisiones gaseosas a la atmósfera, lo anterior provoca que el bromo liberado reaccione con el ozono presente en dicha capa y otras moléculas cloradas, situación que induce una reacción en cadena, que termina en la disminución de la capa de ozono. Éste fenómeno permite el incremento en la emisión de rayos UV, mismos que ocasionan riesgos para la salud humana y medio ambiente. Por otra parte, Bello *et al.* (2002) mencionan que la utilización de bromuro de metilo debe ser eliminada en su totalidad, porque anteriormente en el marco de la 10ma Reunión del Protocolo de Montreal se estableció en países desarrollados, un programa de reducción del BM en la agricultura hasta alcanzar su desuso para el año 2005 y para el 2015 en países del artículo 5to.

1.2.6.3. Malathión.

El malathión (dietil (dimetoxitiofosforiltio) succinato o S-1,2-bis(etoxicarbonil)etil 0,0-dimetil fosforoditioato) es un plaguicida del grupo de los organofosforados, de manera general cuenta con una toxicidad media (categoría IV), aunque suele ser variable, va de ligero a extremo en peces, dependiendo de la especie, moderado en aves y altamente tóxico en abejas. Es un producto ampliamente utilizado en la agricultura, ganadería, jardinería, sector urbano e industrial (Cicoplafest, 2004).

De acuerdo con Cremlyn (1995), al malathión se le atribuyen propiedades insecticidas y acaricidas, es catalogado como un plaguicida de contacto y de amplio espectro. Mientras que Haslicak *et al.* (1983) mencionan que dicho producto fue utilizado por primera vez en EE.. UU.. en el año de 1958 para el control de plagas de productos almacenados y debido a su efectividad, comenzó una era de combate efectivo contra este tipo de insectos perjudiciales. Éste insecticida es el más utilizado para el control de plagas postcosecha, pero está comprobado que los insectos han desarrollado resistencia a este plaguicida (Georghiou *et al.*, 1991).

1.2.7 Manejo agroecológico de plagas.

La agricultura que se practicaba hace más de 40 años era sostenible, si bien los rendimientos no eran muy elevados, la actividad dependía única y exclusivamente de recursos del mismo agroecosistema, como la materia orgánica (ciclaje de nutrientes), control natural de las plagas por la alta presencia de parasitoides y depredadores, así como también la satisfacción del recurso hídrico mediante el agua de lluvia. La producción bajo este enfoque era más segura para la vida del planeta y los seres que lo habitamos, se sembraban diversas especies y variedades de plantas, se establecían cultivos asociados y se efectuaban rotaciones continuamente. Lo último permitía un mejor mantenimiento del recurso suelo, con la incorporación de nitrógeno a partir de la fijación de este nutriente por parte de las plantas de la familia Fabaceae. Las superficies establecidas eran pequeñas y era la familia la encargada de trabajar la tierra la mayor parte del tiempo, aunque en ocasiones especiales se requería mano de obra externa. La agricultura se encontraba estrechamente vinculada con las prácticas ecológicas, lo que se traducía en una reducción del impacto negativo que esta actividad económica pudiese ocasionar (Altieri, 1995, LVC, 2011).

Posteriormente, surgió un movimiento que cambió drásticamente la manera de practicar la actividad agrícola: la revolución verde. Ésta fomentaba la utilización excesiva de insumos. como lo son agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc.), fertilizantes sintéticos, el monocultivo, además la sobreexplotación de los suelos con maquinaria pesada. Lo anterior trajo consigo consecuencias negativas para el ecosistema, se contaminaron grandes cantidades de agua y suelo con sustancias tóxicas, los monocultivos provocaron grandes pérdidas económicas por el daño que indujeron plagas y enfermedades, debido a la uniformidad genética de los materiales, además del impacto negativo que ha traído consigo a la salud humana, al ocasionar enfermedades en las personas que se exponen diariamente a estos productos. Así también, se han compactado los suelos y hecho improductivos, por la alta presencia de

moléculas presentes en el mismo que afectan el crecimiento de las plantas. Por último, el alto impacto que ha provocado el abuso de este sistema de producción al aumentar drásticamente la emisión de gases de efecto invernadero, situación que ha desencadenado el desgaste de la capa de ozono y generado a su vez el cambio climático (LVC, 2010; Altieri, 2013).

En la actualidad se produce el alimento suficiente para satisfacer la demanda mundial de alimentos de la población estimada para el año 2050 (9,000 millones de personas), lo que sugiere que el interés en este momento no es aumentar la producción sino efectuarla con un enfoque sostenible. Considerando que los pequeños productores en las zonas rurales trabajan el 30% de la tierra disponible para el cultivo de plantas y producen más del 50% de alimentos, es importante implementar en estas comunidades algunas prácticas que nos permitan garantizar el disfrute de los recursos a las futuras generaciones, lo anterior se puede conseguir mediante la implementación de la agroecología (Altieri, 2013).

La agroecología es considerada una ciencia aplicada que se cimenta en principios ecológicos, con la finalidad de mejorar las acciones de manejo, haciendo más sustentable la actividad para el pequeño y mediano productor. Específicamente unifica el conocimiento científico moderno con el conocimiento empírico y tradicional del campesino, para impulsar la actividad agrícola mediante el uso racional de los recursos presentes en la región, conservando la biodiversidad y protegiendo al medio ambiente. Esto mediante la implementación de diversas estrategias, como: la reducción del uso de maquinaria pesada, incorporación de la materia orgánica a los suelos, gestión eficiente del agua mediante agricultura de conservación, utilización de variedades con resistencia genética y el reemplazo de los plaguicidas químicos por biopreparados elaborados a base de plantas regionales que permitan manejar adecuadamente la población de insectos plaga y agentes fitopatógenos, así como también que permita la conservación de los enemigos naturales (López y Llorente, 2010).

1.2.7.1 Uso de variedades con resistencia genética.

1.2.7.1.1 Mejoramiento genético.

Desde tiempos ancestrales, con el inicio de la actividad agrícola, el hombre se ha preocupado por incrementar la calidad y rendimiento de los cultivos que establecen. En un principio buscaban obtener mejores frutos mediante la selección de las semillas de las plantas con características más adecuadas (tamaño, color, sabor de la fruta, resistencia a plagas) para posteriormente sembrar dichas estructuras y obtener los mismos resultados (Nakayama *et al.*, 2018).

Actualmente, dicha actividad es denominada “Mejoramiento genético vegetal” o “fitomejoramiento”, se le define como una ciencia y rama auxiliar de la agronomía que se encarga de la manipulación y modificación de la información genética contenida en las plantas para la obtención de variedades o híbridos de plantas cultivadas para beneficio del ser humano (Camarena *et al.*, 2012). La finalidad principal de esta disciplina es la resistencia de las plantas a factores abióticos, entre los que destacan: inundaciones, sequía, salinidad, altas y bajas temperaturas, y bióticos, como lo son: enfermedades y plagas (Cornide, 2001; Martínez *et al.*, 2018).

1.2.7.1.1.1 Resistencia a plagas.

A lo largo de la historia, se han documentado un sinnúmero de casos referentes a la capacidad que tienen los insectos de alimentarse de las plantas en el campo y de las mismas cosechas, afectando de esta manera la calidad y rendimiento del producto final que busca obtener el hombre. Tal situación, repercute de manera negativa en la calidad de vida de las personas al afectar sus ingresos económicos, alimento y otros productos derivados de las plantas (textiles, medicinales). Ante esta situación, se han llevado a cabo investigaciones para detectar y obtener plantas resistentes al ataque de estos organismos (Granados y Paliwall, 2001).

De acuerdo a Granados y Paliwall (2001), la resistencia de las plantas a los insectos hace referencia a “la cantidad relativa de elementos heredables de las plantas que influyen sobre el daño hecho por los insectos”. Así mismo, propusieron categorías para evaluar el grado de resistencia de un cultivar a un insecto en específico en campo, a continuación, se define cada una de ellas:

Inmunidad: se refiere a aquella planta que no llegará nunca, bajo ninguna condición a ser consumida o dañada por un insecto en específico.

Resistencia moderada: es la que posee un nivel de resistencia intermedio al ataque de algún insecto.

Baja resistencia: es aquella variedad que es fácilmente infestada y el nivel de daño ocasionado por la plaga está levemente por encima del promedio.

Susceptibilidad: es aquel cultivar que sufre daños considerablemente superiores al daño promedio ocasionado por un insecto.

Alta susceptibilidad: es alusivo a aquellas variedades que manifiestan el nivel más alto de daño ocasionado por un insecto en comparación con los demás cultivares.

La utilización de variedades que muestren altos niveles de resistencia al daño ocasionado por insectos se encuentra entre las principales estrategias del manejo agroecológico de plagas (López y Llorente, 2010), además es considerado un aspecto importante dentro de las características agronómicas deseables de las variedades a liberar dentro de los programas de mejoramiento genético (Velásquez, 2013).

1.2.7.1.1.1 Mecanismos de resistencia.

En 1951, Painter delimitó tres categorías o mecanismos de defensa de la planta ante el ataque de una plaga, estas son la antixenosis, antibiosis y tolerancia.

Antibiosis: es el mecanismo que representa las características físicas o químicas de las plantas, que afectan la biología del insecto y puede provocar efectos letales o subletales (debido a la presencia de alomonas o ausencia de kairomonas). Puede estar vinculada con factores químicos, como proteínas o bien, la secreción de metabolitos secundarios, tales como: alcaloides, ácidos orgánicos y quetonas (toxinas) o enzimas, por ejemplo, la alfa-amilasa, tripsina y proteasas (inhibidores) y entre ellos proteínas, y la presencia de tricomas y deposiciones de sílice en hojas y tallos que afectan el desarrollo y reproducción de los insectos, es ejemplo de este tipo de mecanismo (Painter, 1951; Vallejo y Estrada, 2002).

Tolerancia: se refiere a las características genéticas presentes en las plantas que permiten que estas soporten una población de insectos que normalmente afecta a una variedad susceptible sin disminuir los rendimientos (Painter, 1951; Granados y Paliwal, 2001).

Antixenosis: incorpora aquellas características que provocan que las plantas no sean preferidas por el insecto. Ciertas propiedades químicas como la presencia de sustancias repelentes (terpenos y aceites) o atrayentes (alcaloides, flavonoides, fenoles, etc.), o bien físicas como: la dureza y/o serosidad de los tejidos y presencia de tricomas que inducen al insecto a que este acepte o rechace la planta como un hospedero, el cual puede utilizar para su oviposición, refugio y alimentación (Painter, 1951).

1.2.7.1.1.2 Criterios para la evaluación de variedades resistentes.

A lo largo de los años, los genetistas han innovado en cuanto a la aplicación de métodos ingeniosos para el mejoramiento de los cultivos, enfocándose de manera puntual en el rendimiento de las variedades, situación que ha provocado que muchas de aquellas que han sido liberadas, no tengan un nivel adecuado de resistencia a algunas plagas importantes que lo afectan. Debido a esta situación, es necesario abocarse a identificar esa característica en los nuevos materiales, para obtener de ésta manera

una planta estable, balanceada y superior no sólo en rendimiento (Guevara, 1966).

El nivel de resistencia de una variedad puede ser determinado al compararse con otras que muestran mayor susceptibilidad al ataque de una plaga en específico, lo que resulta en un esquema de clasificación de grados o niveles de resistencia/susceptibilidad que suelen ser muy subjetivos (Menéndez, 1977).

La estimación de la resistencia, como alternativa de control de plagas se puede llevar a cabo mediante la revisión de los siguientes parámetros (Cardona y Kornegay, 1989):

- Mortalidad de larvas (L1).
- Hembras con baja producción de huevecillos.
- Insectos de tamaño y peso reducido.
- Tiempo promedio de desarrollo (huevo-adulto).
- Alargamiento del estado larvario en variedades resistentes.
- Tiempo de vida del adulto.
- Mortalidad en estado de pupa.
- Anormalidades en la conducta y fisiología del insecto.

Cabe mencionar que la expresión de los niveles de resistencia va a depender de la interacción de la planta (variedad) y el insecto plaga (biotipo). Además de estos dos aspectos, el factor ambiental juega un papel importante en el desarrollo de los dos primeros, situación que puede inducir una mayor resistencia o susceptibilidad en la planta o producto cosechado (Guevara, 1966).

1.2.7.1.1.1.3 Resistencia de materiales de frijol al ataque del gorgojo pardo.

Los brúquidos ocasionan cuantiosas pérdidas en los granos de frijol, disminuyendo su calidad, por lo cual, se han implementado diversas acciones para la generación de información referente al nivel de resistencia

o susceptibilidad de las variedades presentes en el mercado y a la generación de nuevos cultivares con mejores indicadores. En 1978, se inició la búsqueda de fuentes de resistencia, al analizarse más de 8,000 variedades, concluyendo de forma generalizada que no se encontraron niveles aceptables en los materiales (Schoonhoven y Cardona, 1982). Posteriormente, entre 1981 y 1982, se llevó a cabo un estudio de rutina, en el cual se evaluaron 380 cultivares, determinándose un nivel muy alto de resistencia para las dos especies principales de gorgojos que dañan a esta leguminosa. Específicamente 12 materiales fueron identificados como resistentes al daño de *Zabrotes subfasciatus* y 14 al ejercido por *Acanthoscelides obtectus*. Se ha concluido que el mecanismo responsable de este fenómeno para ambas especies es la antibiosis (Schoonhoven *et al.*, 1983).

En otro estudio se evaluaron aproximadamente 200 materiales mexicanos de frijol y los resultados indican que el 65% son resistentes, el 19.5% de resistencia intermedia y 15% catalogados como susceptibles. Dichos resultados suponen la existencia de germoplasma de frijol nativo de México útil para las labores de mejoramiento genético del cultivo, lo que permitirá generar materiales con buena respuesta al ataque de los gorgojos (Serrano *et al.*, 1983).

Así también se ha identificado a la testa como otro elemento que confiere cierta resistencia a los cultivares, ya que funciona como barrera física, aunque también se ha establecido que su porcentaje de participación es muy bajo. Lo anterior, se puede comprobar con estudios en donde se retira esta estructura y los insectos atacan y perjudican al frijol frijol en niveles muy similares a las que no se les ha retirado, esta situación supone que la resistencia es de origen químico y se encuentra asociada a los compuestos presentes en los cotiledones de la semilla (Cardona *et al.*, 1989).

En otras investigaciones, se han evaluado otras especies del género *Phaseolus*, como la realizada por Valencia (2006), quien analizó la respuesta

de genotipos de *P. acutifolius* al ataque de *A. obtectus*, las hembras mostraron un efecto antibiótico fuerte, hasta el grado de ocasionar efectos subletales, lo que provocó un considerable decrecimiento de la población del insecto. Para el caso de *P. lunatus*, se registró un efecto mayor de antibiosis en los estados inmaduros.

En estudios más recientes, Vera *et al.* (2011), determinaron la resistencia de la variedad de frijol "OTI", que es un material de Colegio de Postgraduados, mediante los parámetros poblacionales de *A. obtectus*, con base en la metodología de tablas de vida y fertilidad y llegaron a la conclusión de que el material es resistente al ataque del gorgojo debido a la poca capacidad de incremento en la tasa de reproducción neta y el tiempo de generación. Mientras que Vera y Cruz (2016) estudiaron el nivel de resistencia en 6 cultivares: Blanco Tabasco, Rayado Rojo y Línea Élite No. 4, Flor de Mayo y Pinto Durango, y encontraron que estas dos últimas variedades muestran un alto nivel de resistencia al ataque del gorgojo pardo, ya que se mostró una mayor cantidad de larvas muertas, debido al efecto antibiótico inducido por los compuestos de dichas semillas, lo que a su vez impactó en una disminución en la esperanza de vida de los insectos que se desarrollaron en dichos genotipos.

1.2.8 Utilización de extractos vegetales con potencial insecticida.

Las plantas poseen metabolitos secundarios que les confieren naturalmente defensas ante el ataque de plagas, si bien esas sustancias no tienen un rol o alguna función vital para la planta, son importantes, ya que constituyen el origen de los mecanismos defensivos (Schoonhoven, 1981). Harbone (1993) menciona que se han recopilado 3000 metabolitos secundarios a partir de plantas que poseen actividad biológica, como alcaloides, aminoácidos no proteicos, estereoides, fenoles y taninos, de las que se encuentran reportadas sus funciones biológicas, entre las que destaca, por su importancia en el ramo agrícola, las propiedades que le

confieren a la planta para evitar y disminuir el daño por plagas insectiles (Coats, 1994).

Los extractos vegetales son productos elaborados a partir de plantas, de las cuales se extraen metabolitos secundarios. Las técnicas para llevar a cabo dicho proceso son muy variadas, algunas de ellas son las tisanas, maceración, infusión, en donde se utilizan diferentes tipos de solventes, como lo son agua, etanol, metanol, etc. La calidad y concentración de los compuestos activos está influenciada directamente por la estación, ubicación, edad y etapa fenológica de la planta a utilizar para la preparación del extracto. El ingrediente activo del material vegetal, por lo regular se encuentra en mayor proporción en un órgano específico, aunque frecuentemente se utilizan hojas, flores y semillas (Gutiérrez, 1988).

Los extractos de plantas son sustancias naturales de acción específica, biodegradables, activas a pequeñas dosis, de nula o baja toxicidad para otro tipo de organismos y el medio ambiente en general (Rodríguez *et al.*, 1999; Camarillo, 2007). Su modo de acción radica en los efectos subletales que inducen los metabolitos secundarios en los insectos, como la regulación del crecimiento, inhibición de la alimentación y repelencia. Estos productos aplicados sobre plagas agrícolas poseen efectos positivos en el control de estos organismos por provocarles algunos de esos desordenes (Silva *et al.*, 2002).

Otros beneficios de la aplicación de esta alternativa para el manejo de plagas son el bajo costo de inversión, la amplia disponibilidad de la materia prima y la sencillez de los métodos de preparación, lo que convierte a esta opción muy prometedora para su aplicación por parte de pequeños y medianos productores (Sutherland *et al.*, 2002). En México, algunos científicos han profundizado en la investigación y difusión de estas tecnologías, Lagunes (1993) reportó que de las 430 especies vegetales evaluadas durante el período de 1981-1992, identificó 157 que manifestaron resultados favorables, al representar opciones potenciales para el manejo

de plagas en la agricultura de subsistencia. Son muchas las investigaciones que respaldan el efecto insecticida algunas plantas, en cualquiera de sus presentaciones: polvo, ceniza, extractos de algunas partes o plantas completas. Las especies más sobresalientes, de acuerdo a Rodríguez (2000) son el estafiate *Artemisia* spp., la higuera *Ricinus communis* L, el paraíso *Melia azedarach* y el nim *Azadirachta indica* Juss.

A continuación, se describen las ocho plantas que serán evaluadas y que se encuentran ampliamente distribuidas en el Noroeste del país.

1.2.8.1. Batamote *Baccharis glutinosa* Pers.

En México *B. glutinosa* es llamada Chilcan ka' o chilca en el dialecto indígena, pero es mejor conocida como batamote o jarrilla. Es una planta de la familia Asteraceae que crece como maleza en ambientes húmedos, específicamente arroyos y canales (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

1.2.8.1.1 Descripción botánica.

El batamote (*B. glutinosa*) es un arbusto erecto de 0.8 a 2 m de altura o más. Los tallos son cilíndricos, leñosos y glabros; las hojas son oblongas o estrechamente elípticas, de 5.5 a 12 cm de largo por 0.1-1.5 cm de ancho; de ápice acuminado y márgenes levemente dentado. Por lo regular forman fascículos, al presentarse acumuladas en las axilas de las hojas; las flores masculinas presentan involucre semiacampanado, de 5-7 mm de alto por 3.5 a 6 mm de ancho, brácteas triseriadas, oblongo-lanceoladas, algunas veces estrechamente lanceoladas a oblanceoladas, pudiendo ser agudas o acuminadas, uninervadas, levemente ciliadas, de color morado y con 24-41 flores blanquecinas, rara vez con 1-6 flores femeninas marginales, con corolas que van miden 4.5-7 mm de largo, presentan nervación poco visible. Mientras que las flores femeninas se caracterizan por poseer involucre acampanado a casi cilíndrico, de 5.5-7 mm de altura por 6 mm de ancho,

sus brácteas se encuentran dispuestas en 4 series, son lanceoladas-oblanceoladas, van desde agudas a acuminadas, levemente uninervias, ciliadas y de color verde-morado, de 124-210 flores, las corolas son de 2.5-3.5 mm de largo, son de tonalidad blanquecina y sin nervación aparente; por último, los aquenios van de 1.5-5 mm de largo, de coloración café olivo, compuestos de 5-10 costillas, las cuales son conspicuas y semigranulosas (CONABIO, 2009a).

1.2.8.1.2 Origen y distribución

Baccharis glutinosa es una planta originaria de América, nativa de México, la cual se encuentra ampliamente extendida desde el suroeste de Estados Unidos hasta Sudamérica. Su hábitat natural son las orillas de arroyos y ríos, pero además se comporta como maleza en las orillas de las parcelas y canales de riego, según Villaseñor y Espinosa (1998) su presencia en nuestro país se ha registrado en los estados de Nayarit, Jalisco, Estado de México y Distrito Federal.

1.2.8.1.3 Usos e importancia económica.

Las plantas del género *Baccharis* se han aprovechado en la medicina tradicional en el tratamiento de dolores corporales asociados a contusiones e inflamaciones, así también se ha explotado su efecto antimicrobiano y desinfectante, dichas bondades son atribuidas a la presencia de una gran diversidad de compuestos presentes en las mismas, algunos de ellos son flavonoides, diterpenos y tripterenos (Verdi, 2005; Martínez *et al.*, 2010).

Específicamente en nuestro país, se colectan las hojas de *B. glutinosa* para la preparación de infusiones, con la finalidad de tratar trastornos ginecológicos, digestivos y dermatológicos (Singh, 2006).

1.2.8.1.4 Actividad biológica.

Se ha determinado la actividad antimicrobiana de *B. glutinosa* sobre *Microsporum canis*, *Microsporum gypseum*, *Trichophyton tonsurans*, *Epidermophyton floccosum*, *Sporotrix schenckii*, *Nocardia asteroides*, *Nocardia brasiliensis*, *Listeria monocytogenes* y *Clostridium perfringens* y *Proteus vulgaris* (Verástegui, 1996). En otro estudio se corroboró su actividad antifúngica mediante la aplicación extractos etanólicos, al inhibir el crecimiento de los hongos: *Penicillium expansum* y *Fusarium poae* en un 85.7 y 79.6%, respectivamente. Mientras que los extractos metanólicos de la misma especie provocaron la inhibición de *F. poae* y *F. moniliforme* en un 66.6 y 53.7% (Tequida *et al.*, 2002).

El uso del extracto de batamote ha sido extendido a la protección de granos almacenados, Nava *et al.* (2010) concluyeron que la utilización del extracto caliente y frío, de hoja y raíz, a dosis de 1 g/100 ml de agua, resultaron prometedores en el manejo del gorgojo pardo del frijol, induciendo la reducción de la emergencia de la F1 en un 50% y provocando un índice de mortalidad que osciló entre el 86.67-93.33% a los 9 días posteriores a la aplicación de los tratamientos.

1.2.8.2 Eucalipto *Eucalyptus globulus* Labill.

Eucalyptus globulus se recolectó en 1792 y fue descrita en 1799 por Jaques Huilien Houtton de Labillardiere. Esta planta se conoce como eucalipto común o eucalipto azul, pertenece a la familia Myrtaceae, misma que comprende más de 700 especies de eucaliptos (La Billardiére, 1799; Fernández, 1982).

1.2.8.2.1 Descripción botánica.

Eucalyptus globulus es un árbol esbelto, que mide hasta 75 m de altura y 2 m de diámetro de tronco en condiciones naturales, su corteza es blanquecina, gris-azulada o verdosa y es fácil desprenderla. Presenta

dimorfismo foliar, las hojas juveniles son ovadas-lanceoladas, sésiles, de tonos verdes y glaucos, las hojas adultas son lanceolado-falciformes con largos peciolo con una tonalidad verde oscura. Los frutos tienen forma de cápsula con 4 caras, a modo de pirámide invertida, se presentan de forma aislada y sin pedúnculo (La Billardiére, 1799; Paiva, 1997).

1.2.8.2.2 Origen y distribución

El origen del eucalipto se ubica en la región comprendida por Tasmania y Australia. El primer registro de este árbol en la Península Ibérica se remonta al año de 1929 en Portugal. Actualmente se reconoce la presencia del eucalipto en más de 90 países, en zonas tropicales principalmente, en menor medida en zonas subtropicales y templadas (Eldridge *et al.*, 1993). Según Pardos (2007), en los dos últimos siglos se ha ido extendiendo su establecimiento, llegando a Sudamérica (Chile, Argentina y Uruguay), Asia (China e India), África (Sudáfrica) y Europa (España y Portugal), esta dispersión se encuentra asociada a la alta capacidad de la especie para sobrevivir en condiciones ecológicas adversas (ENCE, 2006).

1.2.8.2.3 Usos e importancia económica

El eucalipto se establece en plantaciones forestales para obtener madera, ya que esta es importante por la densidad, proporción de pulpa, longitud de las fibras y su contenido de lignina y celulosa que la convierten en una materia prima indispensable para la fabricación de pasta de papel (Raymond, 2002; FAO, 2011). La madera se utiliza a nivel mundial, pero se prevé que en el futuro las plantaciones de diversas especies de importancia forestal no serán suficientes para satisfacer la demanda total de la población, por lo que además de incrementar su superficie de plantación, debe buscarse un rendimiento mayor (Laclau, 2009). Por su parte, Harwood

(2011) reporta que la superficie establecida con plantaciones de eucalipto se ha incrementado a 14 millones de ha de 1990 a la actualidad.

La madera, pulpa y aceites esenciales de *E. globulus* poseen propiedades curativas y especialmente estos últimos son muy utilizados en la medicina tradicional. Dichos aceites son empleados para tratar diversos padecimientos, por ejemplo, resfriados, reumatismos, dolores musculares, además se utiliza como expectorante en pacientes con bronquitis (Ben Hassine *et al.*, 2012; Cermelli *et al.*, 2008) y con congestión de los senos paranasales, funciona como antipirético (Miyamoto *et al.*, 2009).

1.2.8.2.4 Actividad biológica.

Según Baptista *et al.* (2015) de acuerdo a diversos estudios de composición química de los aceites esenciales de eucalipto se ha identificado al 1,8-cineol como el compuesto dominante, pero que también se encuentran otras sustancias en abundancia, como los terpenos, representados esencialmente por α -pineno (hidrocarburo monocíclico); P-cimeno (aromático monocíclico); linalool, terpinen-4-ol y α -terpineol (alcoholes). Son muchas las propiedades que se le atribuyen al aceite de *E. globulus*, tales como: antisépticas, antihiper glucémicas, antiinflamatorias, aromatizantes y antioxidantes (Tyagi *et al.*, 2014). Además, se ha comprobado el efecto antimicrobiano (Miyamoto *et al.*, 2009) e insecticida de los compuestos extraídos de esta planta (Flores *et al.*, 1999).

Respecto a sus propiedades antimicrobianas, Panahi *et al.* (2011) mencionan que las hojas de eucalipto han sido utilizadas por nuestros antepasados en el ejercicio de la medicina antigua, mientras que Vigo *et al.* (2004) sostienen que el aceite esencial de eucalipto es bactericida, fungicida, así también se ha comprobado su eficacia para controlar la tuberculosis y el virus de la rabia en estudios *In Vitro* y se menciona que imposibilita el crecimiento de gérmenes o los elimina prematuramente.

La actividad insecticida del Eucalipto está avalada por un sinnúmero de investigaciones, entre éstas se encuentran las de González *et al.* (2016), quienes demostraron que la aplicación de los extractos de *E. globulus* no tienen un efecto insecticida inmediato y establecieron que dichos productos actúan como fumigantes al inducir un nivel de toxicidad confiable con la aplicación de una dosis de 35 µl, el cual provocó el 82.1% de mortalidad de adultos de picudo del maíz. Además, demostraron que su aplicación inhibe en un 50% la emergencia (F1), disminuye el porcentaje de grano dañado, tiene un efecto repelente y deja intacta la capacidad germinativa de las semillas tratadas. Por otra parte, Reyes *et al.* (2012) probaron la fracción volátil de los aceites esenciales de la misma especie a dosis de 5, 10 y 15 µl a diferentes tiempos de exposición (24, 48 y 72 h) contra el barrenador menor de los granos *Rhyzoperta dominica* (F.) en trigo almacenado y encontraron un 100% de mortalidad en todas las dosis y tiempos, así como también 0 individuos emergidos en las concentraciones media y alta a las 72 h. También observaron que la actividad amilolítica y proteolítica de en las progenies del insecto aumentaron conforme se incrementaron las variables.

1.2.8.3 Gobernadora *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville.

Larrea tridentata, es una planta perteneciente a la familia Zygophyllaceae y es comúnmente denominada gobernadora. Otros nombres comunes para designar a esta planta son: Creosote bush, tasajo, jarrilla y hediondilla, este último nombre debido al fuerte olor que emana (Brinker, 1993). *L. tridentata* es la especie perenne con mayor distribución en las zonas áridas de los desiertos de Mojave, Sonora y Chihuahua (Barbour, 1969). Y se estima que domina la zona que comprende del oeste de Texas hasta la parte sur de California en Estados Unidos en una superficie de aproximadamente 17.5 millones de hectáreas (Dulsber, 1952).

1.2.8.3.1 Descripción botánica

La gobernadora, de acuerdo a la descripción de Shreve y Wiggins (1964) es un arbusto perenne, aromático que desprende un olor a creosoto bajo condiciones de humedad. Su altura puede ser de hasta 4 metros y carece de tronco definido, se observa una gran ramificación desde su base, dichas ramas son abiertas, ascendentes, delgadas y onduladas (Zig-zag), en ocasiones presentan pelillos; la corteza es de color café rojiza en ramas jóvenes y grisáceo en los más viejas, también se muestran nudos oscuros, evidentes y con altos contenidos de resina, lo cual refleja un aspecto articulado. Las hojas son opuestas, con pecíolos que van de ser cortos a casi sésiles. Son compuestas por dos folíolos de figura asimétrica unidos entre sí hacia la base, son puntiagudos, lustrosos y correosos. Además, muestran un color verde-amarillento, presentan pelillos y son de un tamaño de hasta 1 cm, Las flores de esta especie son solitarias y de un diámetro aproximado de 2.5 cm. Están compuestas por 5 sépalos caedizos, por lo regular desiguales que van de 5 a 8 mm de largo; 5 pétalos abovados, cóncavos y con un fuerte angostamiento hacia la base, de apariencia torcida y miden 1.2 cm de largo por 5 mm de ancho, con 10 estambres y filamentos del tipo alado. Respecto al fruto, éste tiene forma de cápsula globosa con 5 lóbulos de coloración blanca o rojiza, mide 6 mm de diámetro y presenta mucha velloso (Correll y Johnston, 1970), Según Brinker (1993) las raíces de *L. tridentata* miden menos de 1.70 m, pero las ramificaciones que presentan pueden llegar a alcanzar los 4 metros de longitud lateralmente. Ésta última característica permite que el sistema radical sea superficial, de baja profundidad, pero muy extenso, lo que provoca que esta planta necesite grandes espacios para desarrollarse.

1.2.8.3.2 Origen y distribución

Correll y Johnston (1970) sostienen que *Larrea tridentata* es originaria de México y EE.UU., por su parte Lia *et al.* (2001) mencionan que la planta

es de origen sudamericano y que presenta una distribución discontinua. En México, este arbusto cubre gran parte de las zonas áridas del territorio nacional (Belmares *et al.*, 1979), específicamente en los siguientes estados: Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas (Rzedowski y Calderón, 1988; Rzedowski y Huerta, 1994).

1.2.8.3.3 Usos e importancia económica.

A lo largo del tiempo, se han confirmado muchas de las bondades de la gobernadora, debido a la presencia de gran cantidad de compuestos activos, entre ellos, el principal es el ácido norhidroguaiarético (NDGA). Lo anterior ha provocado que se le atribuyan una gran diversidad de usos, entre los destacan su aprovechamiento en la industria alimentaria, farmacéutica y de la medicina tradicional. Así también se ha utilizado para la elaboración de productos biorracionales para el manejo de plagas y enfermedades de los cultivos. Asimismo, se ha utilizado como materia prima para la elaboración de jabón, todo lo anterior realizado con previas observaciones y experiencias adquiridas por la comunidad indígena que habita en las zonas donde se desarrolla dicha vegetación (Pérez, 2003). Por otra parte, se han realizado estudios en los que se han determinado sus propiedades como, colorante y forraje. Y también, aun cuando no de manera frecuente, es utilizada como planta ornamental. Aunque la mayor importancia de *L. tridentata* es su rol dentro del ecosistema, al aminorar la progresiva degradación del suelo en zonas áridas (CONABIO, 2009b).

1.2.5.8.4. Actividad biológica.

Larrea tridentata posee una gran cantidad de compuestos en su resina, destacan por su abundancia los lignanos fenólicos, saponinas, flavonoides y minerales. Siendo el compuesto más importante el NDGA, el

cual se encuentra presente en hojas y tallos, específicamente en la resina de las células cercanas a las capas superior e interior de la epidermis de dichos órganos de la planta. Tales compuestos, también denominados metabolitos secundarios, representan un mecanismo de defensa natural y bioquímico contra herbívoros, hongos, bacterias y otros microorganismos (Seigler *et al.*, 1974; Saldivar, 2003).

Se reconocen propiedades insecticidas en gobernadora, prueba de ello es el limitado hervivorismo que sufre. Esta cualidad ha sido identificada y utilizada para su evaluación como un producto alternativo para el manejo de plagas insectiles (Valesi *et al.*, 1972). Campos (1981) menciona que la efectividad de dichos productos se ha probado en un gran número de insectos que afectan la calidad de los granos almacenados, de manera específica se ha observado un efecto insecticida en el gorgojo pardo (*Acanthoscelides obtectus*), el barrenador grande de los cereales (*Prostephanus truncatus*) y la actividad repelente se ha manifestado con la aplicación del polvo de hoja y flor en el gorgojo pinto (*Zabrotes subfasciatus*). Por su parte, Araya (1993) demostró la alta eficacia del polvo de *L. tridentata* al 1% en costales de frijol al obtener una larga protección de la semilla contra el ataque de *A. obtectus*.

Se han realizado una gran cantidad de estudios para probar la actividad fungicida del *L. tridentata* y se ha comprobado su eficacia sobre los hongos fitopatógenos. Las primeras investigaciones corrieron a cargo de Fernández *et al.*, (1979) en donde se logró controlar mediante extractos crudos de cloroformo y etanol a *Rhizoctina solani* Kuhn, *Pythium* sp. y *Rhizopus nigricans* Ehrenb y para el caso de *Fusarium oxysporum* Schlechtend, con la dosis de 1,000 ppm de los extractos clorofórmico y etanólico se obtuvo un 76 y 93% de inhibición, respectivamente. En otro trabajo, Rivera *et al.* (2001) demostraron que los extractos de gobernadora a una dosis de 500 mg/ml inhiben al 100% al hongo *Tilletia indica*, agente causal del carbón parcial del trigo.

Respecto a su efecto bactericida, Brinker (1993) establece que el efecto de los extractos de gobernadora ha inhibido *In vitro* a las bacterias causantes de las siguientes enfermedades: paratifoidea, ántrax, fiebre escarlata, nocardiosis, neumonía lobar, infecciones en heridas, del tracto respiratorio, urinarias y caries. Cabe mencionar que aún no se comprobado su efectividad *In vivo*, pero es muy probable que se tenga un efecto positivo, pero aún falta más investigación con relación a esto. Además, se han obtenido resultados positivos al evaluar dicha planta bajo la misma modalidad contra bacterias fitopatógenas como *Erwinia atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum* (Velásquez, 1983).

1.2.8.4 Tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham.

Nicotiana glauca, comúnmente llamada tabaquillo, es una maleza de la familia Solanaceae, de ciclo perenne, cosmopolita y se encuentra adaptada a condiciones ambientales adversas (Hernández, 1981). Otros nombres que se utilizan para referirse a esta planta son: hierba de zopilote, tabaco silvestre, álamo loco, tecote, tabaco amarillo, palo virgen, etc. (Martínez, 1979).

1.2.8.4.1 Descripción botánica.

El tabaquillo es un árbol de porte pequeño, perteneciente a la familia Solanaceae. Mide de 2 a 5 metros de altura, posee ramas abundantes y presentan hojas con pecíolos largos de 3-12 cm de longitud, glaucas, aovadas o elípticas, subcarnosas, que van de 5-15 cm; flores numerosas y pedicelos de 3-4 cm y 3-10 mm, respectivamente; corola de tipo tubular, amarilla y con pubescencia suave. El cáliz es acampanado, de 10-15 mm de largo, con 5 dientes triangulares cortos. La floración ocurre en los meses que comprenden la temporada primavera-otoño y fructifica en época de verano. El fruto es una cápsula ovoide incluida en el cáliz, de aproximadamente 1

cm de largo, que contiene numerosas semillas de color pardo e interior reticulado (Villarreal, 1983; Alonso, 2007).

1.2.8.4.2 Origen y distribución.

N. glauca es una especie exótica oriunda de Sudamérica, específicamente del Noroeste de Argentina (Goodspeed, 1945) y a partir de este lugar ha colonizado varias regiones del mundo, hasta alcanzar una distribución cosmopolita. Se ha registrado su presencia desde el nivel del mar hasta los 3600 m en Bolivia y hasta 2400 msnm en México. Lo anterior debido a la gran plasticidad y adaptación que presenta la especie a ambientes extremos, prueba de ello son su desarrollo en terrenos de baja fertilidad, condiciones de escasa humedad y tolerancia de heladas de -7 °C. Esta planta se ubica en una gran diversidad de hábitats, como lotes baldíos, bordes de caminos y sitios pedregosos (Lunyeva *et al.*, 1970; Hernández, 1981).

Según Villaseñor y Espinosa (1998), el tabaquillo se encuentra ampliamente distribuido en nuestro país, en los estados de Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz.

1.2.8.4.3 Usos e importancia económica.

El uso de *N. glauca* es limitado, se reconocen pocas propiedades medicinales, se utiliza para tratar dolores en forma de cataplasma, así también para la descongestión de las vías respiratorias mediante su inhalación. Debe tenerse cuidado con su consumo, resulta altamente tóxico para animales domésticos. Y ocasionalmente es cultivado con finalidad ornamental (Mondragón, 2009).

Respecto a su importancia económica, el tabaquillo es considerado una maleza que ocasiona pérdidas importantes en el cultivo de nogal (Villaseñor y Espinosa, 1998).

1.2.8.4.4 Actividad biológica.

Se han detectado un gran número de metabolitos secundarios en plantas del género *Nicotiana*, entre ellos se encuentran los alcaloides: anabasina, anabaseina, anatabina, anatabina-metil, anatabina, miosmina, nocoteína, iso-nicotellina, nicotina, nor-nicotina, nicotirina, pirrolidina, n-metil pirrolidina (Raffauf, 1970). De estos compuestos, los principales y más tóxicos presentes en *Nicotiana glauca* son la nicotina y la anabasina, siendo ésta última la más agresiva, es un isómero de la nicotina y se encuentra a mayor concentración en las hojas (Ragoneze y Milano, 1984; Barboza *et al.*, 2006). Los estudios realizados respecto a esta planta se enfocan en su utilización como fitorremediador de suelo (Delfino *et al.*, 2003), nematocida (Chango, 2018) e insecticida (Cruz, 1997).

López (2006) sustenta que la planta de tabaquillo es una alternativa en el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados, debido a que genera una gran cantidad de biomasa, lo que la convierte en un fuerte extractor de sustancias en el suelo. Aunado a lo anterior ha sido catalogada como una planta que presenta gran tolerancia a terrenos áridos y condiciones extremas, lo cual garantiza el éxito de su establecimiento. Además, los alcaloides que produce *N. glauca* funcionan como insecticida, situación que impide la alimentación de herbívoros y por lo tanto la intoxicación de la cadena alimentaria. Prueba de lo anterior es el trabajo de Ortega (2009), en el que se probó la fitorremediación de los metales con dicha especie y se concluyó que al final de la etapa de crecimiento de la planta, ésta retuvo el 17% de la concentración inicial de Cadmio (299 mg kg⁻¹).

Jaramillo (2018) demostró la propiedad de nematocida del tabaquillo, en este trabajo se evaluó bajo condiciones de laboratorio, el aceite esencial de *Brassica carinata*, *Ricinus communis* y *Nicotiana glauca* al 1% de concentración y dosis de 300, 300 y 500 µl para el manejo de nematodos del género *Meloidogyne*. Los resultados fueron consistentes, el extracto de *N. glauca* a la dosis de 500 µl indujo una mortalidad del 77.33% a las 48 horas de exposición, lo anterior supone un efecto potencial de la aplicación de éste producto en condiciones de campo.

En cuanto al manejo de insectos plaga, García *et al.* (2019) evaluaron 4 concentraciones: 0, 12.5, 25 y 50 ml del extracto vegetal de *N. glauca*, utilizando como solventes, de manera separada, el acetato de etilo (AcOEt) y el metanol para controlar a *Sitophilus zeamais*. Los resultados indican que con la utilización del extracto de AcOEt, a mayor concentración, mayor efectividad repelente, situación que no ocurre con el extracto metanólico, ya que, en este último, la situación es inversa, dosis menores muestran un mayor efecto. Los autores concluyen con la recomendación de ambos extractos como repelentes para el manejo del picudo del maíz. De igual forma, Pérez *et al.* (2020) probaron la eficiencia del extracto duro de tabaquillo a una concentración de 50% p/v para el manejo de la plaga del rábano *Ascia monuse* L., y obtuvieron un 32% de mortalidad del insecto con su aplicación.

1.2.8.5 Cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc.

La familia Rhamnaceae comprende 11 géneros, entre los que destaca *Karwinskia*, siendo la cacachila *K. humboldtiana* la más importante debido a la amplia área de distribución y poblaciones numerosas que comprende (Fernández, 1992). Es considerado un arbusto venenoso y recibe otros nombres, de acuerdo a la región, tales como: tullidora, coyotillo, capulín tullidor, cacatsin y capulincillo (Marínez, 1944).

1.2.8.5.1 Descripción botánica.

K. humboldtiana es una especie semiarbusciva que mide aproximadamente 1 m de altura, pero en sitios boscosos, llega a alcanzar hasta los 8 m y un diámetro de 20-30 cm. Posee hojas simples, enteras, que van de ovals a elípticas, pecioladas y de ápice redondeado, su limbo es de tipo penínervio, el cual por el envés presenta manchas glandulares, oscuras y translúcidas conforme al trayecto de las nervaduras; miden alrededor de 6-6.5 cm de largo por 4-4.5 cm de ancho y se observa en la inserción de los pecíolos pequeñas estípulas caducas. La flor tiene un color blanco o blanquecino-verdoso, el cáliz se aprecia más desarrollado que la corola y se encuentra formando un perigonio; los pétalos son conspicuos y de apariencia atrófica, se endurecen al inicio de la fructificación. Tanto en los pétalos (5) como en los sépalos (5) del perianto se aprecian también manchas glandulosas y oscuras. El tipo de ovario es súpero, biloculado, el cual contiene en su interior 2 óvulos, de manera frecuente uno es atrófico o abortivo. Presenta estilo pequeño y estigma bi o tribulado. Por lo regular, la etapa de floración en esta especie se ubica en los meses de abril y mayo, aunque pueden existir variaciones, principalmente en zonas semidesérticas. Por último, el fruto es una drupa esférica de color rojo oscuro y mide cerca de 1.5 cm de diámetro, presenta epicarpio delgado, mesocarpio pulposo y dulce, endocarpio endurecido, en forma de huesecillo, que alberga de una a dos semillas dentro (Standley, 1923; Fernández, 1988).

1.2.8.5.2 Origen y distribución.

La cacachila es una planta originaria de México, fue descrita por primera vez en el siglo VIII por el sacerdote jesuita Francisco Javier Clavijero en su libro titulado: "Historia de la Antigua o Baja California" (Clavijero, 1982). *K. humboldtiana* tiene gran capacidad de adaptación, puede prosperar en condiciones y zonas geográficas muy diversas, se le ha ubicado en regiones de bosque tropical caducifolio, bosque de encino, matorral y pastizal, en

altitudes que van de los 250 a los 2200 msnm. Actualmente, se encuentra distribuida en casi todo el territorio nacional, el Suroeste de Estados Unidos y en gran parte de Centro América (Fernández, 1992).

1.2.8.5.3 Usos e importancia económica.

Respecto al uso de *K. humboldtiana*, es muy diverso, aunque no muy difundido. Se reporta el consumo de la pulpa presente en el fruto de la cacachila por su sabor agradable y azucarado, aunque se menciona que, en el siglo XVIII, la ingesta de sus semillas provocó el envenenamiento de personas y animales (Clavijero, 1982). Por otra parte, se ha registrado la utilización de la tintura de las hojas como anticonvulsionante para el tratamiento de tétanos, la infusión de hoja se usa para el lavado de heridas infectadas y la raíz cocida se emplea como antídoto para combatir la intoxicación por consumo accidental de su semilla (Aguilar y Zolla, 1982). Se le atribuye actividad antiespasmódica, por lo que se ha utilizado contra la rabia. Mientras que la corteza, es cosechada y empleada como laxante en las zonas áridas de México (Fernández, 1989; Fernández, 1992). Así también, Domínguez *et al.* (1976) comprobaron el éxito del consumo de la infusión de hojas y raíces como remedio tradicional para tratar la neuralgia y el dolor de muelas. Y además sustentan que el empleo de infusiones elaboradas a partir de las partes aéreas de la tullidora es recomendable para personas con problemas de epilepsia. Por último, Fernández (1988) manifiesta que es común en la medicina popular, el uso de hojas cocidas para aminorar la fiebre e inducir el vómito.

1.2.8.5.4 Actividad biológica.

El principio activo de la cacachila, se ubica principalmente en las semillas y lo constituye la presencia de 4 toxinas que, según su peso molecular, fueron denominadas como: T-496, T-514, T-516 y T-544, las

cuales fueron consideradas en el ámbito científico como neurotoxinas y que posteriormente las ciencias químicas clasificaron como compuestos antracénicos (Dreyer *et al.*, 1975). Además, se ha reportado la presencia de las toxinas T-516 Y T-544 en la raíz (Domínguez *et al.*, 1976), mientras que en las hojas se ha registrado la T-496 (Guerrero *et al.*, 1987).

La presencia de tales compuestos convierte a *K. humboldtiana* como una planta tóxica en humanos y en ganado, principalmente caprino (Bermudez, 1989). Prueba de lo anterior es la desgracia sucedida en 1918 en Guaymas, Sonora, en donde alrededor de 106 soldados de la División del Norte sufrieron una intoxicación por el consumo de frutos completos de tullidora y aproximadamente el 20% falleció, el dictamen fue que la muerte se provocó por la lesión de los nervios periféricos, sin observar daño alguno en el cerebro, meninges y médulas (Castillo, 1920). En otras investigaciones, se sostiene que el cuadro neurológico de la intoxicación con esta especie consiste en parálisis flácida, progresiva, simétrica y ascendente, que comienza espástica y posteriormente se torna flácida, además se presenta hiporreflexia teadinsa, la cual es poco o nada dolorosa. No se pierde sensibilidad a estímulos como el dolor, tacto o temperatura. En algunas ocasiones, los síntomas se suelen acompañar de vómito, diarrea y signos de infección en vías respiratorias superiores. La severidad del cuadro depende directamente de la cantidad y actividad del fruto consumido, cuando el paciente logra sobrevivir, el período de recuperación es largo, va de 6 meses a un año y progresivamente van desapareciendo los síntomas (Padrón, 1951; Bustamante, 1978; Arellano, 1994).

Además de lo anterior se ha probado el efecto antifúngico de la cacachila, éste fue demostrado por Tequida *et al.* (2002), quienes evaluaron en laboratorio, el extracto alcohólico de tallo y hojas de *K. humboldtiana* al 6% para el control de hongos presentes en los granos almacenados y concluyeron que el tratamiento es efectivo para el manejo de *Aspergillus niger* al inducir una inhibición del 52% en el crecimiento del hongo.

1.2.8.6 Paraíso *Melia azedarach* L.

Melia azedarach es un árbol de la familia Meliaceae y de origen asiático, comúnmente conocido como paraíso, el cual ha sido ampliamente difundido en nuestro país por su importancia forestal y ornamental (Coto y Torres, 1999). También es reconocido por los siguientes nombres: canela, canelo, piocha, cinamón, granillo, lila y pioch por mencionar algunos (Martínez, 1979; Rzedowski y Germán, 1993).

1.2.8.6.1 Descripción botánica.

El paraíso es un árbol de que rebasa los 15 m de altura y posee un diámetro de 40 cm. Sus hojas son caducas, alternas, pecioladas, por lo general bipinnadas con numerosos folíolos opuestos, glabros, ovados y aserrados. Las flores son violáceas, hermafroditas, pediceladas y dispuestas en inflorescencia tipo panícula de crecimiento axilar, miden de 10-20 cm de largo, mientras que los pedicelos son finos y son de 1.5 mm de largo, mientras que el cáliz está conformado por 5-6 sépalos, piloso-glanduloso en el envés y glabros o semiglabros en el haz. También, presenta estambres monadelfos, anteras de glabras a casi glabras y un pedicelo floral con pelos subestrellados. El fruto es una drupa elíptica, globosa, lisa y amarilla que mide de 11-15 mm de largo por 8-12 mm de ancho, presenta endocarpo leñoso. Las semillas son alargadas, miden 7 mm de largo y se encuentran presentes de manera unilocular (Ragonese, 1973; Rzedowski y Germán, 1993).

1.2.8.6.2 Origen y distribución.

Melia azedarach es una especie de origen exótico, específicamente de la parte Sur y Este del continente asiático y fue introducido a México, Centroamérica y las Antillas por la Península Ibérica en tiempos de la conquista. Se distribuye en zonas que van de los 300 a los 1100 msnm, con

frecuencia se le ubica cultivado por el hombre en parques, jardines y huertos familiares, así también se le puede encontrar presente de manera silvestre como parte de la vegetación secundaria del bosque tropical subcaducifolio (Rzedowski y German, 1993; CONABIO, 2009c).

1.2.8.6.3 Usos e importancia económica.

En nuestro país, el árbol de paraíso tiene una gran variedad de usos, entre los que destacan su utilización como planta de sombra y ornato debido a que poseen bellas flores. Asimismo, es usado como planta medicinal, ya que se emplea mediante infusiones de diversas partes de la planta, principalmente de las hojas, para el tratamiento de dolores de estómago, fiebres, diarreas y sarpullido. Se ha identificado un alto contenido de sustancias que resultan tóxicas para animales y personas, situación que se ha aprovechado para su empleo como insecticida. Otros usos menos comunes son la elaboración de bisutería, específicamente collares y pulseras a partir del hueso duro de los frutos (Ardón, 2008; CONABIO, 2009c).

Por otra parte, *M. azedarach* ha sido una especie de importancia económica en México, ya que se ha explotado a nivel comercial como recurso maderable (Rzedowski y Germán, 1993).

1.2.8.6.4 Actividad biológica.

Se han reportado una innumerable cantidad de estudios que avalan una gran diversidad de efectos ocasionados por la aplicación de productos a base de *M. azedarach*, entre estos resaltan el efecto antiviral (Andrei *et al.*, 1990), antimalárico (Valdés *et al.*, 2010), antihelmíntico (McGraw *et al.*, 1990). Además, se han reportado la utilización de esta planta para la protección de la sanidad animal (Vivan, 2005) y vegetal (Ardón, 2008).

Respecto a sus usos en la agricultura, se reconoce ampliamente su actividad antifúngica. D´Luis (2018) concluyó que la utilización de extractos de hojas y semillas de *M. azedarach* al 8 y 12%, respectivamente, son efectivos al inhibir la germinación de las conidias, pero no del crecimiento de micelio del hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloesporioides*. Por otra parte, López y Salas (1995) reportaron que el extracto del fruto de paraíso (pulpa y semilla) es un tratamiento efectivo para inhibir la germinación de *Botrytis* sp. y *Phragmidium* sp., pero la utilización de la hoja no es efectiva para este fin.

Otra aplicación importante en la actividad agrícola la utilización de extractos o aceites esenciales de paraíso para controlar plagas insectiles. Rossetti *et al.* (2008) evaluaron la actividad insecticida de extractos de fruto maduro y hojas senescentes de *M. azedarach* a concentraciones del 2, 5 y 10% sobre larvas de *Spodoptera eridania* Cramer y manifestaron que la aplicación de dichos tratamientos provocó un efecto antialimentario, lo que se tradujo en un menor consumo y peso de la larva respecto al testigo, además de imposibilitar el paso del estado larval al de pupa. En otro trabajo, Mimbela (2013) demostró la efectividad del extracto acuoso de hoja de paraíso a una concentración de 350 g L⁻¹ sobre el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith), al obtener un 100% de mortalidad a los 6 días de la aplicación.

El paraíso ha sido ampliamente investigado para el manejo de las plagas de los granos almacenados, Pozo y Santa Clara (2005) comprobaron la efectividad del empleo del polvo a base de *M. azedarach* al inducir una mortalidad del 100% de *Rhizoperta dominica* en arroz almacenado en un período de 72 horas. En otras investigaciones Lorenzo *et al.*, (2013) determinaron el gran potencial de esta especie para el control del picudo del arroz *Sitophilus oryzae* L. mediante la utilización de polvos de hojas adultas de paraíso a concentraciones del 25, 50 y 75%, cabe mencionar que la mortalidad comenzó a observarse a las 48 horas posteriores a la aplicación

en las dos dosis más altas del producto, pero en las tres concentraciones se alcanzó un 100% de mortalidad de la plaga transcurridas las 168 horas.

1.2.8.7 Higuerilla *Ricinus communis* L.

La higuerilla, es una planta exótica de la familia Euphorbiaceae, también conocida como tártago, higuereta o ricino y se considera una maleza en el país, aunque en algunas regiones se tiene presencia de higuerilla cultivada (Martínez, 1979; Osorno, 1986).

1.2.8.7.1 Descripción botánica.

R. communis es una planta herbácea, anual en forma de arbusto o árbol de color verde claro a azul-grisáceo y en ocasiones rojiza, que mide hasta 6 m de altura. Su raíz es del tipo pivotante. Presenta tallo engrosado y ramificado. Sus hojas son alternas y palmeadas de 10-60 cm de diámetro y su pecíolo tan largo o más largo que la lámina (Aguilar y Zolla, 1982). Las flores se encuentran agrupadas en panículas y racimos terminales, las flores masculinas se ubican en la parte superior de la planta, tienen un perianto de 6-12 mm de largo y las femeninas se encuentran en la parte superior de la misma, miden de 4-8 mm de largo, el ovario se encuentra densamente cubierto por largos tubérculos blandos que asemejan pelos gruesos. Los frutos son globosos, triloculares y poseen espinas suaves. En el interior de cada fruto, se encuentran 3 semillas casi elipsoidales, algo aplanadas, lisas, brillantes, de testa rígida y de una coloración jaspeada (café-gris) que miden de 10-17 mm de largo (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

1.2.8.7.2 Origen y distribución.

El origen de *R. communis* no se ha determinado con exactitud, se menciona que es originaria del continente africano y a partir de dicho sitio se

extendió como planta silvestre al Medio Oriente. Sus registros datan de hace más de 4000 años en la cultura egipcia y 3000 en la China. Y Posteriormente fue introducida a América, después de su descubrimiento (Osorno, 1986).

Esta planta se distribuye a altitudes que van de los 0-3000 msnm, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. En México se ha registrado de forma silvestre su presencia en Baja California, Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán; como planta cultivada se ha establecido en los estados de Oaxaca, Colima y Tamaulipas (Aguilar y Zolla, 1982).

1.2.8.7.3 Usos e importancia económica.

A pesar de que la higuera es considerada una planta indeseable en predios destinados a la producción agrícola y ambientes urbanos, tiene una gran diversidad de usos, constituyendo una materia prima de alta calidad en diversos ramos de la industria, entre los que se encuentra el aprovechamiento de su aceite en la síntesis de biocombustibles, la elaboración de productos como jabones, cosméticos, barnices, fibras sintéticas, resinas y lubricantes destinados al sector automotriz y de la aeronáutica (Turner *et al.*, 2004; Conceicao *et al.*, 2005). También se ha investigado su utilización en la actividad pecuaria, al determinar que el extracto de aceite de higuera puede representar una fuente de alimento proteico para animales monogástricos y poligástricos, al aportar una gran cantidad de aminoácidos esenciales (Bose y Wanderley, 1988). Mientras que, en la actividad agrícola, la torta o bagazo de *R. communis* constituyen un potente fertilizante orgánico promotor del crecimiento de las plantas. (de Lima *et al.*, 2008). Además, se utilizan otras estructuras de la planta como hojas y semillas para la elaboración de insecticidas contra plagas de cultivos (Collavino *et al.*, 2006; Armenta *et al.*, 2020). Existen otras variantes de la

planta, frecuentemente son teñidas de rojo oscuro y su finalidad es ornamental (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

1.2.8.7.4 Actividad biológica.

La investigación de los compuestos activos de la higuierilla se ha centrado en sus propiedades insecticidas, ya que son muchas las moléculas que han sido identificadas como responsables de inducir tales efectos (De Oliveira *et al.*, 2002; Upsani *et al.*, 2003), entre estas, se encuentran el ácido ferúlico, linolénico y oleico, beta-amirina, isoquercitrina, kaempferol, ricina, ricinina, etc. Cabe mencionar que muchos de estos metabolitos han sido evaluados como extracto o aislados para el manejo de plagas agrícolas de importancia económica (Olaifa, 1991; Herrera, 1997).

La concentración de estas sustancias es elevada en toda la planta, lo que provoca que la mayoría de sus estructuras pueda ser utilizada para la obtención de los extractos vegetales, las partes más usadas son las hojas y semillas, aunque también suelen emplearse las raíces, el bagazo y los frutos (Aragón *et al.*, 1995; Ramos, 2006). La aplicación de los extractos de cualquier fracción de la planta ha sido evaluada y se ha comprobado su efectividad en el control de insectos de los órdenes Coleoptera, Díptera, Hemíptera, Hymenoptera y Lepidóptera (Rodríguez, 2004).

El extracto etanólico de higuierilla fue probado por Ángel *et al.* (2015) para el manejo del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith), y determinaron que es eficaz a una concentración de 2% p/v, al inducir una mortalidad del 75.9%, como consecuencia de la actividad de la ricina y ricinina que alteró el ciclo biológico del insecto y provocó la mortalidad en las larvas del primer estadio. El producto ha sido avalado también para el manejo de plagas que afectan al grano almacenado, Mendoza *et al.* (2016) evaluaron el aceite de higuierilla a concentraciones del 0.1 y 0.2 ml de aceite por cada 200 g de semilla y encontraron que ambas concentraciones provocaron el 100% de mortalidad del picudo del maíz a las 24 h de

aplicados, pero afecta la capacidad germinativa de la semilla entre un 15 y 49%. En otro trabajo, Gómez *et al.* (2018) concluyeron que la aplicación del pulverizado de higuierilla tiene efectos de mortalidad al ser aplicados al 4% y repelencia al 3 y 5% en condiciones de laboratorio.

1.2.8.8 Copalquin *Hintonia latiflora* Bullock

Hintonia, como género agrupa 3 especies: *H. lunana*, *H. octomera* y *H. latiflora*, siendo esta última especie de importancia medicinal, económica y comercial en México (Mata *et al.*, 2009). *H. latiflora* es un árbol perteneciente a la familia rubiaceae y en México se le conoce con diversos nombres, entre los más usuales se encuentra copalquin, copalchi, cáscara sagrada, quina amarilla y palo amargo (Ocampo, 1994; Beltrán *et al.*, 2015)

1.2.8.8.1 Descripción botánica.

Es un árbol que mide hasta 7 m de altura, es bisexual, perenne. Tiene ramas cinéreas, con pelos cortos, en ocasiones glabras, muestran entrenudos cortos o alargados, sus hojas son caducifolias, simples y opuestas; son de forma ovada, oblonga, oval u ovado-oval y presentan las siguientes medidas: 3.5-12 x 1.5-6 cm, pasan de ser redondeadas a ser agudas en la base, además son obtusas, agudas o abruptamente cortu-acuminada en el ápice, su color es verde vivo y son glabras o de pelos cortos o glabras. Poseen pecíolos delgados que van de 0.4 a 2 cm de largo. En cuanto a las flores, éstas son perfectas, axilares y solitarias con pedicelos de 1-2.5 cm de largo, bracteaolados de la mitad hacia abajo; su hipanto es glabro-tubulado, mide 1-2 cm de largo, la corola va de color blanco a verdoso y va de 6-8 cm de largo, tiene tubo estrechamente obcónico y anguloso (Borhidi, 2006; Cristians, 2009). El fruto es una cápsula oval, son angulosos y sus semillas pequeñas y aladas (Martínez, 1989).

1.2.8.8.2 Origen y distribución

Las tres especies de *Hintonia* se distribuyen de manera importante en las regiones tropicales y subtropicales de América (Delprete, 2004). Específicamente, *H. latiflora* es originaria del trópico seco mexicano y su distribución va desde el noroeste de México a Centroamérica (Beltrán *et al.*, 2015). Se presenta ampliamente en los climas cálido, semicálido, semiseco y templado a una altitud que va de los 80-2000 msnm, específicamente se ubica en el bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, mesófilo de montaña y de pino-encino (Borhidi, 2006).

1.2.8.8.3 Usos e importancia económica

H. latiflora es la única especie dentro del género *Hintonia* que se utiliza en la medicina tradicional, la corteza del árbol es la parte más utilizada. Se han reportado 36 usos en México, entre los que destacan su empleo como antidiabético y febrífugo (Anaya, 1991; Beltrán *et al.*, 2015). Su explotación es llevada a cabo desde 1970 y no cuenta con la regulación oficial por parte de las autoridades de nuestro país, a pesar de lo anterior la comercialización de este producto convierte al copalquin en un producto de importancia económica (Hersch y Fierro, 2001).

Otros usos reportados para esta especie son su utilización como leña doméstica y como poste para la delimitación de los predios agrícolas (Márquez *et al.*, 1999).

1.2.8.8.4 Actividad biológica

La actividad biológica de *Hintonia latiflora* responsable de su utilización como medicina natural ha sido respaldada por numerosos estudios fitoquímicos (Mata *et al.*, 2009). Entre sus principales bondades se encuentran su actividad antipalúdica, antiperiódico, febrífugo, antiséptico, tranquilizante e hipogluceminate (Díaz, 1976; Bye, 1986), siendo la corteza

de este arbusto la que presenta el más alto valor por la presencia de sus principios activos, ya que esta fracción de la planta contiene aceite fijo, caucho, resinas, materia colorante, taninos, compuestos amargos, alcaloides, glicósidos, sesquiterpenlactonas, cucurbitacinas, flavonoides, fenilcumarinas y glucocurbitacinas (Camacho, 1990; Cristians *et al.*, 2009; Ramírez, 2017). Por otra parte, Harborne (1993) y Gross (2008) afirman que los metabolitos secundarios de esta planta constituyen la defensa química para *H. latiflora*, reportándose efectos alelopáticos, fungicidas y sabores desagradables para herbívoros.

La literatura sugiere que los productos a base de copalquin pueden tener un efecto repelente o insecticida, aunque hasta hoy sólo existe un trabajo al respecto, es importante impulsar estudios para evaluar la efectividad de sus compuestos contra distintas plagas. Dicha investigación fue llevada por Armenta *et al.* (2020) quienes probaron la aplicación del extracto etanólico de *H. latiflora* a una concentración del 20% p/v sobre adultos de picudo del maíz (*Sitophilus zeamais*) de 3-7 días de emergidos, encontrando que dicho tratamiento indujo una mortalidad del 38.75% a los 15 días posteriores a la aplicación del tratamiento, redujo en 6.75% y 3.70% el grano dañado y porcentaje de pérdida peso del mismo respecto al testigo. Así también reportaron que el efecto antialimentario inducido repercutió de manera drástica el desarrollo del insecto al inhibir en un 100% la emergencia de los adultos (F1).

**CAPÍTULO II. RESISTENCIA DEL FRIJOL AL ATAQUE DEL GORGOJO
PARDO *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae)
EN LA ZONA NORTE DE SINALOA**

**BEAN RESISTANCE TO THE ATTACK OF THE BROWN WEEVIL
Acanthoscelides obtectus (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) IN THE
NORTH OF SINALOA**

¹Arturo Rafael Armenta López, ¹Gabriel Antonio Lugo García, ^{1,2}Bardo Heleodoro Sánchez Soto, ¹Celia Selene Romero Félix, ³Edgardo Cortez Mondaca, ^{4*}Eusebio Nava Pérez.

¹Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Av. Japaraquí, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

²Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. Blvd. Macario Gaxiola y Carretera internacional, México 15, Los Mochis, Sinaloa, C. P. 81223.

³Campo Experimental Valle del Fuerte-CIRNO-INIFAP, Km 1609, carretera México-Nogales J.J. Ríos, Sinaloa C. P. 81110.

⁴CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes # 250, Guasave, Sinaloa, México.

Autor corresponsal: <eusebionavaperez@yahoo.com.mx>

Armenta-López, A. R., Lugo-García, G. A., Sánchez-Soto, B. H., Romero-Félix, C. S., Cortez-Mondaca, E., Nava-Pérez, E. (2021) Resistencia del frijol al ataque del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) en la zona Norte de Sinaloa. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*

Armenta-López, A. R., Lugo-García, G. A., Sánchez-Soto, B. H., Romero-Félix, C. S., Cortez-Mondaca, E., Nava-Pérez, E. (2021) Bean resistance to the attack of the brown weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) in the North of Sinaloa. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*

2.1. RESUMEN.

El frijol es un producto básico en la alimentación de los mexicanos, pero su comercialización y establecimiento es afectado por el gorgojo pardo (*A. obtectus*), ya que es una plaga grave cuando la semilla está almacenada. En la última década, en Sinaloa, México, se establecieron nuevas variedades de frijol con características agronómicas valiosas, como la alta productividad y calidad del producto cosechado; sin embargo, es indispensable determinar la resistencia o alta tolerancia de estos cultivares al ataque de este insecto. Debido a esto, se determinó la resistencia de seis cultivares de frijol (Aluyori, Azufrasin, Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste, Azufrado Regional 87 y Janasa) cultivados en el centro y norte del estado de Sinaloa, al ataque y daño del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831). Se compararon seis cultivares con cuatro repeticiones. El cultivar Aluyori presentó mayor resistencia con sólo el 18 % de semilla, escaso número de adultos emergidos (37) y mínima disminución de la capacidad germinativa (2.33 %). Por el contrario, el más susceptible fue Janasa con los siguientes valores: 51.75 %, 131.5 y 24.75 %, respectivamente. Por lo anterior, se recomienda la utilización de Aluyori y Azufrado Higuera para reducir el impacto negativo de la plaga, aunque se recomienda seguir con la experimentación de los materiales contenidos en los bancos de germoplasma para la futura liberación de nuevos cultivares.

Palabras clave: Aluyori; capacidad germinativa; daño; Janasa; semilla.

2.2. ABSTRACT.

The bean is a basic product in the diet of Mexicans, but its commercialization and establishment is affected by the brown weevil (*A. obtectus*), since it is a serious pest when the seed is stored. In the last decade, in Sinaloa, Mexico, new bean varieties have been established with valuable agronomic characteristics, such as high productivity and quality of the harvested product; However, it is essential to determine the resistance or high tolerance of these cultivars to the attack of this insect. Due to this, the resistance of six bean cultivars (Aluyori, Azufrasin, Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste, Azufrado Regional 87 and Janasa) cultivated in the center and north of the state of Sinaloa, to the attack and damage of the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) was determined. Six cultivars with four replications were compared. The Aluyori cultivar presented greater resistance with only 18 % seed, low number of emerged adults (37) and minimal decrease in germination capacity (2.33 %). On the contrary, the most susceptible was Janasa with the following values: 51.75 %, 131.5 and 24.75 %, respectively. Therefore, the use of Aluyori and Azufrado Higuera is recommended to reduce the negative impact of the pest, although it is recommended to continue with the experimentation of the materials contained in the germplasm banks for the future release of new cultivars.

Key words: Aluyori; germination capacity; damage; Janasa; seed.

2.3. INTRODUCCIÓN

El frijol *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae), es una especie de importancia económica en la agricultura producida en Brasil, India, Myanmar, Estados Unidos, China y México (FIRA, 2019). Desde tiempos ancestrales constituye, junto con el maíz y la calabaza, la dieta base del mexicano (Iturriaga, 2000); además, es un alimento de alto valor nutricional por ser la principal fuente de proteína para la mayor parte de la población, lo que reduce el elevado nivel de desnutrición que existe en zonas rurales y urbanas (Jacinto *et al.*, 2002). El frijol contiene otros compuestos benéficos para la salud, como vitaminas, minerales y fibra (Admassu & Kumar, 2005).

México ocupa el octavo lugar a nivel mundial respecto a su producción y superficie sembrada; en este sentido, en 2020 se establecieron 1,676,355 ha, de las cuales 88.4 % fueron de temporal y 11.6 % de riego, con un rendimiento promedio de 0.566 y 1.7 t ha⁻¹, respectivamente, y con una producción total de 1,086,733 t. Los principales estados productores de frijol son Zacatecas, Sinaloa, Nayarit y Chiapas, aportando el 68.54 % de la producción nacional. En Sinaloa, en el ciclo 2020–2021 se establecieron 83,661 ha bajo riego (98.23 %) y se obtuvieron 140,828 t (FAOSTAT, 2021; SIAP, 2021).

Las plagas que afectan al frijol almacenado son el gorgojo pinto *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) y el gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831). Según Larson y Fisher (1938), el principal cultivo de importancia económica afectado por el gorgojo pardo es el frijol en todas las variedades existentes. Estudios experimentales demostraron que de 50 cultivares evaluados, la totalidad permitió el desarrollo completo del insecto plaga. Los mismos autores mencionan que *A. obtectus* tiene la capacidad de desarrollarse en otras especies de plantas, como lo son: *Vigna sinensis*, *Lupinus albus* L., *Zea mays* L. y *Fagopyrum esculentum* Moench. Este gorgojo prefiere plantas de la familia Fabaceae, específicamente del género *Phaseolus* (*P. lunatus* L., *P. lunatus macrocarpus* Benth, *P. coccineus*, *P.*

acutifolius latifolius, *P. calcaratus*, *P. aconitifolius* y *P. aureus*). Otras semillas afectadas son: *Vigna sesquipedalis* L., *Pisum sativum* L., *Cicer arietinum* L., *Vicia faba* L., *Lathyrus sativus* L., *Cajanus indicus* Spreng., *Lens esculentum* Moench y *Vigna sinensis* (Larson & Fisher, 1938; Singh *et al.*, 1978). Mientras que Cardona y Karel (1990), consideran que el gorgojo pardo es el más dañino a nivel mundial, al ocasionar pérdidas superiores al 20 % de la producción en frijol al alimentarse de los cotiledones de la semilla y hacer orificios que sirven de entrada a agentes patógenos, factores que reducen la calidad del grano e imposibilita su consumo y comercialización (Ramírez & Suris, 2015). Al afectar la calidad fisiológica de la semilla, se reduce la cantidad de reservas y la capacidad germinativa (Dell'Orto & Arias, 1983).

Por otra parte, Snelson (1987) menciona que los insectos no sólo consumen el frijol, también contaminan las semillas con fragmentos, excrementos y olores fétidos. El manejo de estos insectos ocurre desde el uso de embalajes, como bolsas de plástico, papeles o cajas para la protección de la semilla, o bien, del tipo físico, como la alteración de las condiciones de temperatura, humedad relativa y luz en el sitio de almacenamiento, con la finalidad de evitar la supervivencia de los mismos (da Silva, 2017). Actualmente, el control de las poblaciones de estos organismos plaga se realiza con insecticidas de alto impacto ambiental, como el fosforo de aluminio, malatión y bromuro de metilo (Nava *et al.*, 2010), los cuales seleccionan la resistencia de los insectos, provocando la obsolescencia temprana de las moléculas recién liberadas en el mercado de los agroquímicos. En adición a lo anterior, causan daños a la salud, provocan intoxicaciones asociadas a su uso y su potencial efecto mutagénico y cancerígeno, además de daños al ambiente, con el desgaste de la capa de ozono, la contaminación del aire, fuentes de agua y suelo (Dietz, 1991; Tapia, 2000; Trujillo *et al.*, 2011). Por lo que es necesario implementar estrategias alternativas para el manejo de esta plaga, siendo una opción viable el uso de material vegetal resistente (Kornegay & Cardona, 1991). Para ello es necesario, en primera instancia, conocer dicha propiedad para cada uno los de los cultivos existentes en el mercado, que para el caso de Sinaloa su número es limitado y se

encuentra restringido a menos de una docena. La utilización de estos cultivares y su escasa renovación a lo largo del tiempo se debe a que la superficie que se establece de cada uno, depende de la demanda y aceptación del producto en el mercado, la cual está influenciada por el tamaño, color y uniformidad del grano, así como el tiempo de cocción, sabor y espesor del caldo (Carmona, 2005).

Los trabajos en materia de resistencia vegetal de frijol a plagas de almacén son escasos. La mayoría de ellos datan de los años 80 y 90 y evalúan cultivares utilizados en Centro y Sudamérica obteniendo resultados favorables con la detección de cultivares que manifiestan una menor susceptibilidad al ataque de este insecto (Sosa *et al.*, 1982; Pacheco & Wiendl, 1989; Vera & Domínguez, 1997). Asimismo, los estudios realizados en la Escuela Agrícola Panamericana sobre la resistencia del frijol tepari (*P. acutifolius* A. Gray) al ataque del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) y de algunos cultivares y líneas experimentales de frijol representan los antecedentes más actuales (Abrego, 2015; Arteaga & Avaroma, 2016). Debido a lo anterior, se tiene como objetivo determinar el nivel de resistencia de seis cultivares de frijol utilizados a nivel regional al ataque y daño del gorgojo pardo *A. obtectus*.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio. El presente trabajo se realizó en el Valle de Guasave, ubicado en la zona norte del estado de Sinaloa, en las instalaciones del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte (FAVF-UAS) y en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR IPN) unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

2.4.2. Recolección, identificación y cría de *Acanthoscelides obtectus*. Se recolectaron adultos del gorgojo pardo en frijol almacenado por productores rurales (libre de insecticidas). Después, se sometieron a refrigeración por 30 s para inmovilizarlos y así poder realizar su identificación taxonómica (Dell'Orto, 1985).

Para multiplicar los insectos, se colocaron 300 individuos de gorgojo pardo junto con semillas de cada cultivar de frijol sin daño en frascos de plástico de 1 L, previamente esterilizados. Los frascos se introdujeron en una incubadora (Cooling incubator, Mod. IRH-150F) a una temperatura de 27 ± 2 °C y la humedad relativa de 70–75 %.

2.4.3. Evaluación de la resistencia de variedades de frijol al ataque de *Acanthoscelides obtectus*. Se utilizaron semillas de frijol Aluyori, Azufrasin, Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste, Azufrado Regional 87 y Janasa, cultivares liberados y donados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Valle del Fuerte. Dichos materiales fueron caracterizados en cuanto a sus dimensiones, color, peso y tamaño. Para determinar el peso de la semilla se utilizaron los criterios designados por Torres (2001), el cual menciona que se debe considerar el peso de 100 semillas y agrupar a los materiales bajo la denominación de “pesados” cuando son de 40 g o más, “mediano” cuando son de 27 a 37 g y “livianos” de 15 a 22 g. Las semillas empleadas fueron de reciente cosecha (de 7 días y con el 16 % de humedad) y almacenadas en costales, a una temperatura de 16 ± 2 °C. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar, con seis tratamientos (cultivares) y cuatro réplicas por cada uno, lo que se traduce en 24 unidades experimentales (U.E.). La U.E. consistió en un frasco de plástico sellado con taparroca, con capacidad de 250 ml, en el cual se colocaron 100 semillas sanas del cultivar correspondiente, al cual se le agregaron 10 parejas de gorgojos de 2 a 4 días, sexados mediante las claves de Halstead (1963). Los individuos se obtuvieron de la cría (60 días después de la infestación inicial). Los contenedores se mantuvieron a temperatura ambiente (27 ± 2 °C), humedad relativa del 70–75% y fotoperiodo de 12 horas luz/12 horas oscuridad durante todo el experimento. Pasado el periodo de oviposición (15 días), se retiraron los insectos del frasco y, a partir del día 56, se inició el recuento de individuos hasta finalizar los adultos emergentes. Las variables de respuesta para explicar la resistencia de los cultivares de frijol al gorgojo pardo que se registraron se describen a continuación:

2.4.3.1. Total de adultos emergidos (TAE). Se realizó el recuento diario del número de adultos emergidos por tratamiento a partir de los 56 días posteriores a la infestación inicial y hasta que el total de los gorgojos emergió.

2.4.3.2. Semilla dañada (% SD). Esta variable fue evaluada a los 80 días (una vez que emergió el 100% de los gorgojos en las semillas) después de la infestación de los frascos y se realizó mediante el conteo de granos dañados y sanos, con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ SD} = \frac{n}{N} \times 100$$

donde;

n = Número de semillas dañadas.

N = Número de semillas utilizadas por tratamiento.

2.4.3.3. Pérdida de peso de la semilla (% PPS). Se estimó el peso inicial (día cero) y el peso final (día 80) de cada semilla de cada variedad con una balanza analítica (Ohaus, H-5276). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{PPS (\%)} = 100 - \frac{(\text{PF}) (100)}{\text{PI}}$$

donde;

PI = Peso inicial (g).

PF = Peso final (g).

2.4.3.4. Pérdida de la capacidad germinativa (% PCG). Se estimó mediante el porcentaje de germinación antes del daño ocasionado por el gorgojo, colocando cinco lotes de 20 semillas de cada cultivar en toallas de papel impregnadas con 10 ml de agua y mantenidas a humedad constante, mismas que se mantuvieron en una incubadora (Cooling incubator, Mod. IRH-150F) a una temperatura de 27 ± 2 °C y a un fotoperiodo de 12 horas luz / 12 horas oscuridad por un período de 7 días. Al final, las semillas dañadas por el gorgojo se sometieron al mismo procedimiento. La pérdida de capacidad germinativa se obtuvo por diferencia, al comparar el porcentaje de germinación antes y después del daño de la plaga en estudio,

implementando la siguiente ecuación:

$$PCG (\%) = PGAD - PGDD$$

donde;

PGAD = Porcentaje de germinación antes del daño.

PGDD = Porcentaje de germinación después del daño.

2.4.3.5. Proporción de hembras emergidas (PHE). Se registró el número de adultos emergidos por sexo y se calculó la proporción de hembras con respecto del total de insectos obtenidos mediante la ecuación:

$$PHE = \frac{THE}{TAE}$$

donde;

THE = Total de hembras emergidas.

TAE = Total de adultos emergidos.

2.4.3.6. Peso promedio de machos y hembras vivas (PPMV y PPHV). Una vez emergida la totalidad de la progenie, se estimó el peso promedio de los adultos por sexo, para lo cual, se colocaron en refrigeración a 4 °C durante 30 s y se pesaron en la balanza analítica (Ohaus, H-5276).

2.4.3.7. Tiempo promedio de desarrollo (TPD). Se llevó un registro de la cantidad de adultos emergidos y de los días a emergencia:

$$TPD = \frac{\sum (AED \times DE)}{TAE}$$

donde;

AED = Adultos emergidos por día.

DE = Días de emergencia.

TAE = Total de adultos emergidos.

2.4.3.8. Índice de susceptibilidad (IS). Se determinó a partir de la ecuación de Dobie (1974) considerando el tiempo de desarrollo (TPD) del insecto y el total de

adultos emergidos:

$$IS = \frac{\text{Log (TAE)}}{\text{TPD}} \times 100$$

donde;

TAE = Total de adultos emergidos.

TPD = Tiempo promedio de desarrollo.

2.4.4. Análisis de datos

Los datos se sometieron a una prueba de normalidad Shapiro-Wilks, y al no presentar una distribución normal, se realizó un análisis no paramétrico de los datos utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación múltiple de medias de rangos para esta prueba ($p \leq 0.05$). Se estimó la correlación entre las variables mediante el cálculo del coeficiente de Spearman. Todas las operaciones fueron realizadas con el software estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

2.5. RESULTADOS

2.5.1. Características de las semillas

Se caracterizaron las semillas mediante la determinación de algunos parámetros como dimensiones, color peso y tamaño. De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que Janasa, Azufrasin, Azufrado Higuera y Azufrado Noroeste muestran dimensiones similares, mientras que Azufrado Regional 87 y Aluyori son los de menor y mayor talla, respectivamente. En cuanto al color, todos los materiales son amarillos, excepto Aluyori, que es blanco. Para el caso del peso de los cultivares, osciló entre 30.08 y 54.63 g, siendo Azufrado Regional 87 y Aluyori el de menor y mayor peso, respectivamente. Todos ellos entraron en el tipo “pesado”, menos Azufrado Regional 87, el cual pertenece a la categoría de los “medianos” (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características físicas de las semillas utilizadas en el experimento (valores promedio y desviación estándar).

Cultivar	Largo (cm)	Ancho (cm)	Dimensiones		Peso (g/100 semillas)	Tamaño
			Alto (cm)	Color		
Janasa	1.225 ± 0.075	0.75 ± 0.05	0.65 ± 0.05	Amarillo	42.33 ± 0.45	Pesado
Azufrasin	1.275 ± 0.125	0.775 ± 0.075	0.65 ± 0.05	Amarillo	42.6 ± 0.32	Pesado
Azufrado Higuera	1.25 ± 0.05	0.75 ± 0.05	0.70 ± 0.10	Amarillo	46.13 ± 0.38	Pesado
Azufrado Noroeste	1.20 ± 0.10	0.75 ± 0.05	0.65 ± 0.05	Amarillo	40.03 ± 0.36	Pesado
Azufrado Regional 87	0.95 ± 0.05	0.775 ± 0.075	0.65 ± 0.05	Amarillo	30.8 ± 0.28	Mediano
Aluyori	2.55 ± 0.15	0.8 ± 0.10	0.65 ± 0.05	Blanco	54.63 ± 0.52	Pesado

2.5.2. Total de adultos emergidos (TAE)

En cuanto al TAE, los mejores tratamientos al contar con un número bajo de adultos emergidos fueron Aluyori, Azufrado Higuera, Azufrasin y Azufrado Regional, con 37, 50.5, 73.25 y 75.5 especímenes, respectivamente. No se observan diferencias significativas entre estos tratamientos, pero sí con los restantes ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.0364$). Por otra parte, los cultivares Azufrado Noroeste y Janasa, resultaron menos efectivos en este rubro, al propiciar la emergencia de 107 y 131.5 adultos, respectivamente (Fig. 1a), los cuales representarán una mayor amenaza en futuros ataques al frijol almacenado, al quintuplicarse y sextuplicarse la población inicial establecida en el experimento.

2.5.3. Semilla dañada (%SD)

Respecto a esta variable, los tratamientos menos afectados por el gorgojo pardo fueron Aluyori (18 %), Azufrado Higuera (24 %), Azufrado Regional 87 (27.5 %) y Azufrasin (31.5 %), siendo estadísticamente iguales, pero diferentes con el resto ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.0355$). Por otra parte, Azufrado Noroeste fue medianamente afectado con un 39 % de daño, y Janasa con daño elevado al mostrar valores superiores al 50 % (Fig. 1b).

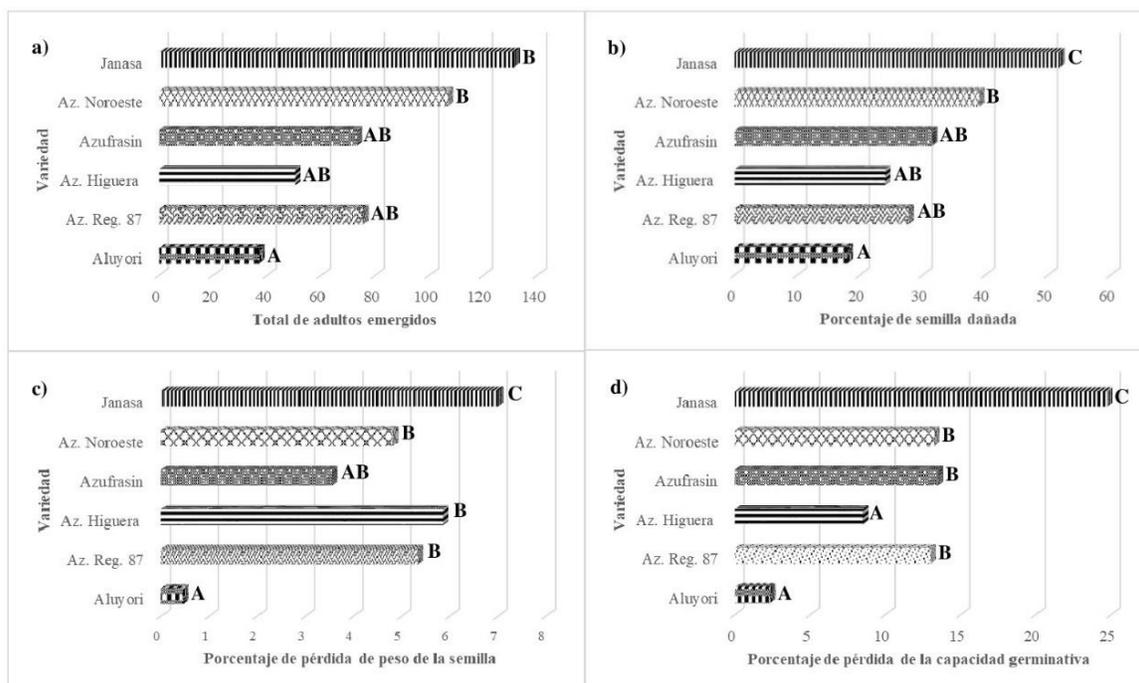


Figura 2.1. Promedios obtenidos en las variables: a) Total de adultos emergidos; b) Porcentaje de semilla dañada; c) Porcentaje de pérdida de peso de la semilla; y d) Porcentaje de pérdida de la capacidad germinativa, ocasionada por el gorgojo pardo sobre seis variedades de frijol (27 ± 2 °C y 80 ± 2 % HR). Tratamientos que comparten las mismas letras no difieren significativamente.

2.5.4. Pérdida de peso de la semilla (%PPS)

En lo concerniente al PPS, los cultivares que mostraron la menor afectación fueron Aluyori y Azufrasin, con 0.45 % y 3.56 %, respectivamente. Estos tratamientos fueron estadísticamente iguales, pero diferentes con el resto de los cultivares evaluados ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.0384$). Los cultivares que mostraron daños intermedios fueron Azufrado Noroeste (4.81 %), Azufrado Regional 87 (5.33 %) y Azufrado Higuera (5.85 %). Con la condición más desfavorable se ubica a Janasa que resultó ser el cultivar más consumido por el gorgojo pardo, al perder más del 7 % de su peso (Fig. 1c).

2.5.5. Pérdida de capacidad germinativa (%PPS)

Referente al PCG, se encontró que los cultivares Aluyori y Azufrado Higuera mantuvieron casi intacto su porcentaje de germinación, al mostrar disminuciones del 2.33 % y 8.5 %, siendo estadísticamente superiores al resto ($H = 0.05$, g.l. = 5,

$p = 0.0026$). A su vez, los cultivares Azufrado Regional 87, Azufrado Noroeste y Azufrasin registraron pérdidas del 13 %. Por último, se encuentra Janasa con mermas graves en su viabilidad, al perder alrededor de una cuarta parte de su uso potencial como semilla (Fig. 1d).

2.5.6. Proporción de hembras emergidas (PHE)

Se observaron diferencias significativas entre cultivares ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.2972$), los valores de PHE encontrados oscilaron entre el 0.57 y 0.63 (Fig. 2a).

2.5.7. Peso promedio de machos y hembras vivas (PPMV y PPHV)

No se observaron diferencias significativas entre los PPMV ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.0835$) y PPHV ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.3766$). La variación del peso en hembras desarrolladas en los distintos cultivares fue mínima, se ubicó entre 5.55 y 5.83 mg. Para el caso de los machos fue entre 4.47 y 4.79 mg (Fig. 2b, c).

2.5.8. Tiempo promedio de desarrollo (TPD)

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($H = 0.05$, g.l. = 5, $p = 0.5359$) en el TPD. Los valores fluctuaron entre 65.14 y 69.09 días, siendo Azufrasin y Azufrado Regional 87, los de menor y mayor duración, respectivamente (Fig. 2d).

2.5.9. Índice de susceptibilidad (IS)

En lo que respecta al índice de susceptibilidad (IS), Aluyori, Azufrado Higuera y Azufrado Regional 87, representaron el grupo con menor vulnerabilidad al ataque *A. obtectus*, al mostrar los valores más bajos (2.2–2.6). Cabe recalcar que Azufrasin y Azufrado Noroeste, manifestaron valores medios (2.8–2.9), y Janasa muy elevados (3.1905), lo que convierte a este último en el cultivar menos efectivo para evitar el desarrollo del gorgojo pardo (Cuadro 2).

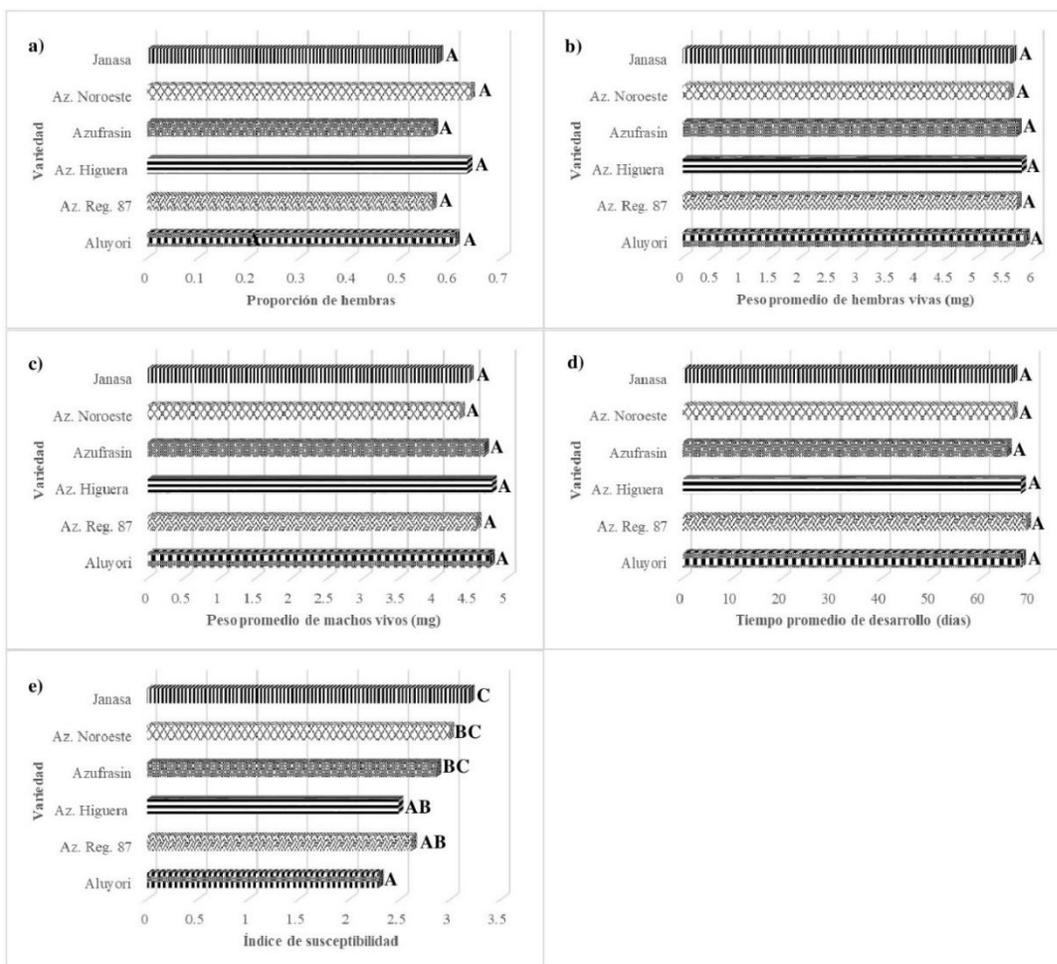


Figura 2.2. Promedios obtenidos en las variables: a) Proporción de hembras: b) Peso promedio de machos vivos; c) Peso promedio de hembras vivas; d) Tiempo promedio de desarrollo: y e) Índice de susceptibilidad al ataque del gorgojo pardo de 6 variedades de frijol (27 ± 2 °C y $80 \pm 2\%$ HR). Tratamientos que comparten las mismas letras no difieren significativamente.

2.5.10. Relación entre variables (coeficiente de Spearman)

En la variable total de adultos emergidos se encontró una correlación positiva con el porcentaje de pérdida de la capacidad germinativa ($r = 0.82857$; $p = 0.0416$), los tratamientos con mayor cantidad de adultos emergidos mostraron mayor pérdida de capacidad germinativa y una correlación positiva con el porcentaje de semilla dañada ($r = 0.94286$; $p = 0.0048$). También, se determinó la correlación positiva entre las variables semilla dañada e índice de susceptibilidad ($r = 1.0000$; $p < 0.0001$). Además, se observó la correlación negativa entre el TAE con el peso promedio de hembras y machos vivos ($r = -0.88571$; $p = 0.0188$) (Cuadro 2; Fig. 3).

	PPS	TAE	PCG	SD	PDH	PVPH	PVPM	TPD	IS	LARGO	ANCHO	ALTURA	PESO	TAMANO
PPS	1.00000	0.60000	0.42857	0.48571	-0.02857	-0.31429	-0.20000	-0.0857	0.48571	-0.5428	-0.7715	0.39279	-0.3714	-0.1309
		0.2080	0.3965	0.3287	0.9572	0.5441	0.7040	0.8717	0.3287	0.2657	0.0723	0.4411	0.4685	0.8047
TAE		1.00000	0.82857	0.94286	-0.08571	-0.88571	-0.88571	-0.3714	0.94286	-0.7142	-0.6172	-0.3927	-0.7714	-0.1309
			0.0416*	0.0048*	0.8717	0.0188*	0.0188*	0.4685	0.0048*	0.1108	0.1917	0.4411	0.0724	0.8047
PCG			1.00000	0.94286	-0.25714	-0.82857	-0.65714	-0.7714	0.94286	-0.3142	-0.4629	-0.3927	-0.4857	0.13093
				0.0048*	0.6228	0.0416*	0.1562	0.0724	0.0048*	0.5441	0.3552	0.4411	0.3287	0.8047
SD				1.00000	-0.02857	-0.94286	-0.82857	-0.6571	1.00000	-0.4857	-0.6172	-0.3927	-0.6000	0.13093
					0.9572	0.0048*	0.0416*	0.1562	<.0001*	0.3287	0.1917	0.4411	0.2080	0.8047
PDH					1.00000	-0.14286	-0.02857	-0.0857	-0.0285	0.14286	-0.4937	0.39279	0.31429	0.65465
						0.7872	0.9572	0.8717	0.9572	0.7872	0.3195	0.4411	0.5441	0.1583
PPHV						1.00000	0.88571	0.60000	-0.9428	0.54286	0.61721	0.39279	0.65714	-0.1309
							0.0188*	0.2080	0.0048*	0.2657	0.1917	0.4411	0.1562	0.8047
PPMV							1.00000	0.25714	-0.8285	0.65714	0.37033	0.65465	0.77143	0.13093
								0.6228	0.0416*	0.1562	0.4699	0.1583	0.0724	0.8047
TPD								1.00000	-0.6571	-0.2571	0.37033	0.13093	-0.0857	-0.6546
									0.1562	0.6228	0.4699	0.8047	0.8717	0.1583
IS									1.00000	-0.4857	-0.6172	-0.3927	-0.6000	0.13093
										0.3287	0.1917	0.4411	0.2080	0.8047
LAR										1.00000	0.46291	0.13093	0.94286	0.65465
											0.3552	0.8047	0.0048*	0.1583
ANC											1.00000	-0.4242	0.30861	-0.2828
												0.4018	0.5518	0.5870
ALT												1.00000	0.39279	0.20000
													0.4411	0.7040
PES													1.00000	0.65465
														0.1583
TAM														1.00000

Cuadro 2. Matriz de coeficientes de correlación de Spearman ($\alpha=0.05$).

*: Correlación significativa entre variables.

PPS= Pérdida de peso de la semilla; TAE= Total de adultos emergidos; PCG= Pérdida de capacidad germinativa; SD= Semilla dañada; PHE= Proporción de hembras emergidas; PPHV= Peso promedio de hembras vivas; PPMV= Peso promedio de machos vivos; TPD= Tiempo promedio de desarrollo; IS= Índice de susceptibilidad; LAR= Largo; ANC= Ancho; ALT= Alto; PES= Peso; TAM= Tamaño.

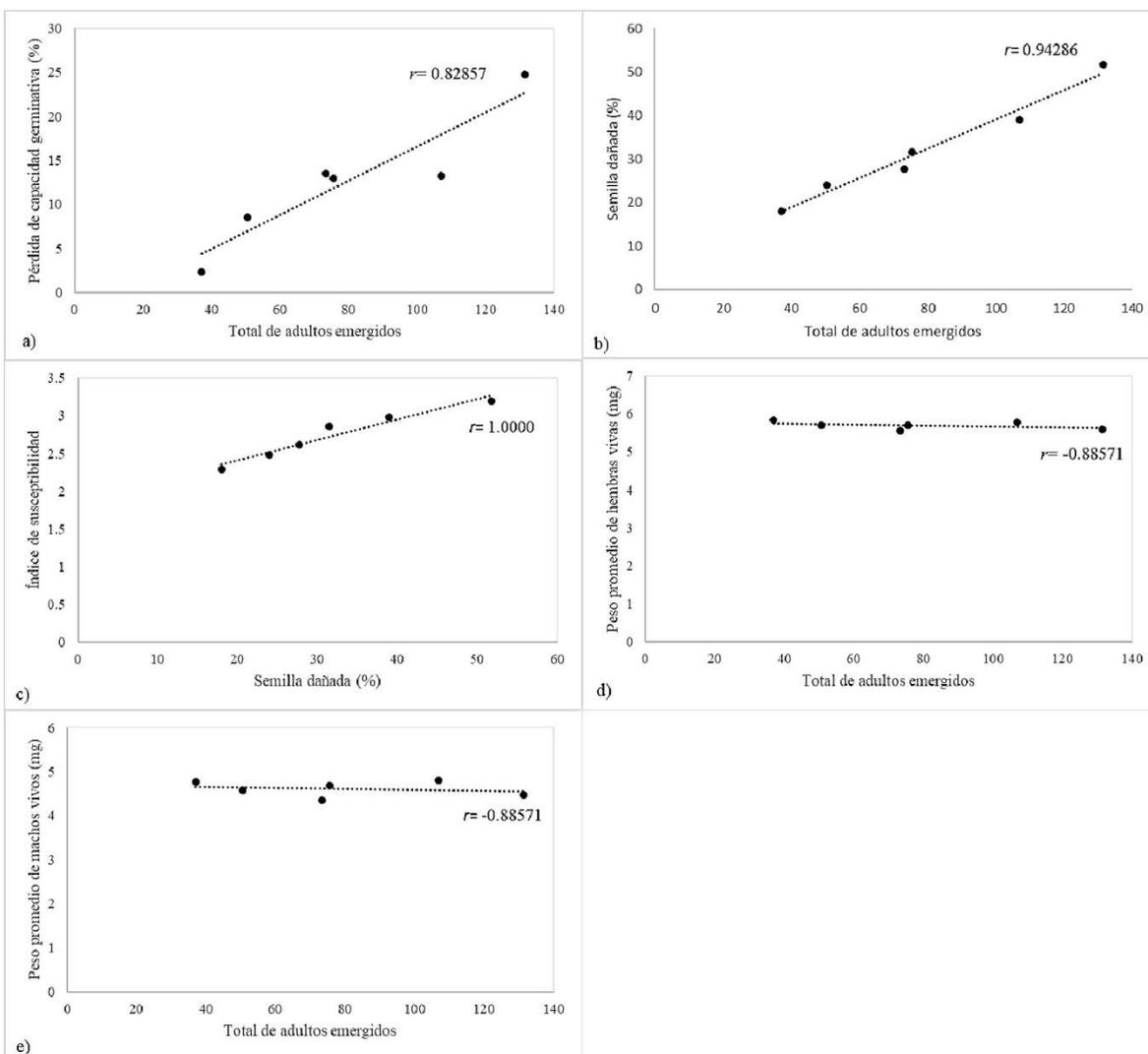


Figura 2.3. Correlación significativa entre variables (Spearman, $\alpha=0.05$): a) Total de adultos emergidos (TAE) y pérdida de capacidad germinativa (PCG) (%); b) TAE y Semilla dañada (SD) (%); c) SD (%) e Índice de susceptibilidad; d) TAE y peso promedio de hembras vivas (PPHV); e) TAE y peso promedio de machos vivos (PPMV).

2.6. DISCUSIÓN

Los seis cultivares estudiados presentaron resistencia en diferentes grados al daño de *A. obtectus*. El cultivar más susceptible fue Janasa, que presentó inferioridad en la mayoría de las variables medidas ya que condujo a la emergencia de un mayor número de adultos, indujo un mayor porcentaje de semilla dañada y de pérdida de peso de la misma, además, disminuyó su capacidad germinativa. En consecuencia,

también mostró un mayor índice de susceptibilidad, esto porque las variables están estrechamente ligadas, es decir, un mayor porcentaje de semilla dañada garantiza un mayor número de huevos depositados en la semilla, lo que incrementa el número de adultos emergidos, los cuales en su estado larvario consumen más alimento del endospermo, lo que se traduce en mayor pérdida de peso. En concordancia con lo anterior, Gallo *et al.* (1988) afirman que la disminución en la viabilidad de la semilla se origina porque la larva del brúquido se alimenta de los cotiledones, lo cual provoca debilitamiento de la futura planta y pérdida de vigor y germinación, como sucedió en el presente estudio. La variedad Aluyori mostró resultados favorables en cada uno de los aspectos evaluados, lo que la convierte en la más resistente al gorgojo pardo. También fue el cultivar con la menor cantidad de adultos emergidos, menor porcentaje de semilla dañada y con mayor pérdida de peso de la misma.

Cardona *et al.* (1990) mencionan que en los ataques por brúquidos al frijol, los altos niveles de antibiosis presentes en la semilla se traducen en la expresión de esas características. Dicha antibiosis, según Cardona (1997), puede ser de origen multifactorial, como caracteres morfológicos, presencia de metabolitos secundarios, entre los que destacan alcaloides y glucósidos, así como también la presencia o ausencia de nutrimentos y enzimas. Otros compuestos de origen proteico también se encuentran involucrados en estos mecanismos de defensa, como lectinas, inhibidores de la alfa-amilasa, inactivadores de ribosomas, proteínas de reserva (vicilina) e involucradas en el transporte de lípidos y glucanasas (Chrispeels & Raikhel, 1991; Kasahara *et al.*, 1996; Grossi de Sa´ & Chrispeels, 1997; Franco *et al.*, 1999; Carlini & Grossi de Sa, 2002). Aparte de las propiedades químicas de los cultivares, existen rasgos físicos, como la dureza de la testa, que constituye un factor importante en la preferencia de estos insectos plaga sobre las semillas, ya que esta imposibilita la penetración de las larvas y con esto el seguimiento de su ciclo biológico. Lo anterior fue comprobado por Kusolwa (2007), quien al retirar la cutícula de las semillas más resistentes se percató que estas perdían dicha característica y eran fácilmente atacadas por los gorgojos. Además, según los resultados obtenidos en el presente trabajo, Aluyori fue el material que preservó casi

intacta la capacidad germinativa, muy probablemente vinculado al menor número de semillas dañadas, menor pérdida de peso y menor cantidad de semillas inviables. Dicha característica es esencial en este trabajo, ya que se buscó el nivel de resistencia de los materiales en frijol destinado para el establecimiento de nuevos cultivos, por lo que preservar su calidad fisiológica es algo indispensable.

Cabe señalar que de los seis cultivares evaluados cinco son de tipo azufrado (color amarillo azufre) y Aluyori es frijol tipo alubia, de color blanco y al menos un 25 % más grande que el grano de la variedad de frijol azufrado de mayor tamaño, como Azufrado Higuera; de entre estos cultivares, Azufrado Regional 87 es el de menor tamaño y es más redondo que el resto. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Schoonhoven *et al.* (1983), quienes concluyen que el primer objetivo del mejoramiento genético del frijol es incrementar su tamaño para aumentar su resistencia al ataque de brúquidos puesto que, a mayores dimensiones, resulta más complicado para el gorgojo afectar la parte central de la semilla en donde se ubica el germen de la misma, estructura que representa la posibilidad de emergencia de una nueva planta.

De acuerdo con Baldin y Lara (2008), un rasgo determinante en el grado de infestación que sufre el frijol es el porcentaje de humedad, debido a que detectaron que *A. obtectus* prefiere semillas de reciente cosecha (0–4 meses) sobre aquellas más viejas (8 meses). Cabe mencionar que todos los materiales estaban en óptimas condiciones de humedad, situación que no influyó en la obtención de los resultados.

Valencia (2006) realizó un trabajo en donde analizó 17,000 genotipos de frijol de Latinoamérica para encontrar fuentes de resistencia a gorgojos detectarlas; mientras que, Kornegay y Cardona (1991) afirman que estos sólo han sido encontrados en plantas silvestres ubicadas en México. A pesar de esto, es recomendable seguir buscando materiales para su estudio, específicamente con el germoplasma disponible para la posterior liberación de nuevos cultivares de manera urgente. Lo anterior, debido a la gravedad de la problemática, ya que los gorgojos ocasionan pérdidas superiores al 20 % de la producción, reducen la calidad del

grano imposibilitando su consumo y, por ende, su comercialización (Ramírez & Suris, 2015); además, afectan la calidad fisiológica de la semilla al reducir su capacidad germinativa (Dell'Orto & Arias, 1983). Con esto se podría disminuir la dependencia de insecticidas químicos, los cuales incrementan los costos de producción, el uso de mano de obra e impactos negativos en el ambiente (Wayne & Gutiérrez, 1982; Baldin *et al.*, 2017). Sumado a lo anterior, la resistencia de los insectos a insecticidas se ha incrementado (Mac Gregor, 1980), lo cual complica su creciente utilización. No obstante, la aceptación de un cultivar por parte de los productores agrícolas va más allá de la respuesta que tenga hacia una plaga determinada. Por lo general, en primera instancia consideran aspectos como el rendimiento y la calidad de grano, siendo esto último es uno de los factores más importantes que considera el consumidor. Por lo tanto, es necesario que la resistencia ya esté implícita en el cultivar que se libere.

De acuerdo con Schoonhoven *et al.* (1981), el método de resistencia vegetal es un medio eficiente para el manejo de poblaciones de insectos plaga presentes en granos y semillas almacenadas, ya que estos en su endospermo, poseen propiedades químicas más o menos favorables para el desarrollo de estos organismos. Hasta el presente estudio no existía información pertinente al nivel de resistencia de los cultivares comerciales de frijol que se establecen en el estado de Sinaloa con relación al daño del gorgojo pardo del frijol.

En general, los estudios realizados en esta materia han sido limitados. En las investigaciones más actuales, se ha trabajado para identificar las fuentes de resistencia al gorgojo pinto o mexicano (*Z. subfasciatus*) y en cultivares empleados en Sudamérica. Abrego (2015) evaluó 10 genotipos (XRAV 40-4, Aifi Wuriti, ICTA Ligero, Surú, Tío Canela 75, PM2-Don Rey, Verano, Amadeus 77, PR 1429-3 y PR 1429-4) y encontró que los daños en la semilla fluctuaron entre el 15 % y 100 %, siendo XRAV 40-4 y PR 1429-4 los cultivares más y menos afectados, respectivamente. Por ello, el autor recomienda el uso de PR 1429-4 y Surú para su empleo como parentales en futuros programas de fitomejoramiento. Por otra parte,

Arteaga y Avaroma (2016) encontraron que de 25 líneas de frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius*) y 5 de frijol común, sólo dos cultivares de cada tipo manifestaron resistencia al gorgojo pinto, por lo que sugiere la incorporación de *P. acutifolius* a las cruzas para la obtención de semillas de frijol resistentes al ataque de esta plaga.

Las investigaciones posteriores deberán de profundizar en el perfil bioquímico de las semillas y los aspectos genéticos que confieren la resistencia al cultivar, para que este sea el punto de partida para la elaboración de un programa de cruzas fundamentado y de esta manera se consiga, mediante el control genético, una herramienta económica y limpia para reducir el problema.

2.7. CONCLUSIÓN

Los seis cultivares de frijol mostraron distintos niveles de resistencia al ataque de *A. obtectus*. Aluyori, seguido por Azufrado Higuera, mostraron mayor resistencia al tener el menor número de adultos emergidos, menor porcentaje de semilla dañada, menor pérdida de peso de la semilla y menor pérdida de capacidad germinativa. En contraste, Janasa mostró mayor daño, con el mayor número de adultos emergidos y el mayor porcentaje de semilla dañada, la mayor pérdida de peso de la misma y de su viabilidad. Se sugiere realizar estudios similares con el germoplasma disponible en las instituciones de investigación, principalmente en INIFAP, para el mejoramiento genético de nuevos cultivares. Con lo anterior, se contará con mayor información de los genotipos disponibles en el mercado regional, nacional e internacional, constituyendo esto, otro criterio fundamental a la hora de seleccionar la semilla para la siembra.

2.8. LITERATURA CITADA

- Abrego, F. A. N. (2015) Evaluación de la resistencia de materiales genéticos al ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras, 26 pp. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4526/1/AGI-2015-001.pdf> (consultado en 25, marzo, 2021).
- Admassu, S. E., Kumar, R. S. (2005) Antinutritional factors and in vitro protein digestibility of improved haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 56 (6), 377–387.
<https://doi.org/10.1080/09637480500512930>
- Arteaga, M. F. G., Avaroma, G. F. C. (2016) Evaluación de la resistencia del frijol tepari *Phaseolus acutifolius* al ataque del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus*. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras, 30 pp. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5896/1/CPA-2016-T010.pdf> (consultado en 27, marzo, 2021).
- Cardona, C., Kornegay, J., Posso, C., Morales, F., Ramirez, H. (1990) Comparative value of four arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the Mexican bean weevil. *Entomología Experimental y Aplicada*, (56), 197–206.
<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01397.x>
- Cardona, C., Karel, A. K. (1990) Key insects and others invertebrate pests of beans. Pp. 157–191. In: S.R. Singh (Ed.). *Insect pests of tropical food legumes*. J. Wiley and Sons.
<https://doi.org/10.1017/S0021859600078370>
- Cardona, C. (1997) Resistencia Varietal a Insectos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia, 86 pp.
- Da Silva, P.H. (2017) Control biológico del gorgojo de la judía *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) en la región de Castilla y León, España. Tesis doctoral. Universidad de León. León, España, 145 pp. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/6930/Tesis%20Paulo%20Henrique%20da%20Silva.pdf?sequence=1> (consultado en 28, marzo, 2021).
- Dell'Orto, T., Arias, V. (1985) Insectos que dañan granos y productos almacenados. FAO. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/x5053S/x5053s04.htm#Familia%20bruchidae>
(consultado en 21, marzo, 2021).

Dietz, F. J., van der Ploeg, F., van der Straaten, J. (1991) *Environment policy and the economy*. Elsevier, 331 pp. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=7U4XBQAAQBAJ&pg=PP1&ots=Ep2YIsA0wl&dq=1991%20Environment%20policy%20and%20the%20economy%20%20ploeg%20straaten&lr&hl=es&pg=PR4#v=onepage&q=1991%20Environment%20policy%20and%20the%20economy%20%20ploeg%20straaten&f=false> (consultado en 27, marzo, 2021).

FAOSTAT (2021) Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), Statistics Division, Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/> (consultado en 21, marzo, 2021).

FIRA (2021) Panorama Agroalimentario: Frijol, 2019. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/01/Panorama-Agroalimentario-Frijol-2019.pdf>. (consultado en 21, marzo, 2021).

Gallo, D., Nakano, O., Wiendl, F., Silveria, S., Carvalho, R. (1988) *Manual de entomología agrícola*. Sao Paulo, Brasil, Editora Agronómica Ceres, 649 pp. Disponible en: https://ocondedemontecristo.files.wordpress.com/2013/07/livro-entomologia-agrc3adcola-_jonathans.pdf (consultado en 28, marzo, 2021).

Halstead, D. G. H. (1963) External sex differences in stored-products Coleoptera. *Bulletin of Entomological Research*, 54 (01), 119–134. <https://doi.org/10.1017/S0007485300048665>

Iturriaga, J. N. (2000) Cocinas de México I. Fondo 2000. *Fondo de cultura Económica (FCE)*. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/310977568/LAS-COCINAS-DE-MEXICO-I-docx> (consultado en 26, marzo, 2021).

Jacinto, H. C., Sánchez, H. H., Rivero, H. S. A., Gallegos, J. A. A., Lugo, I. B. (2002) Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. *Agrociencia*, 36 (4), 451–459. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236406.pdf> (consultado en 15, abril, 2021).

Kornegay, J. L., Cardona, C. (1991) Inheritance of resistance to *Acanthoscelides obtectus* in a wild common bean accession crossed to commercial bean cultivars. *Euphytica*, 52 (2), 103–111. <https://doi.org/10.1007/BF00021322>

- López, D., Llorente, M. (2010) La agroecología: Hacia un nuevo modelo agrario. *Sistema agroalimentario y consumo responsable*. 1ra Ed. Marqués de Legañés (Madrid): Ecologistas en acción, 6–12. Disponible en: https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf_cuaderno_17_agroecologia.pdf (consultado en 28, marzo, 2021).
- Larson, A. O., Fisher, K. C. (1938) The bean weevil and the southern, cowpea weevil in California. *USDA Technical Bulletin* 593, 70 pp.
- Mc Gregor, L. R. (1980) *Los problemas sobre resistencia de granos al ataque de insectos del almacén en México*. Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados. UNAM. México.
- Nava, P. E., Hurtado, P. G., Báez, J. R. C., Torres, B. V., Ruiz, C. R. B., Herrera, F. R. (2010) Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6 (1), 37–44. <https://doi.org/10.35197/rx.06.01.2010.05.ep>
- Pacheco, I. A., Wiendl, F. M. (1989) Resistencia de materiais utilizados para embalagens a perfuracao por *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera: Bruchidae). Estimativa de perda de peso de feijao decorrente da infestacao por esses carunchos (Materials used for packaging of resistance to piercing by *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) and *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833.) (Coleoptera: Bruchidae). Bean weight loss estimate resulting from infestation by these weevils). *Coletanea* (19), 165–172. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=061064> (consultado en 02, abril, 2021).
- Ramírez, S., Suris, M. (2015) Ciclo de vida de *Acanthoscelides obtectus* (Say.) sobre frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 30 (2), 158–160. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522015000200010&script=sci_arttext&lng=en (consultado en 08, abril, 2021).
- Schmale, I., Wäckers, F. L., Cardona, C., Dorn, S. (2006) Biological control of the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col.: Bruchidae), by the native parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hym.: Pteromalidae) on small-scale farms in Colombia. *Journal of stored products research*, 42 (1), 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.10.005>
- Schoonhoven, A. V., Horber, E., Mills, R. B., Wasomm, E. (1981) Resistance in crop kernels to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Mostch. Proceeding North Central Branch. *Entomological Society of America Bulletin*, (27), 108–109.

- Schoonhoven, A. V. (1985) *Plagas que atacan granos de frijol almacenados*. Programa de las Naciones Unidas (PNUD), 5 pp. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/132690815.pdf> (consultado en 16, mayo, 2021).
- Singh, S. R., van Emden, H. R., Ajibola, T. (1978) *Pests of grain legumes. Ecology and Control*. Academic Press. London, New York. 454 pp. Disponible en: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/411553> (consultado en 05, abril, 2021).
- Sosa, H. M., Mazzuferi, V., Audisio, R. (1982) *Resistencia de cultivares de poroto al ataque de *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Bruchidae) en almacenamiento*. Folleto técnico. Universidad Nacional de Córdoba, 5 pp. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=050223> (consultado en 16, abril, 2021).
- Tapia, R. (2000) Riesgos por el uso de agroquímicos y medicamentos en la producción de alimentos. In *Anales de la Universidad de Chile* (No. 11). Disponible en: <http://olca.cl/oca/monocultivo/plantaciones29.htm> (consultado en 14, marzo, 2021).
- Torres, C. T. E. (2001) Estudio químico y anatómico de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cambios postcosecha. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, 153 pp. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/5144/1/1080124459.PDF> (consultado en 14, abril, 2021).
- Trujillo, F. A., Pérez, M. P. H., Borrayo, Y. C. (2011) Intoxicación por fosfina en el personal sanitario. *Gaceta Médica de México*, 147 (4), 350–354. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2011/gm114g.pdf> (consultado en 28, marzo, 2021).
- Ulloa, J. A., Rosas, U. P., Ramírez Ramírez, J. C., Ulloa, R. B. E. (2011) El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*. Año 3. No. 8. CONACYT. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/582/1/EI%20frijol%20%28Phaseolus%20vulgaris%29%2c%20su%20importancia%20nutricional.pdf> (consultado en 26, marzo, 2021).
- Vera, G. J., Domínguez, R. B. (1997) Resistencia de variedades de frijol al ataque del gorgojo pinto *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y del gorgojo común *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Agrociencia*, 31 (3), 353–357. Disponible en: <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1502> (consultado en 15, mayo, 2021).

Wayne, M. G., Gutiérrez, A. P. (1982) A perspective on systems analysis in crop production and insect pest management. *Annual Review of Entomology*, (27), 447–466.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.27.010182.002311>

CAPÍTULO III. EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DEL GORGOJO DEL FRIJOL

Vegetable Extracts for the Management of the Bean Weevil

Arturo Rafael Armenta-López, Eusebio Nava-Pérez, Gabriel Antonio Lugo-García, Bardo Heleodoro Sánchez-Soto, Celia Selene Romero-Felix y Juan Gaxiola-Félix

Armenta-López AR, Nava-Pérez E, Lugo-García GA, Sánchez-Soto BH, Romero-Félix CS, Gaxiola-Félix J (2022) Extractos vegetales para el manejo del gorgojo pardo del frijol. *Southwestern Entomologist*, 47: 903 – 914.

3.1. RESUMEN

El gorgojo del frijol, *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) es un problema para los productores y almacenadores de leguminosas. Se estima que provoca pérdidas de hasta 20% de la producción, reduciendo la calidad de la cosecha y afectan la viabilidad de las semillas para siembras. Se evaluaron extractos etanólicos de 8 plantas: hoja de batamote *Baccharis glutinosa* Pers.; eucalipto *Eucalyptus globulus* Labill; gobernadora *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.; tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham; y cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc.; semilla de paraíso *Melia azedarach* L. e higuera *Ricinus communis* L. y corteza de copalquin *Hintonia latiflora* Bullock, a dosis de 5, 10, 15, y 20% p/v. Se evaluó la mortalidad y emergencia corregidas, índice de repelencia, porcentaje de semilla dañada y de pérdida de la capacidad germinativa. Los resultados indicaron que *N. glauca* y *K. humboldtiana* (10% p/v) son los mejores tratamientos con 0% de semilla dañada, nula emergencia

de la F1 de la plaga y mantuvieron la capacidad germinativa intacta. Lo que los hace una alternativa para manejar a *A. obtectus* en frijol almacenado.

3.2. ABSTRACT

The bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), is a problem for producers and storage of legumes. It is estimated that it causes up to 20% of production losses. In addition, it reduces the quality of the harvest and affects the viability of the seeds for sowing. Ethanol extracts from 8 plants were evaluated: saltmarsh leaf *Baccharis glutinosa* Pers.; eucalyptus *Eucalyptus globulus* Labill; creosote bush *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.; tree tobacco *Nicotiana glauca* Graham; and cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc.; chinaberry seed *Melia azedarach* L. and castor *Ricinus communis* L., and copalquin bark *Hintonia latiflora* Bullock, at doses of 5, 10, 15, and 20% w/v. Corrected mortality and pest emergence, repellency index, percentage of damaged seed, and loss of germination capacity were evaluated. The results indicated that *N. glauca* and *K. humboldtiana* (10% w/v) are the best treatments with 0% damaged seed, no emergence of the pest's F1, and maintained intact germination capacity. Extracts of these two plants may be an alternative to manage *A. obtectus* in stored beans.

3.3. INTRODUCCIÓN

México ocupa el octavo lugar mundial en la producción de frijol *Phaseolus vulgaris* L. (FAOSTAT 2022). En 2020 se sembraron 1,676,355 ha, de las cuales, de las cuales su obtuvieron 1,086,733 toneladas (SIAP, 2022). Las pérdidas de frijol en postcosecha en México ascienden hasta el 35% y en su mayoría por los gorgojos *Acanthoscelides obtectus* (Say) *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Nava et al. 2010).

A. obtectus Say, es una de las plagas más importantes del frijol, provoca una pérdida de peso de alrededor del 10% de las semillas y después de 3 meses,

los granos pueden perderse por completo si no son tratados contra esta plaga (Lazarević, et al. 2020). Los agricultores optan por la aplicación de agroquímicos, los cuales son tóxicos para el ambiente y la salud de las personas. El más utilizado en el control de plagas de granos almacenados es el fosforo de aluminio (Yadav y Shukla 2019).

Con la finalidad de reducir los daños ocasionados por las plagas en granos almacenados, se han utilizado insecticidas sintéticos, pero presentan riesgos para el medio ambiente y la salud (Nava et al. 2012). Además, estos insecticidas tienen algunas limitaciones, tales como, la afectación a organismos no objetivo, resistencia a estos productos de los organismos objetivo, etc. (Godlewska et al 2021, Kalpna et al. 2022).

Actualmente, se están realizando investigaciones para aprovechar el potencial de las plantas, mediante la extracción de las sustancias activas que las componen (Pino et al, 2013, Twaij and Hasan 2022).

En este reporte se describen alternativas que permitan manejar al gorgojo *A. obtectus*, mediante la elaboración y aplicación de productos de origen natural, que sean efectivos contra éste, en frijol que se utilizará para semilla y que además no dañen el medio ambiente, ni pongan en riesgo la salud de las personas que lo apliquen.

Los extractos vegetales representan una alternativa económica, ya que son efectivos, y el material vegetal es fácil de encontrar en el campo (Reynaga et al. 2010, Isman, 2017), se elaboran fácil y rápidamente, una vez que se tiene el material vegetal deshidratado (Rodríguez et al. 2014).

La vida útil de los extractos puede ser hasta de 15 días en un ambiente fresco y oscuro. Además, su preparación dependerá en gran medida de la disponibilidad del material vegetal en el transcurso del año. No obstante, la concentración de metabolitos secundarios en las plantas es muy variable y depende de las condiciones climáticas y edafológicas en las cuales se hayan desarrollado (Santacoloma y Granados 2010). Los métodos de extracción

pueden ser modificados por los agricultores según sus recursos y equipamiento (Arcila et al. 2006).

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el laboratorio de entomología agrícola de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa y en el laboratorio de bioinsecticidas del CIIDIR- Unidad Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional. Se utilizaron 2,300 adultos de *A. obtectus* de 3-5 días de emergidos de una cría de laboratorio, y 10,000 semillas de frijol cultivar "Janasa".

Se colectaron ocho especies de plantas conocidas por todos los lugareños, en los campos de los municipios de Ahome y Guasave, Sinaloa, durante julio y agosto: hojas de batamote *Baccharis glutinosa* Pers. (Asteraceae), eucalipto *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc. (Rhamnaceae), gobernadora *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Cov. (Zygophyllaceae) y de tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae), corteza de copalquin *Hintonia latiflora* Bullock (Rubiaceae) y semillas de paraíso *Melia azedarach* L. (Meliaceae) e higuera *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae). Las plantas se encontraban en etapa vegetativa, a excepción del paraíso y la higuera. Se colectaron hojas del estrato superior de las plantas y semillas en estado de madurez fisiológica. Se trituraron por separado, 40 g de cada especie vegetal, previamente deshidratadas, expuestas sobre papel secante a 27 ± 2 °C durante 15 días. Las muestras secas de cada planta se pulverizaron y tamizaron utilizando una licuadora industrial y una malla antiáfidos. Se colocaron 20 g de polvo de cada una de las muestras por separado en un vaso de precipitado de 250 ml, y se adicionaron 80 ml de alcohol etílico al 96% (20% p/v). Se agitó durante 10 s en una parrilla con agitador magnético, y se dejaron en reposo 48 h en un lugar oscuro y seco a 27 ± 2 °C. Se filtró al vacío, y la fase líquida fue transferida a vasos de precipitado de 250

ml y se colocaron en un horno de secado a 40 °C, durante 24 h, Posteriormente, las muestras que quedaron en los vasos, se utilizó en los tratamientos.

Se utilizó un diseño completamente al azar con una unidad experimental de 100 semillas de frijol, y cuatro réplicas por tratamiento: T1= control (alcohol 96°), T2= fosforo de aluminio, T3= *Baccharis glutinosa*, T4= *Eucalyptus globulus*, T5= *Hintonia latiflora*, T6= *Karwinskia humboldtiana*, T7= *Larrea tridentata*, T8= *Melia azedarach*, T9= *Nicotiana glauca* y T10= *Ricinus communis*.

Para aplicar los tratamientos se utilizó un atomizador (Uline - ACT, 30 ml). A cada replica se le añadieron 2 ml (cuatro aspersiones) de cada tratamiento, excepto en el T2 en donde se agregaron 3 g del producto químico. Las semillas tratadas con el extracto se depositaron en un frasco de plástico de 200 ml con rosca, y se agregaron 10 gorgojos machos y 10 hembras en cada réplica. Se les hicieron 12 perforaciones a las tapas de los frascos con una aguja de disección de 1 mm de diámetro, y se almacenaron en un sitio oscuro a 27 ± 2 °C. La determinación de la dosis óptima se realizó solo con los extractos que presentaron los mejores resultados.

Las variables que se midieron fueron: porcentajes de mortalidad y emergencia corregidas (45 días después de la aplicación de los tratamientos) utilizando la fórmula de Abbott (1925); número de semillas dañadas al cuarto día posterior a la aplicación; porcentaje de germinación (se agregó otro tratamiento con semilla no dañada por el gorgojo); proporción de hembras; peso promedio de los adultos (F1) por sexo (Halstead 1963) y tiempo de desarrollo de los gorgojos, registrando los adultos emergidos y el día de su emergencia, mediante la metodología modificada reportada por Armenta *et al.* (2021).

La acción repelente de los extractos se llevó a cabo a través de la metodología reportada por Mazzonetto y Vendramim (2003). Se utilizaron 20 adultos de *A. obtectus* (sexo indeterminado) y en las otras cuatro cajas, se colocaron 40 semillas de frijol del cultivar Janasa en cada arena experimental. A las 24 horas se contabilizó la cantidad de adultos posados sobre frijol tratado y no tratado.

Los datos se sometieron a una prueba de normalidad Shapiro-Wilks, y al presentar una distribución normal, se realizó un análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$). Se utilizó el software estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute 2016).

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los tratamientos controlaron a *A. obtectus*. En la prueba preliminar en donde se evaluaron los extractos vegetales a dosis alta (20% p/v), y el fosforo de aluminio como testigo químico, se determinó que, aun cuando este último representa un riesgo para el medio ambiente y la salud, si es efectivo al controlar 100% de la plaga en poco tiempo. Sin embargo, existen también otros productos derivados de fuentes naturales, que alcanzan niveles de control similares. En lo concerniente a la mortalidad, *K. humboldtiana* y *N. glauca* fueron los tratamientos más efectivos, con un 98 y 89% de mortalidad (Fig. 3.1a).

Karwinskia humboldtiana, *R. communis*, *M. azedarach*, *N. glauca* presentaron 0 % de emergencia de la F1 de la plaga, con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos (Fig. 3.1b). De acuerdo con los criterios establecidos por Nava et al. (2010), un tratamiento es efectivo cuando la emergencia sea $\leq 50\%$ en la F1, para este caso, todos los extractos utilizados tuvieron dicho efecto.

El fosforo de aluminio, *K. humboldtiana*, *N. glauca*, *M. azedarach*, y *R. communis* fueron los tratamientos con menor porcentaje de semilla dañada (0%) y, por ende, la pérdida de peso de la misma (0%). Sin embargo, las dos primeras tuvieron el mayor porcentaje de mortalidad (Fig. 3.1a, 3.1c y 3.1d). Dichas variables son de gran relevancia, debido a que su reducción impacta en la calidad de plantas a producir, en el aspecto germinativo y de rendimiento de grano.

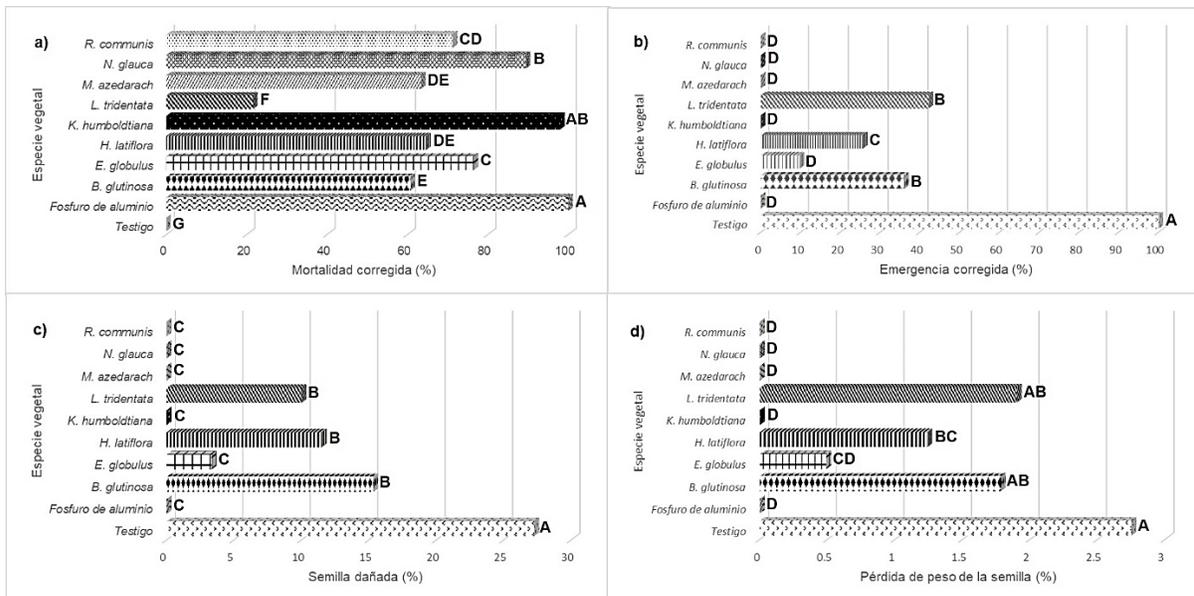


Figura 3.1. Evaluación de extractos vegetales para el manejo de *Acanthoscelides obtectus*.

Fig. 3.1. Evaluation of plant extracts for the management of *Acanthoscelides obtectus*.

La pérdida de capacidad germinativa de las semillas de frijol con fosforo de aluminio, *K. humboldtiana*, *M. azedarach*, y *N. glauca* fue 0% (Fig. 3.2a). Considerando que una semilla con buena calidad fisiológica debe tener un porcentaje de germinación ($\geq 85\%$), todos los tratamientos resultaron efectivos, en cuanto a su protección (SNICS 2020).

La proporción de hembras emergidas osciló entre 0.52 y 0.54, a excepción del *B. glutinosa*, en donde la proporción fue superior (0.57) (Fig. 3.2b). No hubo diferencias en el peso promedio de hembras (5.54 - 5.56 mg) (Fig. 3.2c) y machos (4.45–4.47 mg) (Fig. 3.2d).

Aun cuando *B. glutinosa* y *L. tridentata* fueron los tratamientos en los cuales el insecto tardó más en completar su ciclo (Figura 2e), no mostraron efecto significativo en cuanto a las demás variables evaluadas. En los tratamientos con *R. communis*, *N. glauca*, *M. azedarach* y *K. humboldtiana*, no se obtuvo el dato, por falta de adultos emergidos, lo cual es ideal, debido a que muestran un efecto significativo sobre la plaga, esto al impedir la futura reproducción de la misma.

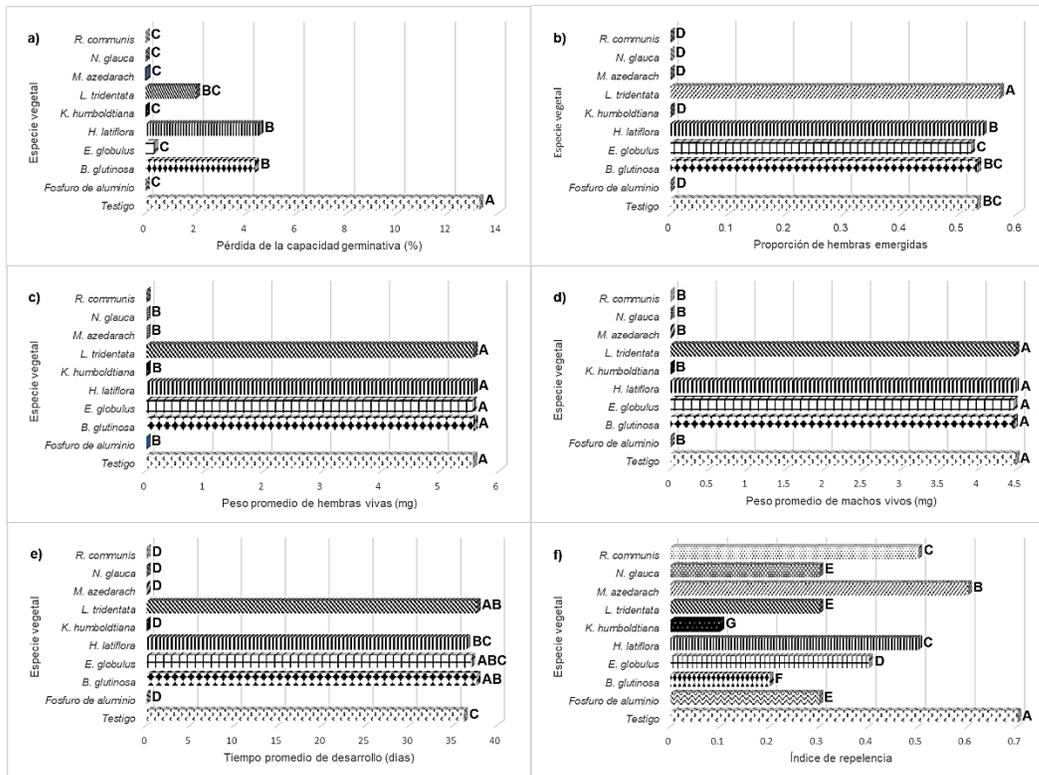


Figura 3.2. Evaluación de extractos vegetales para el manejo de *Acanthoscelides obtectus*.

Fig. 3.2. Evaluation of plant extracts for the management of *Acanthoscelides obtectus*.

Karwinskia humboldtiana presentó repelencia mayor (0.1) a la que mostraron los demás tratamientos (Figura 2f). No siempre un alto nivel de repelencia se vincula con una mayor protección de la semilla, tal y como se observó con *B. glutinosa*, el cual aun cuando presentó un alto nivel de repelencia, no tuvo un efecto significativo en el porcentaje de mortalidad y grano dañado, esto posiblemente se debe a la degradación de los metabolitos en un corto tiempo. El índice de repelencia (IR), según Manzzoneo y Vendramin (2003), clasifican al tratamiento como repelente (< 1), atrayente (> 1), o neutro (= 1), lo cual hace que *K. humboldtiana* sea un buen repelente contra *A. obtectus*.

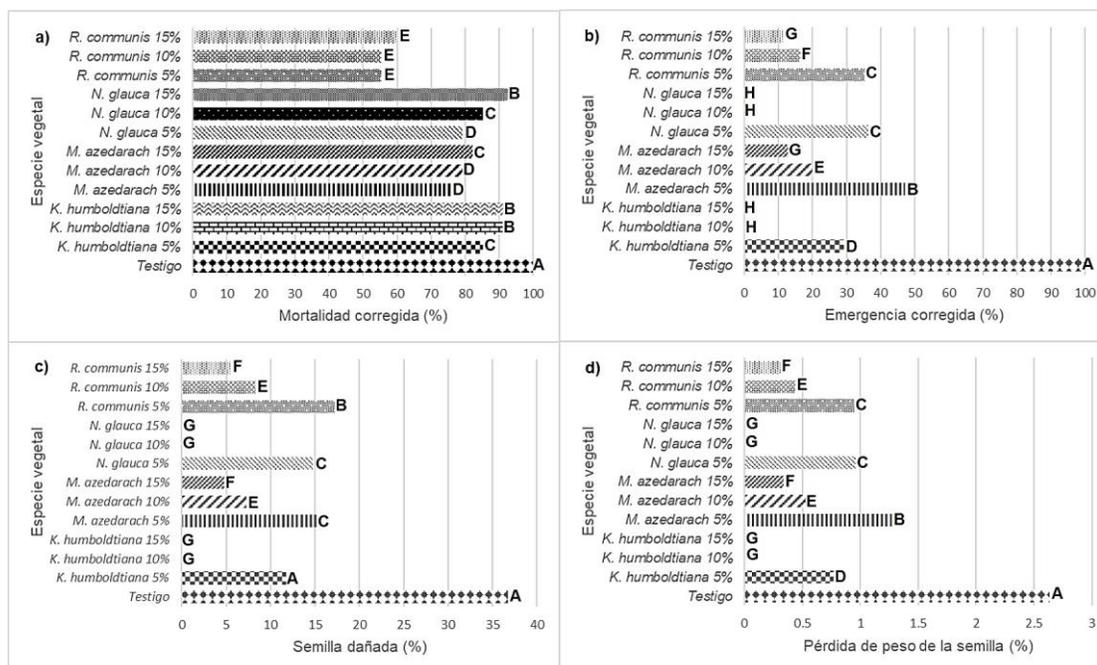


Figura 3.3. Determinación de la ventana biológica de los tratamientos más efectivos.

Fig. 3. Determination of the biological window of the most effective treatments.

En la segunda etapa del experimento, se utilizaron los extractos de *K. humboldtiana* y *N. glauca*, *R. communis* y *M. azedarach* que fueron los mejores tratamientos, con dosis de 5, 10 y 15% p/v con porcentajes de mortalidad que oscilaron entre 76 y 92.5%. A excepción de la higuera, los tratamientos presentaron un porcentaje de mortalidad mayor al 70% en todas las concentraciones probadas (Figura 3a).

Karwinskia humboldtiana y *N. glauca* (15% p/v) presentaron el menor porcentaje de emergencia corregida (0%) (Figura 3b). Armenta et al. (2020) obtuvieron porcentajes de emergencias similares con *Sitophilus zeamais* utilizando extractos etanólicos de *C. ambrosioides*, *R. communis*, *E. globulus* y *H. latiflora* a dosis de 20 % p/v.

Karwinskia humboldtiana (10 y 15% p/v) y *N. glauca* (15% p/v) fueron los mejores tratamientos al presentar el menor porcentaje de semilla dañada y

pérdida de peso de la misma, manteniendo la calidad de la semilla de frijol (0% para ambas variables) (Figura 3c y 3d).

Karwinskia humboldtiana (10 y 15% p/v) y *N. glauca* (10 y 15% p/v) presentaron el menor porcentaje de pérdida de capacidad germinativa (0%), mostrando diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos (Fig. 3.4a). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables proporción de hembras (Figura 3.4b), peso promedio de hembras (Figura 3.4c) y machos vivos (Figura 3.4d). Lo anterior sugiere que, no existe una influencia de los tratamientos sobre los adultos emergidos. Armenta et al. (2021), reportaron resultados semejantes, al determinar que no existen diferencias significativas en la proporción de hembras emergidas en seis variedades de frijol evaluadas. Los resultados en ambos estudios coinciden en que la proporción de hembras fue mayor que la de los machos en todos los tratamientos.

El tiempo promedio de desarrollo de *K. humboldtiana* (10 y 15% p/v) y *N. glauca* (10 y 15% p/v) fue cero, al no contar con adultos emergidos, por lo que se consideran los mejores tratamientos, con diferencias significativas respecto a los demás (Figura 3.4e).

Karwinskia humboldtiana presentó un mayor efecto de repelencia en todas sus concentraciones (IR= 0.05). Este indicador no siempre garantiza una mayor efectividad del producto, ya que al ser utilizada al 5% no brindó protección completa a la semilla (Figura 3.4f). Lo anterior supone que es importante realizar pruebas preliminares para determinar las dosis óptimas a utilizar del extracto sobre alguna plaga en específico y no utilizar esta característica como única y definitiva, para determinar la efectividad de un tratamiento.

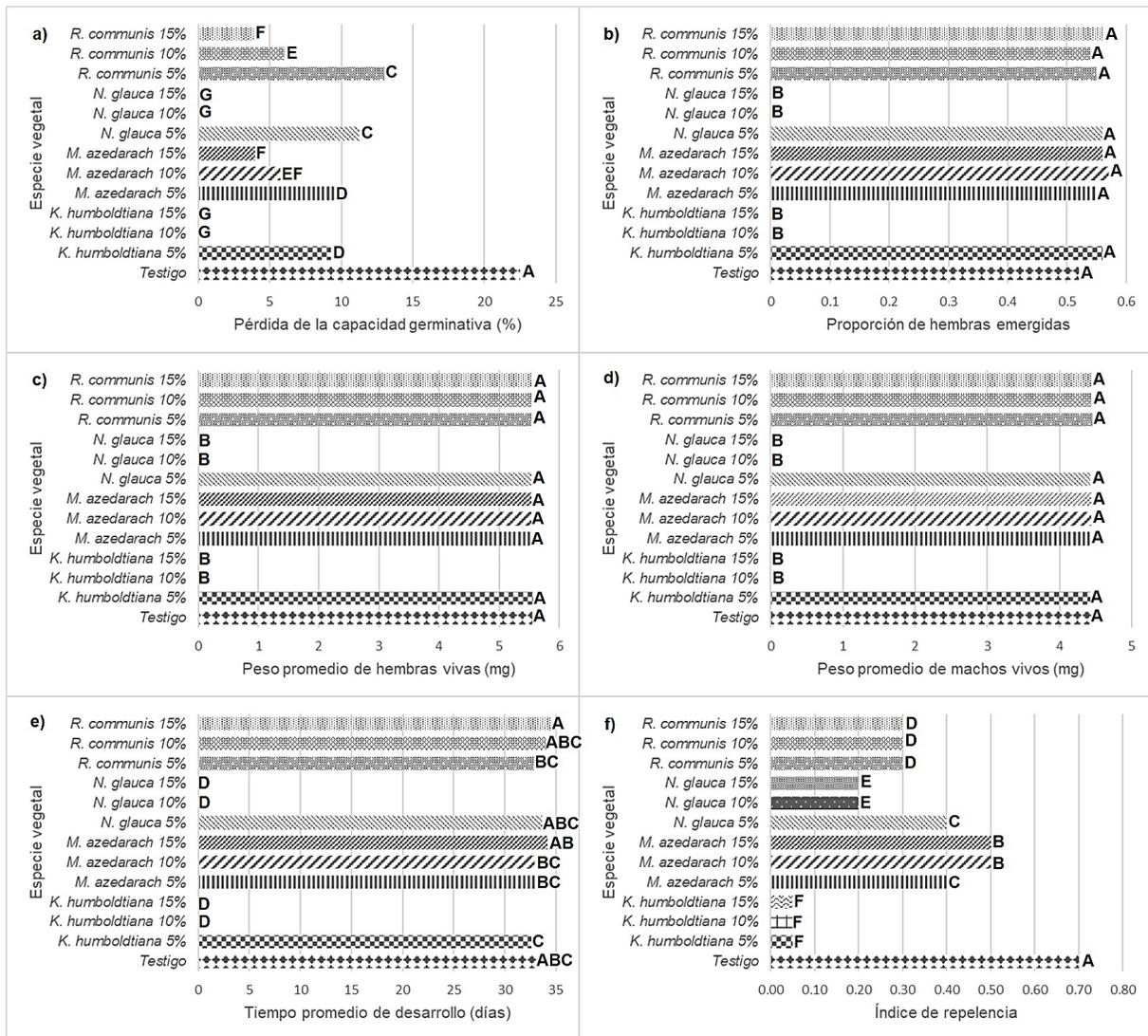


Figura 3.4. Determinación de la ventana biológica de los tratamientos más efectivos.

Fig. 3.4. Determination of the biological window of the most effective treatments.

Karwinskia humboldtiana y *N. glauca* al 10 y 15% son las mejores opciones para el manejo de *A. obtectus*. Cabe mencionar, que la disponibilidad, abundancia y biomasa del material, juegan un papel importante al seleccionar la mejor alternativa. *N. glauca* presenta una mayor disponibilidad y accesibilidad al encontrarse distribuida como una planta ruderal, que puede encontrarse en caminos, carreteras, canales, terrenos baldíos, y en sitios cercanos a cultivos (CONABIO 2009), mientras que *K. humboldtiana*, se encuentra restringida a vegetación del tipo matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio y bosque de

encino (Fernández 1992). *Nicotiana glauca* posee una mayor biomasa, con una altura de 1.5 a 6 m y láminas foliares son de 3-25 cm de largo por 1-8 cm de ancho, por el contrario, *K. humboldtiana* mide hasta 3 m de alto y la longitud de sus hojas va de 3 a 8 cm (Bermudez 1989, CONABIO 2009).

3.6. LITERATURA CITADA

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

Arcila, C. J., P. N. Valencia, V. M. E. Bernal, y R. E. Castaño. 2006. Evaluación del extracto del trompeto (*Bocconia frutescens* L.) En el manejo de problemas fitosanitarios de interés agrícola. Cultura y Droga 11: 175-210.

Armenta, L. A. R., G. G. A. Lugo, S. B. H. Sánchez, R. V. G. Almada, y P. E. Nava. 2020. Alternativas biorracionales para el manejo del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). Entomología mexicana, 7: 124-130.

Armenta, L. A. R., G. G. A. Lugo, S. B. H. Sánchez, F. C. S. Romero, M. E. Cortez, y P. E. Nava. 2021. Resistencia del frijol al ataque del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) en la zona Norte de Sinaloa. Acta zoológica mexicana, 37: 1-18.

Bermudez, B.M.V. 1989. Toxicidad aguda de *Karwinskia humboldtiana* en diferentes especies de animales. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. 52 p.

CONABIO, 2009 Tabaquillo: *Nicotiana glauca*. Malezas de México. Consultado en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/nicotiana-glauca/fichas/ficha.htm>

Fernández, N. R. 1992. Nombres comunes, usos y distribución geográfica del género *Karwinskia* (Rhamnaceae) en México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot. 63: 1-23.

FAOSTAT. 2022. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), Statistics Division, Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/>

Godlewska, K., D. Ronga, and I. Michalak. 2021. Plant extracts - importance in sustainable agriculture. Italian Journal of Agronomy; 16: 1851. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1851>

Halstead, D. G. H. 1963. External sex differences in stored-products Coleoptera. Bull. Entomol. Res. 54: 119-134.

Isman, M. B. 2017. Bridging the gap: moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. Industrial crops and products 110: 10-14.

Kalpna, H. Y. and A. R. Kumar. 2002. Management of stored grain pest with special reference to *Callosobruchus maculatus*, a major pest of cowpea: A review, e08703. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08703>

Lathrop, F. H. 1954. The bean weevil and its control. Bulletin Maine. Experiment Station. No. 532. 34 p.

Lazarević, J., S. Jevremović, I. Kostić, M. Kostić, A. Vuleta, S. M. Jovanović, and D. S. Jovanović, D.S. 2020. Toxic oviposition deterrent and oxidative stress effects of *Thymus vulgaris* essential oil against *Acanthoscelides obtectus*. Insects 11: 563; doi:10.3390/insects11090563

Mazzonetto, F., and J. D. Vendramim. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. Neotropical Entomology 32: 145-149.

Mokhtar, M. A., J. L. Mokhtar, D. Zhiping, and C. Fangqin. 2021. Preliminary phytochemical analysis and biological evaluation of four medicinal chinese plant extracts against *Tribolium castaneum*. Sains Malaysiana, 50: 2283-2292.

Nava, P. E., P. G. Hurtado, J. R. C. Báez, T. B. Valdez, C. R. B. Ruiz, y F. R. Herrera. 2010. Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 6: 37-44.

Nava-Pérez, E., G. C. García, B. J. Camacho, y M. E. Vásquez. 2012. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. Ra Ximhai, 8: 17-29.

Pino, O., M. M. Sánchez and Rojas. 2013. Plant secondary metabolites as alternatives in pest management. II: An overview of their potential in Cuba Rev. Protección Vegetal 28: 95-108.

Rangel, L. J. A., G. J. M. Juárez, E. G. Moya, M. D. F. Andrés, C. R. Hernández, y B. E. Alvarado. 2011. Oleorresina de jícama y calidad de semilla de frijol infestada con *Acanthoscelides obtectus* Say. Agronomía mesoamericana, 22: 109-116.

Reynaga, C. J., A. A. Chungara, y F. G. Zeballos. 2010. Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades: experiencia en la zona biocultural subcentral Waca Playa, Tapacarí. AGRUCO. BIO ANDES. 42 p.

Rodríguez, J. E. F., J. B. Monar, y X. F. Andrade. 2014. El uso de biocidas botánicos para el control de las plagas en agricultura urbana. Alternativas 15: 43-52.

Santacoloma, V. L. E. y J. E. Granados. 2010. Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. Revista de Investigación Agraria Nacional 1: 31-35.

SAS Institute. 2016. The SAS System SAS Institute 2016 for Windows. Version 9.4.

Schoonhoven, A. V. 1985. Plagas que atacan granos de frijol almacenados. Programa de las Naciones Unidas. 5 p.

SIAP. 2022. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Silva, G., D. Pizarro, P. Casals, y M. Berti. 2003. Evaluación de plantas medicinales en polvo para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado. Agrociencia, 9: 384-385.

SNICS. 2020. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas 'Frijol. Regla para la Calificación de Semillas - Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), SAGARPA, México.

Twaij, B. M., and M. N. Hasan. 2022. Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses. Int. J. Plant Biol. 13: 4-14.

Yadav, Y., and V. Shukla. 2019. A short note on detrimental effects of aluminum phosphide powder residue. J. Bio-Sci. 33: 83-84.

CAPÍTULO IV. MEZCLA DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DEL GORGOJO DEL FRIJOL *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831)

MIXTURE OF PLANT EXTRACTS FOR THE MANAGEMENT OF THE BEAN WEEVIL *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831)

Vegetable Extracts Against The Bean Weevil

Arturo Rafael Armenta-López^{1*}, Eusebio Nava-Pérez^{3*}, Gabriel Antonio Lugo-García², Bardo Heleodoro Sánchez-Soto^{2,4} y Celia Selene Romero-Felix²

¹Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Av. Japaraqui, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

²Universidad Autónoma de Occidente-Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera Internacional, México 15, Los Mochis, Sinaloa, México.

³CIIDIR IPN Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Batiz Paredes # 250, Guasave, Sinaloa, México.

4.1 RESUMEN

El gorgojo *Acanthoscelides obtectus* es un insecto plaga que afecta la calidad física, nutricional y fisiológica de las semillas de frijol. Su manejo se basa en el uso indiscriminado de insecticidas químicos tóxicos para el medio ambiente y la salud de las personas. Como alternativa, en el presente trabajo se evaluaron los extractos etanólicos de tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham. y cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc. a diferentes concentraciones (5, 10 y 15 % p/v), de forma independiente y en mezcla. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre tratamientos, siendo estadísticamente superiores: tabaquillo 15 % + cacachila 15 % y tabaquillo 15 % + cacachila 10 % al inducir una mortalidad del 78 %, daño de la semilla y emergencia en la F1 de 0 %. Se recomienda la utilización de los extractos de cacachila y tabaquillo al 15 % de manera independiente, debido a que su eficacia fue similar, al inhibir por completo el daño y emergencia, sólo con una leve desventaja en cuanto a mortalidad, que osciló entre el 69 y 72 %, pero con una utilización de materia prima menor para su elaboración.

Palabras clave: Manejo, postcosecha, semilla, plantas, metabolitos.

4.2 ABSTRACT

Acanthoscelides obtectus weevil is a pest insect that affects the physical, nutritional, and physiological quality of bean seeds. Its management is based on the indiscriminate use of toxic chemical insecticides for the environment and people's health. As an alternative, in the present work the ethanolic extracts of tree tobacco *Nicotiana glauca* Graham were evaluated, and *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc. at different concentrations (5, 10 and 15% w/v), independently and in a mixture. The results indicate that there are significant differences between treatments, being statistically superior: tree tobacco 15 % + cacachila 15 % and tree tobacco 15 % + cacachila 10 % when inducing a mortality of 78 %, seed damage and emergence in the F1 of 0 %. The use of the extracts of cacachila and tabaquillo at 15 % is recommended independently, because their efficacy was similar, completely inhibiting the damage and emergence, only with a slight disadvantage in terms of mortality, which ranged between 69 and 72%, but with a lower use of raw material for its production.

Key words: Management, postharvest, seed, plants, metabolites.

4.3 INTRODUCCIÓN

El gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) es una plaga primaria en frijol a nivel mundial (Vilca *et al.* 2013) que se presenta en campo y almacén (Baier y Webster 1992). Este insecto constituye un problema para las semillas almacenadas, pues reduce en 10 % su peso y ocasiona daños de hasta el 100 % de la producción en un período de 3 meses, cuando no es controlado de manera oportuna (Lazarević *et al.* 2020). Para el manejo de *A. obtectus* se realizan en su mayoría aplicaciones de fosforo de aluminio (Yadav y Shukla 2019) y de otros insecticidas piretroides, organofosforados, fosfinas y otras moléculas (Daglish *et al.* 1993) que resultan agresivas para el medio ambiente y la salud humana, que,

además, provocan un aumento en los costos de producción y generan la resistencia de los insectos a los insecticidas (Godlewska et al. 2021).

En los últimos años se ha estudiado la utilización de plantas regionales para el manejo de plagas de almacén, mediante la utilización de extractos en polvo, etánolicos, o acuosos, como una herramienta económica, práctica, eficaz y poco agresiva con organismos no blanco (Nava et al. 2012). Lo anterior, con el afán de reducir el impacto negativo ocasionado por el uso indiscriminado de los plaguicidas sintéticos. Aun cuando estos productos presentan algunas limitantes, como su período de vida, la disponibilidad de material vegetal y la variabilidad de las concentraciones de los metabolitos secundarios en plantas de la misma especie (Santacoloma y Granados 2010), estos constituyen una opción viable para su implementación por parte de los pequeños y medianos agricultores en la protección de semillas en las diversas zonas rurales (Reynaga et al. 2010, Armenta et al. 2020).

En el presente estudio se reporta la efectividad del extracto etanólico de tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham y Cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc, a diferentes concentraciones y en mezcla para el manejo del gorgojo pardo.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de entomología agrícola de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte – Universidad Autónoma de Sinaloa y el laboratorio de bioinsecticidas en el CIIDIR Sinaloa, del Instituto Politécnico Nacional.

Se emplearon 500 adultos de *A. obtectus* de 2-4 días de emergidos de una cría de laboratorio y 2,000 semillas de frijol cultivar “Janasa”.

Se colectaron e identificaron 2 especies de plantas, en vegetación del municipio de Ahome, Sinaloa durante el mes de julio; el material vegetal colectado consistió en 500 gramos de hoja de tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham. y Cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc., obtenidos del estrato superior de las plantas, estas últimas se encontraban en período vegetativo. La biomasa resultante fue puesta a secar en la sombra (27 ± 2 °C) durante 15 días. Una vez deshidratadas las muestras,

se trituraron en una licuadora industrial y se tamizaron con malla antiáfidos, por separado. Se utilizó alcohol etílico al 96% y el polvo vegetal para preparar los extractos a concentraciones de 5, 10 y 15 % p/v para cada planta. Se agitó la mezcla de polvo más alcohol por 10 s en una parrilla con agitador magnético y se dejaron reposar los tratamientos por 48 h en un ambiente oscuro y seco (27 ± 2 °C). Después la fase líquida fue separada mediante filtración y transferida a vasos de precipitado de 250 mL y se colocaron en un horno de secado a 40 °C por 24 h. Por último, se hicieron las mezclas necesarias para la obtención de los tratamientos a aplicar.

Se utilizó un diseño completamente al azar, en donde cada unidad experimental consistió en 100 semillas de frijol y 4 réplicas por tratamiento: T1= Alcohol 96 %, T2= Cacachila 5 %, T3= Cacachila 10 %, T4= Cacachila 15 %, T5= Tabaquillo 5 %, T6= Tabaquillo 5 % + Cacachila 5 %, T7= Tabaquillo 5 % + Cacachila 10 %, T8= Tabaquillo 5 % + Cacachila 15 %, T9= Tabaquillo 10 %, T10= Tabaquillo 10 % + Cacachila 5 %, T11= Tabaquillo 10 % + Cacachila 10 %, T12= Tabaquillo 10% + Cacachila 15%, T13= Tabaquillo 15 %, T14= Tabaquillo 15 % + Cacachila 5 %, T15= Tabaquillo 15 % + Cacachila 10 % y T16= Tabaquillo 15 % + Cacachila 15 %.

Para aplicar los tratamientos se utilizó un atomizador (Uline – ACT, 30 ml). Se aplicaron 2 ml (4 aspersiones) por tratamiento. Las semillas tratadas se depositaron en frascos de plástico de 250 ml con tapa, al cual se agregaron 10 parejas de gorgojo por réplica. Dichos recipientes fueron perforados en 12 ocasiones con una aguja de disección de 1 mm de diámetro. Enseguida fueron almacenados en un sitio oscuro a 27 ± 2 °C.

Se evaluaron las variables de mortalidad y emergencia corregida (Abott 1925), semilla dañada, pérdida de germinación y de peso de la misma, proporción de hembras emergidas, peso promedio de machos y hembras vivos, tiempo promedio de desarrollo del insecto, utilizando la metodología modificada reportada por Armenta *et al.* (2021).

La actividad repelente de los extractos se estimó mediante las arenas de libre elección, propuestas por Mazzonetto y Vendramim (2003). Se emplearon 20 adultos de *A. obtectus* (sexo indeterminado) depositados en el frasco central de la arena y

10 semillas de frijol de cultivar “Janasa” en cada uno de los otros 4 frascos que constituyen el dispositivo.

Los datos se sometieron a una prueba de normalidad Shapiro-Wilks, y al presentar una distribución normal, se realizó un análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$). Se utilizó el software estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute 2016).

4.5 RESULTADOS

Todos los tratamientos controlaron a *A. obtectus* y muestran diferencias significativas entre sí. Respecto a la mortalidad corregida, con un 78 %, los tratamientos Tabaquillo 15 % + Cacachila 15 % y Tabaquillo 15 % + Cacachila 10 % fueron los más efectivos (Figura 4.1a). Sin embargo, todos los extractos a diferentes concentraciones manifestaron un nivel aceptable al superar el 30 % de insectos muertos (Nava et al., 2012).

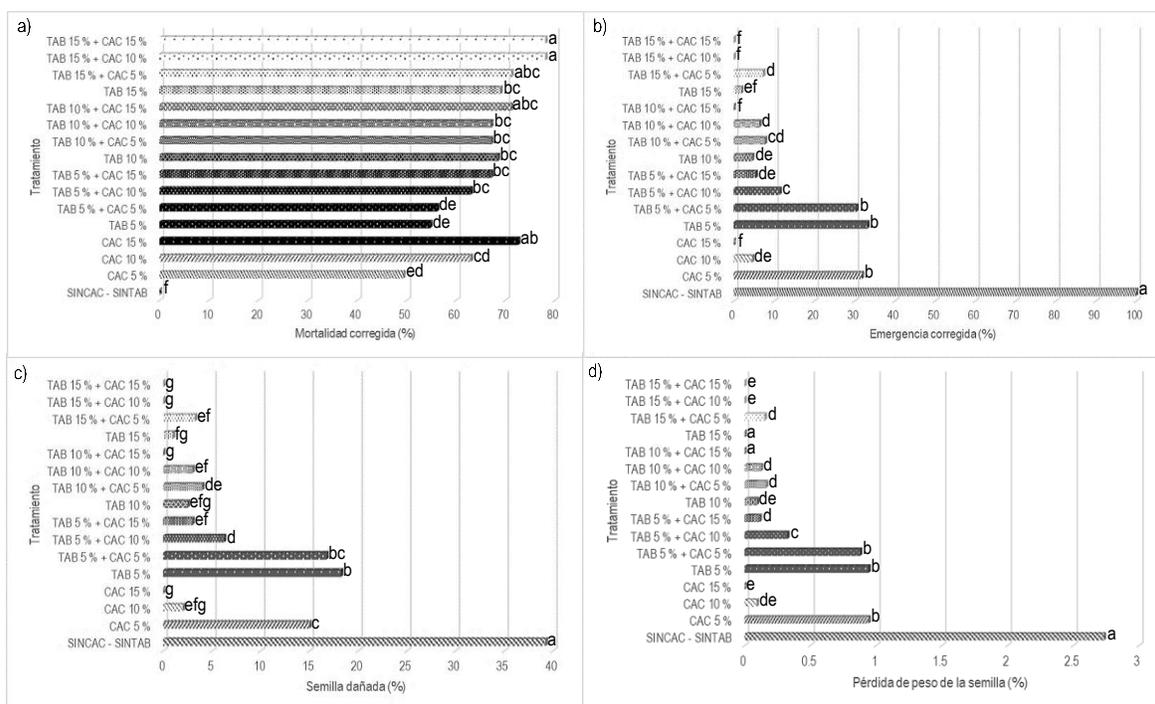


Figura 4.1. Evaluación de extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831): a) Mortalidad corregida (%); b) Emergencia corregida (%); c) semilla dañada (%) y d) pérdida de peso de la semilla (%).

En cuanto a la emergencia corregida, todos los tratamientos, a excepción de Cacachila 5 % y Tabaquillo 5 %, resultaron prometedores, al inhibir al menos el 30% de la progenie, respecto al testigo (Figura 4.1b).

En los concerniente al porcentaje de semilla dañada y porcentaje de pérdida de peso de la semilla, Cacachila 15 %, Tabaquillo 15 %, Tabaquillo 10 % + Cacachila 15 %, Tabaquillo 15 % + Cacachila 10 % y Tabaquillo 15 % + Cacachila 15 %, fueron los tratamientos más prometedores, al mantener la calidad física de la semilla intacta (Figura 4.1c y 4.1d).

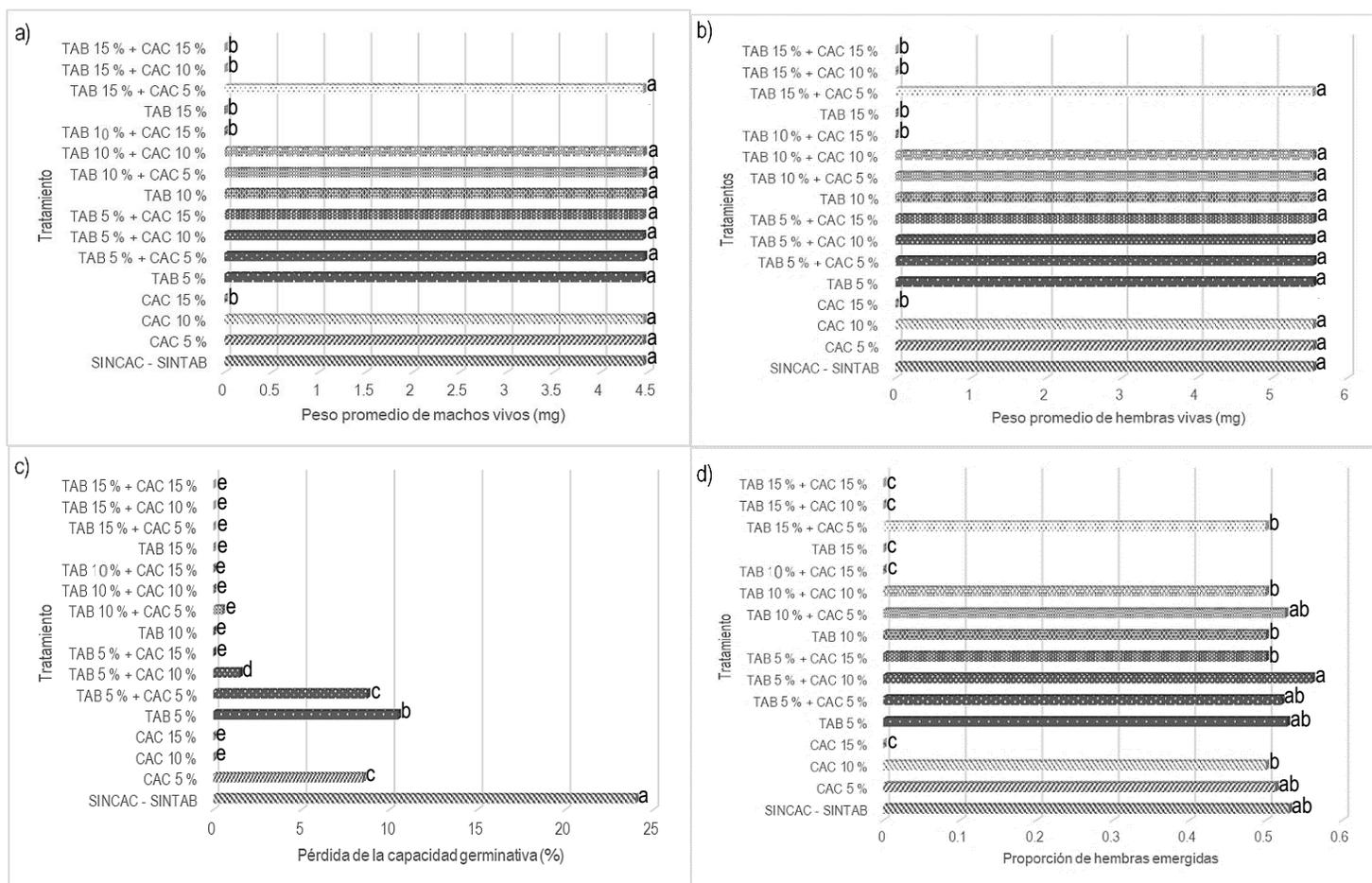


Figura 4.2. Evaluación de extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831): a) Peso promedio de machos vivos (mg); b) Peso promedio de hembras vivas (mg); c) Pérdida de la capacidad germinativa (%) y d) Proporción de hembras emergidas.

Para la pérdida del porcentaje de pérdida de capacidad germinativa, todos los tratamientos a excepción del testigo, Tabaquillo 5 %, Cacachila 5 %, Tabaquillo 5 % + Cacachila 5 %, Tabaquillo 5 % + Cacachila 10 %, inhibieron completamente la afectación de la calidad fisiológica de la semilla (Figura 4.2a).

No se obtuvieron diferencias significativas para las variables de proporción de hembras emergidas y peso promedio de hembras y machos vivos (Figura 4.2b, 4.2c y 4.2d).

Para el tiempo promedio de desarrollo, los tratamientos obtuvieron diferencias significativas respecto al testigo, Tabaquillo 10 % + Cacachila 10 % y Tabaquillo 15 % + Cacachila 5% fueron aquellos que registraron el período más largo (Figura 4.3a). Lo anterior, supone que un valor elevado en este rubro, representará un menor número de generaciones por año.

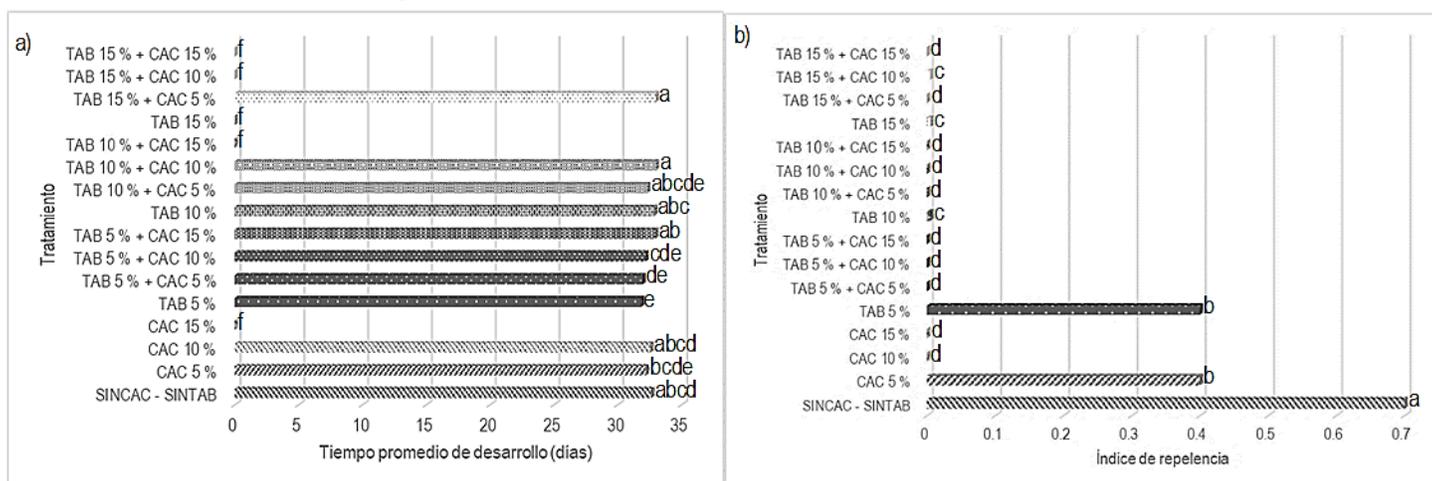


Figura 4.3. Evaluación de extractos vegetales para el manejo del gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831): a) Tiempo promedio de desarrollo (días) y b) Índice de repelencia.

El índice de repelencia en todos los tratamientos fue estadísticamente superior al testigo, con valores cercanos a cero (Figura 4.3b). Esto significa que, todos los tratamientos muestran una alta actividad repelente.

4.6 DISCUSIÓN

Los extractos vegetales a base de tabaquillo y Cacachila, a concentraciones de 5, 10 y 15 % p/v, de forma independiente, fueron evaluados con resultados favorables para el manejo del gorgojo pardo del frijol (Armenta *et al.* 2022). En el presente estudio se probaron los extractos de ambas plantas en mezcla para la detección de sinergismo o antagonismo de los compuestos e identificación de su potencial como herramienta para el control de dicha plaga.

En cuanto a mortalidad, el estándar mínimo para suponer que un producto resultó efectivo es el 30% (Abbott, 1925), por lo anterior, podemos inferir que todos los tratamientos resultaron efectivos al mostrar porcentajes que oscilaron entre el 48 y 78%, a excepción del testigo. La diferencia entre estos dos valores es amplia e implica una mayor eficacia de algunos de los productos evaluados. La variable mortalidad es importante, debido a que impacta directamente en el resto, a mayor número de insectos sobrevivientes, se muestra un incremento en la emergencia, daño de la semilla y pérdida de peso de la misma.

Para el caso de la emergencia de la F1, de acuerdo a los criterios de Nava *et al.* (2012), todos los tratamientos, menos el control, resultaron prometedores al presentar valores menores o iguales al 30%. Una emergencia mayor a esta cifra, supondría un aumento en las afectaciones de la semilla con las siguientes generaciones de insectos.

El porcentaje de daño de la semilla en el testigo fue del 39%, mientras que en el resto de los tratamientos no superó el 20%, por lo que la acción de los productos evaluados redujo en al menos un 50% la afectación del insecto plaga. Los orificios producidos por la emergencia del gorgojo, aumentan el riesgo de ser contaminada por hongos y otros patógenos (Ramírez y Suris 2015).

La pérdida de peso de la semilla fluctuó entre 0 y 0.9 %, en todos los tratamientos, a excepción del testigo que mostró afectaciones de 2.7 %. Esta variable guarda una relación estrecha con la calidad fisiológica de las semillas, debido a que grandes pérdidas de peso, reducen significativamente el uso potencial del producto para el

establecimiento de cultivos comerciales. La reducción del peso en las semillas es provocada por la alimentación voraz del insecto en su estado larval, el cual se nutre de los compuestos presentes en los cotiledones de la semilla (Gallo et al. 1988) y esto, a su vez representa un agotamiento en sus reservas energéticas, lo que induce un menor porcentaje de emergencia y vigor de la estructura (Dell'Orto y Arias 1985).

La pérdida de la capacidad germinativa fue 27 % para el testigo, del 5 al 10 % para el caso de Cacachila 5 %, tabaquillo 5 % y cacachila 5 % + tabaquillo 5 %, para el resto, fue de 0 %. Según datos del SNICS (2020), el porcentaje mínimo de germinación de las semillas debe ser del 80 % para considerarse de calidad, parámetro que todos los tratamientos cumplen, a excepción del testigo. Por tal motivo se deduce que cualquiera de ellos brinda una protección adecuada, garantizando los estándares mínimos, según la norma oficial para la certificación de semillas.

La proporción de hembras emergidas osciló entre el 0.50 y 0.56, datos que coinciden con los obtenidos en estudios previos (Armenta *et al.* 2022). Aunque cabe mencionar, que los tratamientos que rondaron el 0.50 de proporción, fueron aquellos en donde el número de insectos emergidos fue muy reducido, mientras que en donde la progenie fue mayor, la proporción alcanzó valores de 0.53 – 0.56. De acuerdo a esta información se infiere que el sexo de la F1 no se ve afectado por la aplicación de extractos vegetales.

Con relación al peso promedio de hembras y machos vivos, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Lo anterior, presupone que la aplicación de un extracto vegetal no repercute en el peso de la progenie, lo que coincide con los trabajos realizados por Armenta *et al.* (2022). Así también, Armenta et al. (2021) demostró que, de las seis variedades de frijol utilizadas en Sinaloa, México, ninguna de estas impactó directamente sobre esta variable en dicho experimento.

El tiempo promedio de desarrollo fluctuó entre 31 y 33 días. La importancia de este parámetro es que un valor menor, implica que un mayor número de generaciones de insectos por año.

El índice de repelencia (IR), según Mazzoneto y Vendramin (2003), clasifican al tratamiento como repelente (1), o neutro (= 1). De acuerdo a los resultados obtenidos, se deduce que todos los tratamientos manifestaron repelencia en diferente grado. Los tratamientos con menor nivel de repelencia fueron el testigo, Cacachila 5 % y tabaquillo 5 %. Para el resto de los tratamientos, la repelencia fue mayor, al ahuyentar al 95 – 100 % de insectos utilizados en los experimentos. A mayores concentraciones, el nivel de repelencia aumentó, esto debido a la acción de los metabolitos secundarios presentes en los extractos etanólicos. No obstante, en algunos tratamientos los productos mostraron un alto nivel de repelencia, sin controlar al insecto de manera adecuada, esto, probablemente esté vinculado a la volatilidad y residualidad del extracto.

En términos generales, los tratamientos con mayor concentración del extracto, ya sean puros o en mezcla demostraron una mayor efectividad para el manejo del gorgojo pardo del frijol. Aunque, si bien los tratamientos de tabaquillo 15 % + Cacachila 15 %, tabaquillo 15 % + Cacachila 10% fueron los mejores en cada uno de los parámetros evaluados, se observó que los tratamientos independientes de tabaquillo 15 % y cacachila 15 % mostraron resultados similares.

4.7 CONCLUSIONES

Las mezclas de tabaquillo 15 % + Cacachila 15 % y tabaquillo 15 % + Cacachila 10 % fueron los tratamientos más efectivos para el manejo del gorgojo pardo del frijol. Por su parte, los tratamientos de tabaquillo 15 % y cacachila 15 %, de forma independiente, son los más recomendables por conservar un efecto de control similar, al manifestar un 69-72 % de mortalidad y nula pérdida de calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, esto con un menor gasto de mano de obra y recursos materiales para la elaboración del extracto.

4.8 LITERATURA CITADA

Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of economic entomology*. 18: 265-267.

- Armenta-López AR, Lugo-García GA, Sánchez-Soto BH, Almada-Ruíz VG y Nava-Pérez E (2020) Alternativas biorracionales para el manejo del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología mexicana*, 7: 124-130.
- Armenta-López AR, Lugo-García GA., Sánchez-Soto BH, Romero-Félix CS, Cortez-Mondaca E, Nava-Pérez E (2021) Resistencia del frijol al ataque del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) en la zona Norte de Sinaloa. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 37: 1–18. [10.21829/azm.2021.3712427](https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712427) elocation-id: e3712427
- Armenta-López AR, Nava-Pérez E, Lugo-García GA, Sánchez-Soto BH, Romero-Félix CS, Gaxiola-Félix J (2022) Extractos vegetales para el manejo del gorgojo pardo del frijol. *Southwestern Entomologist*, 47: 903 – 914.
- Baier AH, Webster BD (1992) Control of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) in *Phaseolus vulgaris* L. seed stored on small farms. Evaluation of damage. *J. Stored Prod. Res.* 28, 289e293. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(92\)90011-E](https://doi.org/10.1016/0022-474X(92)90011-E).
- Daglish GJ, Hall EA, Zorzetto MJ, Lambkin TM, Erbacher JM (1993) Evaluation of protectants for control of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) in navybeans (*Phaseolus vulgaris* (L.)). *Jouranl Stored Prod. Res.* 29, 215e219. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(93\)90003-M](https://doi.org/10.1016/0022-474X(93)90003-M)
- Dell'Orto T y Arias V (1985) Insectos que dañan granos y productos almacenados. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x5053S/x5053s04.htm#Familia%20bruchidae>
- Gallo D, Nakano O, Wiendl F, Silveria S, Carvalho R (1988) Manual de entomología agrícola. Sao Paulo, Brasil, Editora Agronómica Ceres, 649 pp. Disponible en: https://ocondedemontecristo.files.wordpress.com/2013/07/livro-entomologiaagrc3adcola-_jonathans.pdf (consultado en 28, marzo, 2021).

- Godlewska K, Ronga D and Michalak I (2021) Plant extracts - importance in sustainable agriculture. *Italian Journal of Agronomy*; 16:1851. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1851>
- Lazarević J, Jevremović S, Kostić I, Kostić M, Vuleta A, Jovanović SM., and Jovanović DS (2020) Toxic, Oviposition Deterrent and Oxidative Stress Effects of *Thymus vulgaris* Essential Oil against *Acanthoscelides obtectus*. *Insects* 11: 563; doi:10.3390/insects11090563
- Mazzonetto F y Vendramim JD (2003) Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology* 32: 145-149.
- Nava-Pérez E, García GC, Camacho BJ y Vásquez ME (2012) Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8: 17-29.
- Ramírez S y Suris M (2015) Ciclo de vida de *Acanthoscelides obtectus* (Say) sobre frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 30 (2), 158–160.
- Reynaga CJ, Chungara AA y Zeballos FG (2010) Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades: experiencia en la zona biocultural subcentral Waca Playa, Tapacarí. AGRUCO. BIO ANDES. 42 p.
- Santacoloma VLE y Granados JE (2010) Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. *Revista de Investigación Agraria Nacional*, 1: 31-35.
- SAS Institute (2016). The SAS System SAS Institute 2016 for Windows. Version 9.4.
- SNICS (2020) Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Frijol. Regla para la Calificación de Semillas - Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), SAGARPA, México.
- Vilca Mallqui KS, Oliveira EE, Guedes RNC (2013) Competition between the bean weevils *Acanthoscelides obtectus* and *Zabrotes subfasciatus* in common

beans. J. Stored Prod. Res. 55, 32e35.
<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.07.004>.

Yadav Y and Shukla V (2019) A short note on detrimental effects of aluminium phosphide powder residue. J Bio-Sci., 33: 83-84.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio ha permitido identificar diferencias significativas en la resistencia de distintos cultivares de frijol frente al ataque de *Acanthoscelides obtectus*. Entre los seis cultivares evaluados, Aluyori y Azufrado Higuera destacaron por su mayor resistencia, mostrando un menor número de adultos emergidos, menor porcentaje de semilla dañada, y una reducción mínima en la pérdida de peso y capacidad germinativa de la semilla. Por el contrario, el cultivar Janasa se mostró más susceptible, evidenciando el mayor daño en términos de número de adultos emergidos, porcentaje de semilla dañada, y pérdida de peso y viabilidad.

Adicionalmente, se identificaron las plantas cacachila (*Karwinskia humboldtiana*) y tabaquillo (*Nicotiana glauca*) como las opciones más prometedoras para el manejo de *A. obtectus* al 10% y 15%. La elección entre estas plantas depende de su disponibilidad y biomasa. *N. glauca* presenta una ventaja significativa debido a su abundancia y distribución como planta ruderal, lo que la hace más accesible y fácil de obtener en comparación con *K. humboldtiana*, cuya distribución está limitada a ciertos tipos de vegetación. La mayor biomasa de *N. glauca* también la convierte en una opción más práctica para su uso en el manejo de *A. obtectus*.

Por último, se evaluaron distintas mezclas y tratamientos para el manejo del gorgojo pardo del frijol. Las mezclas de tabaquillo 15% + Cacachila 15% y tabaquillo 15% + Cacachila 10% demostraron ser las más efectivas, logrando altos niveles de control de la plaga sin comprometer la calidad física y fisiológica de las semillas. Sin embargo, el uso individual de tabaquillo 15% y cacachila 15% también se destacó por su eficacia, ofreciendo una opción viable con menores costos y menor complejidad en la preparación de los extractos.

Estos hallazgos resaltan la importancia de continuar con investigaciones sobre la resistencia de diferentes cultivares y la efectividad de tratamientos naturales, especialmente en el contexto de mejorar la selección de semillas y optimizar las prácticas de manejo de plagas postcosecha en frijol.

CAPÍTULO 6. LITERATURA CITADA

- Aceves, M.A., Otero, S.M., Rebolledo, D.O., Lezama, G.R. y Ochoa, M.M. (2005). Producción y efecto antagónico de quitinasas y glucanasas por *Trichoderma* spp, en la inhibición de *Fusarium subglutinans* y *Fusarium oxysporum* in vitro. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 273-278.
- Agrios, G. (2005). *Fitopatología*. 5th edition. Elsevier Academic Press, Nueva York. 922 p.
- Aguilar, C. A y Zolla, C. (1982). *Plantas toxicas de México*. Instituto mexicano del seguro social, México, D.F. 271 p.
- Aguirre R. y Peske S.T. (1988). *Manual para beneficio de semillas*. Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia 281p.
- Altieri, M.A. (1995). *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Altieri, M.A. y Nicholls, I.C. (2013). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65-83.
- Artigas, J. 1994. *Entomología económica: insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario*. Nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos. Universidad de Concepción. v2. 993p.
- Alonso, J. (2007). *Tratado de fitofármacos y neutraceuticos*. 1ª reimpresión corregida y renovada. Edit. Corpus. Argentica. 803 p.
- Anaya, D.G.M. (1991). *Estudio etnobotánico del complejo Quina en México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 164 p.
- Andrei, G.M., Coulombie, F.C., Courreges, M.C., de Torres, R.A. y Coto, C.E. (1990). Meliacine, an antiviral compound from *Melia azedarach* L., inhibits interferon production. *Journal of interferon research*, 10(5), 469-475.
- Ángel, R.M.D., Pérez, S.J. y Morales, F.J. (2015). Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* JE Smith (Lepidoptera: Noctuidae), del maíz en el estado de Guerrero. *Entomología Mexicana*, 2, 260-265.
- Annis, P.C. (1986). Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: a review of current knowledge. Proc.4th work conf. Stored Product Protection, Tel Aviv, Israel.

- Aragón, G.A., Yépez, Y.S., Rorres, C. y López, O.F.J. (1995). Combate de *Sitotroga cerealella* (Oliver) y *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) mediante espolvoreo con *Argemone mexicana* (Papaveraceae) y *Ricinus communis* (Euphorbiaceae). Memoria de las V Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada. Junta de Andalucía. Sevilla España.
- Araya, G.J.A. (1993). Effectiveness of mineral and vegetables dusts against stored maize and bean pests at Zacatecas and Guerrero States.[Spanish].
- Ardón, M.C.E. (2008). Descripción y uso de especies con propiedades medicinales en las comunidades de San Francisco Chancó, Salitrón y Corral de Piedra, de la microcuenca del río Chancó, del municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Chiquimula, Guatemala. 227 p.
- Arellano, C.E., Mendoza, C.J.F., Domínguez, C.F.J. (1994). Intoxicación por *Karwinskia Johnstonii* Fernández. Estudio de 12 pacientes. Bol Med Hosp. Infant Mes; 1(2): 105-112.
- Arias, R.J.H., Rengifo, M.T. y Jaramillo, C.M. (2007). Buenas practicas (BPA) agronómicas en la producción de frijol voluble. Manual técnico. Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".167 p.
- Armenta, L.A.R., Lugo, G.G.A., Sánchez, S.B.H., Almada, R.V.G. y Nava, P.E. (2020). Alternativas biorracionales para el manejo del picudo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera:Curculionidae). *Entomología mexicana*, Vol.7: 124-230. ISSN: 2448-475X.
- ASERCA (2009). "El manejo de los granos básicos" *Boletín ASERCA Regional Peninsular*. Núm. 21/09. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), marzo.
- Back, E.A. (1922). Weevils in beans and peas. USDA. Farmer's Bulletin 1275: 3-36.
- Back, E.A. (1925). Weavils in beans and peas. USDA Farmers' Bulletin no. 1275: 35p.
- Barboza, G., Cantero, J.J., Nuñez, C. y Espinar, L.A. (2006). Flora medicinal de la Provincia de Córdoba (Argentina). Pteridófitas y Antófitas silvestres o naturalizadas. Ed. Museo Botánico de Córdoba. Argentina.
- Baptista, E.B., Zimmermann, D.C., Lataliza, A.A. y Raposo, N.R. (2015). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Eucalyptus smithii* against dermatophytes. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 48(6): 746-752.

- Barbour, M.G. 1969. Age and space distribution of the desert shrub *Larrea divaricata*. *Ecology* 50:679-685.
- Belmares, H., Barrera, A., Ramos, V.L, Castillo, E. y Motomochi, V. (1979). Research and development of *L. tridentata* as a source of row material. Pp. 247-276. En: Campos, E., Mabry, T.J. y Fernández, T.S. (eds.). *Larrea*. Serie El Desierto CIQA. Saltillo, Coahuila, México.
- Beltrán, R., L., Romero, M. A., Luna, C. M., Vibrans, H., Manzo, R. F., Cuevas, S. J., y García, M. E. (2015). Historia natural y cosecha de corteza de quina amarilla *Hintonia latiflora* (Rubiaceae). *Botanical sciences*, 93(2), 261-272.
- Bello, A., Tello, J., López, P.J.A., García, A. A. (2002). Los sistemas agrarios mediterráneos como modelo agroecológico. En: Labrador, J., Porcuna, J. L., y Bello, A. (Eds). *Agricultura y Ganadería Ecológica*. SEAE, Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 35-52.
- Ben Hassine, D.M., Abderrabba, Yvon, A., Lebrihi, F., Mathieu, F, Couderc, F. y Bouajila, J. (2012). Chemical composition and in vitro evaluation of the antioxidant and antimicrobial activities of *Eucalyptus gillii* essential oil and extracts. *Molecules* 17(8): 9540-9558.
- Bermudez, B.C. (1989). Toxicidad aguda de la *Karwinskia humboldtiana* en diferentes especies de animales. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. 52 p.
- Borhidi, A. (2006). Rubiáceas de México. Akadémiai Kiadó. Hungría. 340 p.
- Bose, M.L.V.; Wanderley, R. da C. Digestividade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo de mamona desintoxicado e de ferro de alfafa em ovinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 17, n. 5. p. 456-464, 1988. Brinker, F. (1993). *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or Creosote Bush). *British Journal of Phytotherapy* 3:10-30.
- Bustamante, S., Olvera, R.J., Correa, E., Nieto, C.L. (1978). Intoxicación fatal por (*Karwinskia humboldtiana*) comunicación de un caso. *Gac. Méd. Méx.*; 3(5):241-244.
- Bye, R.A. (1986). Medicinal plants of the Sierra Madre: Comparative study of Tarahumara and Mexican market plants. *Economic Botany* 40:103-124.
- Calatrava, J. (2002). South-western Spain strawberry growers awareness of the Methyl Bromide phaseout and their willingness to pay for alternatives. *Proc. International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. The Remaining Challenges*. Seville 5-8 March: 302-306.

- Camacho, C.M.R. (1990). Nuevos metabolitos secundarios de *Hintonia latiflora* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock, y aislamiento de compuestos bioactivos del *Teloxys graveolens* (Willd.) W.A. Weber. Tesis de Maestría en Ciencias Químicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 205 pp.
- Camarena, M.F., Chura, C.J. y Blas, S.R. (2012). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 277 p.
- Camarillo, R.G., Ortega, A.L.D., Serrato, C.M.A., R., H.C. (2007). *Tagetes* spp. Plantas con potencial en el control de plagas. En: López, O.J.F., Aragón, G.A., Rodríguez, H.C. y Vásquez, G.M. (Eds.). Agricultura sostenible. Vol.3. Substancias naturales contra plagas. Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. pp. 32-39.
- Campos, L.E., Mabry, T.J. Y Fernández, T.S. (1981). *Larrea*. 2nd Edición, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Capdeville, C. (1945). Plagas de la agricultura en Chile. 358 p.
- Cardona, C., Posso, J., Kornegay, J. y Serrano, M. (1989). Antibiosis effects of wild dry vean accessions on the Mexican bean weevil and the bean weevil (Coleoptera: Bruchidae). J. Econ. Entomol. 82:310-315.
- Cardona, C. y Kornegay, J. (1989). Use of wild *Phaseolus vulgaris* to improve beans for resistance to bruchids. In: S. Beebe (Ed), Current Topics in Breeding of Common Beans, pp. 90-98. Proc. of the International Bean Breeding Workshop, 7-12 November, 1988. CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Working Document No. 47.
- Carmona, G.R. (2005). Efecto del tipo de remojo en la digestibilidad del almidón en frijoles cocidos. Tesis de Maestría. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos., Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México 2005; pp. 49-52
- Carpaneto, B., Abadía, R., Bartosik, R. (2013). Control integrado de plagas en granos almacenados y subproductos. Editorial: INTA. EEA Balcarce, Bs. As.
- Castillo, N.F. (1920) Contribución al estudio de la parálisis tóxica. Un envenenamiento colectivo por tullidora. En Memoria del V Congreso Médico Mexicano, Dirección de Talleres Gráficos, Vol.1, p.240.
- Cermelli, C.A, Fabiom G., Fabio, G. Y Quaglio, P. (2008). Effect of eucaliptus essential oil on respiratory bacteria and viruses. Current microbiology 56(1): 89-92.

- Chango, C.L.F. (2018). Aplicación de extractos vegetales de palo bobo (*Nicotiana glauca*), clavel chino (*Tagetes patula*) y mostaza (*Sinapis alba*) para el control de nematodos en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*). Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 53 p.
- Chittenden, F.H. (1898). Insects injuries to beans and peas. Yearbook of the Department of Agriculture for 1898: 233- 260.
- CICOPLAFEST. (2004). Catálogo oficial de plaguicidas. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. SEMARNAP, SECOFI, SAGAR y SSA, México D.F.
- Cid, R.J.A., Reveles, H.M., Velásquez, V.R., Mena, C.J. (2014). Producción de semillas de frijol. Folleto técnico No. 63. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas. 69 p.
- Clavijero, F.X. (1982). "Historia de la Antigua Baja California". México, D.F. Editorial Porrúa SA. 3era. Ed, 1982; 31-32.
- Coats, J. R. (1994). Risks from natural versus synthetic insecticides. Annual Revision Entomology 39, 489- 515.
- Collavino, M., Pelicano, A., & Giménez, R. A. (2006). Actividad insecticida de *Ricinus Communis* L. sobre *Plodia Interpunctella* Hbn. (Lepidoptera: Phycitinae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 38(1).
- CONABIO.(2009).En:<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/baccharis-salicifolia/fichas/ficha.htm>. Consultado el 13 de octubre de 2020.
- CONABIO.(2009b).En:<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/zygophyllaceae/larrea-tridentata/fichas/ficha.htm>. Consultado el 16 de octubre de 2020.
- CONABIO.(2009c).<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/meliaceae/meliazedarach/fichas/ficha.htm>. Consultado el 25 de octubre de 2020.
- Conceicao, M.M. Candeia, R. A., Dantas, H. J., Soledade, L. E. B., Fernández, V.J. y Souza, A.G. 2005. Rheological behavior of castor oil biodiesel. *Energy & Fuels*, 19:2185-88.
- Cornide, M. T. (2001). La genética vegetal, el mejoramiento y la sociedad. *Cultivos tropicales*, 22(3), 73-82.
- Correll, D.S., y Johnston, M.C. (1970). Manual of the vascular plants of Texas. *Contributions from Texas Research Foundation. A series of botanical studies*, 6.

- Coto, C. y Torres R. (1999). El paraíso (*Melia azedarach* L.): fuentes de productos bioactivos. Rev. Dominguezia. Vol. 15 - No. 1.
- Cremlyn, R. (1995). Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México, D.F. 335 p.
- Cristians, N.S. (2009). Investigación Farmacológica y Clínica de las hojas de *Hintonia latiflora* (Sessé et Mociño EX DC.) Bullock Rubiaceae: Una contribución para la elaboración de una monografía tipo OMS. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Cristians S., Guerrero, A. J.A., Pérez-Vásquez A., Palacios, E. F., Ciangherotti C., Bye R. y Mata R. (2009). Hypoglycemic activity of extracts and compounds from the leaves of *Hintonia standleyana* and *H. latiflora*: Potential alternatives to the use of the stem bark of these species. *Journal of Natural Products* **72**:408-413.
- Cruz, H.L. (1997). Evaluación del efecto insecticida de cinco extractos de plantas regionales con el pulgón *Brevicoryne brassicae* L. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 86 p.
- de Lima, R. D. L. S., Severino, L. S., Albuquerque, R. C., de Macêdo Beltrão, N. E., & Sampaio, L. R. (2008). Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. *Revista Caatinga*, *21*(5), 102-106.
- D'Luis, R.L.C.R. (2018). Evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales y de bacterias endófitas aisladas de *Melia azedarach* contra *Colletotrichum gloeosporioides*. Tesis de maestría. Universidad de Lucre. Sincelejo, Colombia. 131 p.
- Dell 'Orto, T. H., C. Arias V. (1985). Insectos que dañan granos y productos almacenados. Of, Reg. De la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- De Lucia, M. & Assennato, D. (1992). L après – récolte des grains – organisation et techniques. Roma: FAO Ed.
- De Oliveira, R.R.F., De Oliveira F. y Fonseca, M.A. (2002). As folhas de palma christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. Revisao de conhecimentos. *Revista Lecta, Braganca Paulista*. 20:183-194.
- Delfino, M.R., Sarno, M.C., Martínez, C.E. y Rinaldi, D.S. (2003). Cadmio en hojas de tabaco. Universidad Nacional del Noroeste. *Comun. Cient. y Tecnol. P.* 50-82.

- Delprete P.G. (2004). Rubiaceae. En: Smith N.P., Heald S.V., Henderson A., Mori S.A. y Stevenson D.W. Eds. *Flowering Plant Families of the American Tropics*, pp. 328-333, New York Botanical Garden Press, Princeton University Press, Nueva York.
- Dreyer, D., Arai, I., Bashman, C., Anderson, M., Smith, R. and Daves, D. (1975). Toxins causing non inflammatory, paralytic neuropathy. Isolation and Structure elucidation. *J. Am. Chem. Soc.* 87, 4986.
- Díaz, J.L. (1976). Índice y sinonimia de las plantas medicinales de México. Monografías científicas I. IMEPLAN. México, D.F.
- Domínguez X.A., Temblador S., Cedillo M.E. (1976). Estudio químico de la raíz de la tullidora (*Karwinskia humboldtiana* Zucc.) *Rev Latinoam Quim.*; 7: 46-48.
- Duran, L. (1952). Aspectos ecologicos de la biología del San Juan verde, *Hylamorpha elegans* (Burm.) y mencion de las demas especies de escarabeidos perjudiciales en Cautin. *Agricultura Tecnica (Chile)*, 12(1), 24-36.
- Durana, F.G. (2013). Uso responsable de plaguicidas en el acopio de granos. Estudio de caso: Planta de Semillas del INTA Anguil. Tesis de maestría. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 72 p.
- Essing, E.O. (1929). Origin of the vean weevil *Mylabris obtectus* (Say). *J. Econ. Entomol.* 22: 858-861.
- Eldridge, K.G., Davidson, J., Harwood, C., Wyk, G.V. (1993). *Eucalypt domestication and breeding*. Claredon Press.
- ENCE, Grupo empresarial (2006) La gestión forestal sostenible y el eucalipto. Madrid, España. Consultado en: es.slideshare.net/.../la-gestin-forestal-sostenible-y-el-eucalipto-web en Noviembre de 2020
- Faiguenbaum, H. (2003). Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Cebada. Santiago, Ograma.
- FAO. (2011). State of the world's forests. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernández, L.A.B. (1982). Evaluación del crecimiento y productividad del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en rotaciones sucesivas. Premio Excmá. Diputación Pontevedra, 70 p.

- Fernández, N.R. (1989). El género *Karwinskia* Zucc. (Rhamnaceae) en México. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P N., México, D. F. 89 p.
- Fernández, N.R. (1992). Nombres comunes, usos y distribución geográfica del género *Karwinskia* (Rhamnaceae) en México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot. 63(1): 1-23.
- Fernández N.R. (1988) Tres especies nuevas de *Karwinskia* (Rhamnaceae) de México. Acta Bot Mex.; 2: 11-20.
- Fernández, S., Hurtado, L.M., and Hernández, F. (1979). Fungicidal components of creosote bush resin. pp. 351-355. In: Advances in Pesticide Science (ed. H. Geissbühler). Pergamon Press Oxford and New York.
- Flor, H. (1946). Genetics of pathogenicity in *Melampsora lini*. J. Agric. Res. 73: 335-357.
- Flores, E., Velasco, P., Irahola, P., & Gimenez, A. (1999). Aceites esenciales con actividad citotóxica como indicador de propiedades insecticidas. *Biofarbo*, 35-38.
- Flores, V.M. (1977). Distribución de los insectos de almacén en México. En: Memorias del V Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. México. 141-166.
- Gallo, D.N., Neto, O.S., Carvalho, S. y Baptista, R.P.L. (2002). *Entomología agrícola*. Fundacao de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.
- García, G.E., Ángeles, P.M.N., San Juan, L.J., Zúñiga, E.E.A., Sánchez, Z.M. y Meléndez, R.M. (2019). Evaluación del extracto de tabaquillo (*Nicotiana glauca* Graham) con potencial efecto repelente del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*). *Entomología mexicana*, 6: 318-322. ISSN:2448-475X.
- García, J. L. M., Báez, J. R. C., & Mondaca, E. C. (1994). Manejo integrado de plagas en granos almacenados. *Tecnologías de Granos y Semillas*, 109.
- Georghiou, G. P. (1991). Insecticides Resistance and Prospects for its management. *Residue Reviews*, Vol. 76. Pp.136.
- Goodspeed, T.H. (1945). Studies in *Nicotiana* III. Univ. Calif. Publ. Bot. 18(15): 335-344.
- Gómez, H.H.A., González, M.O., y González, C.J.C. (2018). Vegetales pulverizados para el manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacenamiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4), 787-798.

- González, R., Silva, G., Urbina, A. y Gerding, M. (2016). Aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill Y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden (Myrtacea) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(3), 204-216.
- Granados, G. y Paliwal, R. L. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción* (No. 28). Food & Agriculture Org.
- Gross, G.G. (2008). From lignin to tannins: Forty years of enzyme studies on the biosynthesis of phenolic compounds. *Phytochemistry* 69:3018-3031.
- Guerrero, R.T., Piñeyro, A. y Waksman, N. (1987). Extraction and Quantification of Toxins from *Karwinskia Humboldtiana* (Tullidora) *Toxicon* 25, 5, 565.
- Guevara, C.J. (1966). Experiencias Mexicanas sobre la Obtención de Variedades de Cultivos. *Revista Peruana. de Entomología.*, 9(1): 71-74.
- Gutiérrez, A. (1988). Uso de extractos vegetales para el control de nematodos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos. Guatemala. Pp. 23, 27-51.
- Haines, C.P. (1991). *Insects and arachnids of tropical stored products : their biology and identification (a training manual)*. Natural Resources Institute. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB19960110794>.
- Haliscak, J. P., Beeman, R.W. (1983). Status of malathion resistance in five genera of beetles infesting farm-stored corn, wheat, and oats in the United States. *J. Econ. Entomol.* 76: 717-722.
- Halstead, D.G.H. (1963). External sex differences in stored-products Coleoptera. *Bulletin of Entomological Research* 54 (1): 119-34.
- Harborne, J.B. (1993). *Introduction to ecological biochemistry*. London, Acad. Press.
- Harborne J.B. (1993). *The Flavonoids: Advances in Research Since 1986*. Chapman & Hall, Londres.
- Harwood, C., (2011). Introductions: Doing it Right. In 'Developing a Eucalypt Resource: Learning from Australia and Elsewhere'. (Ed. J Walker) pp. 43-54. (Wood Technology Research Centre, University of Canterbury: Christchurch, New Zealand). Consultado en: <http://www.crcforestry.com.au/newsletters/downloads/Harwood-paper-NZConference-2011-final.pdf> Noviembre de 2020.
- Hernández, H. M. (1981). Sobre la ecología reproductiva de *Nicotiana glauca* Grah: Una maleza de distribución cosmopolita. *Botanical Sciences*, (41), 47-73.

- Hernández, G.A. y Carballo, C.A. (2010). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ficha técnica 14. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 8 p.
- Hernández, M.O. (2005). Producción de semilla certificada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con dos tecnologías y en dos ambientes en el Estado de Zacatecas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 59 p.
- Hersch, M.P. y Fierro, A. (2001). El comercio de plantas medicinales: algunos rasgos significativos en el centro de México. En B. Rendón, S. Rebollar, J. Caballero, & M. Martínez-Alfaro (Eds.), Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre los seres humanos y las plantas de los albores del siglo XXI (pp. 53-75). D.F., México: UAM, Semarnat.
- Hills, D.S. (2003). Pests of Stored Foodstuffs and Their Control. Kluwer Academic Publishers. New York.
- INIFAP. 1995. Manual para Determinar Características en Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) Celaya Guanajuato. Disponible en línea con la información en: Infoteca INIFAP <http://www.inifap.gob.mx> Consultado en Noviembre de 2020.
- Jaramillo, O.J.A. (2018). Evaluación de aceites esenciales de *Brassica carinata* Braun, *Nicotiana glauca* Graham y *Ricinus communis* L. en nematodos bajo condiciones controladas. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 45 p.
- Jian, F. y Jayas, D.S. (2012) "The Ecosystem Approach to Grain Storage". *Agricultural Research*, vol. 1, no. 2. pp. 148-156, ISSN 2249-720X, 2249-7218, DOI 10.1007/s40003-012-0017-7.
- La Billardiére, J.H. (1799). Relation du voyage a la recherche de La Pérouse, 1791-1794, vol. 2. París, *Imprimeries de La Sorbonne*.
- Laclau, J.P., Almeida J.C., Alves, J.L., Saint, A. L., Ventura, M., Ranger, J., Moreira, R.M., & Nouvellon, Y. (2009). Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf life and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. *Tree Physiology* 29: 111-124.
- Lagunes, T.A. (1993). Uso de extractos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memorias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 31 p.
- Larson, A.O. and Fisher, K.C. (1938). The Bean weevil and the southern, cowpea weevil in California. USDA. Tech. Bull. 593. 70 p.

- La Vía Campesina (LVC). (2010). "¡Miles de soluciones construye el pueblo ante el cambio climático!" LVC Views, septiembre 2010. En: <https://viacampesina.org/es/imiles-de-soluciones-construye-el-pueblo-ante-el-cambio-climatico>. Consultado el día 03 de octubre de 2020.
- La Vía Campesina (LVC). (2011). "La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo" LVC Views, núm. 6, febrero, 2011, pp 1-15. En: <https://viacampesina.org/es/la-agricultura-campesina-sostenible-puede-alimentar-al-mundo/#:~:text=En%20La%20V%C3%ADa%20Campesina%2C%20la,del%20presente%20y%20del%20futuro>. Consultado el día 03 de octubre de 2020.
- Lepiz, I.R. y Navarro, S. (1983). Frijol en el Noreste de México (Tecnología de Producción). Primera Edición. Impreso en México, SARH. Pág. 1 – 2.
- Lía, V., Confalonieri, C., Comas, J., Hunziker, J. (2001). Molecular phylogeny of *Larrea* and its allies (Zygophyllaceae): reticulate evolution and the probable time of creosote bush arrival in North America. *Molecular and Phylogenetic Evolution* 21, 309-320.
- López, D. y Llorente, M. (2010). La agroecología: Hacia un nuevo modelo agrario. Sistema agroalimentario y consumo responsable. 1ra Ed. Marquéz de Legañés (Madrid): Ecologistas en acción, 6-12.
- López, R. (2006). *Nicotiana glauca*, metales pesados en suelos. *Environ. And Exp. Bot.* 41: 105-130.
- López, T.J.M.y Salas, O.M.R. (1995). Control de algunos hongos fitopatógenos con extractos vegetales. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 66 p.
- Lorenzo, C.M., Jiménez, C.R. y Castellanos, G.L. (2013). Efectividad de formulados a base de extractos de Nim, Paraíso y Eucalipto para el control de *Sitophilus oryzae* (L.). *Revista Agroecosistemas*. Vol. 1 (2): 157-164.
- Lunyeva, M.Z., Poddubnaya, A.V.A. y Bhandari, N.N. (1970). Morphological, cytological and histochemical investigations on *Nicotiana alata*, *N. glauca*, and their hybrid. *Phytomorphology* 20(3): 270-281.
- Malpica, A.H.Z., y Miranda, Z.G.A. (2016). Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria en zonas campesinas vulnerables de los Andes del Perú. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), 71-82.
- Márquez, C., Lara, O.F., Esquivel, R.B. y Mata, E.R. (1999). Plantas Medicinales de México II: Composición, Usos y Actividad Biológica. UNAM. México.

- Martínez, N.M, Vera, H.P, Ruíz, R.M., Villalobos, L.M., Arroyo B.A., Luna, S.S., Rosas, C.F. (2018). Resistencia y tolerancia a estrés abiótico: Mecanismos sofisticados de adaptación de las plantas ante distintas condiciones de estrés. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA-IPN). 21-25.
- Martínez, M. (1944) Tullidora. Las plantas Medicinales de México. 1ra edición. Ed. Botas. p.:501-504.
- Martínez, M. (1979). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Martínez, M.P. (1989). Las plantas medicinales de México. Ed. Botas. México.
- Martínez, S., Terraza, E., Álvarez, T., Manani, O., Vila, J., Mollinedo, P. (2010). Actividad Antifúngica in Vitro de Extractos Polares de Plantas del Género *Baccharis* Sobre Fitopatógenos. Rev. Boliviana De Química, 27, 1.
- Mata R., Navarrete A., Cristians S., Hersch P. y Bye R. (2009). *Plantas Medicinales de México. Monografía Científica. Pruebas de Control de Calidad (Identificación y Composición), Eficacia y Seguridad. Copalchi-Hintonia latiflora (Sessé et Mociño ex DC.) Bullock (Rubiaceae)*. Sentido Giratorio Ediciones, México, D.F.
- McGraw, L.J.; Jäger, A.K.; van Staden, J. (2000) Antibacterial, anthelmintic and antiamebic activity in South African medicinal plants. Journal of Ethnopharmacology, v.72, p.247-263.
- Medrano, G. M. I. (2000). Evaluación de tres productos orgánicos para el control del gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* M, en granos almacenados en el municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Chiquimila, Guatemala. 40 p.
- Mejía. O.R. (2003). Estudio de efectividad biológica de insecticidas en las siguientes plagas de granos almacenados: *Sitophilus granarius* (L.), *Prostephanus truncatus* (Horn) y *Tribolium confusum* (Duval). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo, Coahuila. 68p.
- Mendoza E.M., Rodríguez P.G., Guevara A.L.P., Andrio, E.E., Rangel, L.J.A., Rivera, R.J.G. y Cervantes, O.F. (2016). Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1599-1611.
- Menéndez, A.E. (1977). El uso de variedades resistentes de frijol como una alternativa para evitar el daño causado por gorgojos en el frijol almacenado.

En: Memoras del V Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. México, D.F. del 29 de Noviembre al 02 de Diciembre. pp: 25-29.

- Mondragón, P.J. (2009). Malezas de México. Ficha: *Nicotiana glauca* Graham – Tabachín. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/nicotiana-glauca/fichas/ficha.htm> Consultado en Noviembre de 2020.
- Mimbela, G.S.A. (2013). Actividad antialimentaria y efecto tóxico del extracto vegetal de *Melia azedarach* L. sobre larvas del tercer estadio de *Spodoptera frugiperda* (Smith). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque, Perú. 68 p.
- Miranda, C.S. (1966). Identificación de las especies mexicanas y cultivadas del género *Phaseolus*. Serie de investigación #8. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Miyamoto, C.T., Sant'Anna, J.R., Franco, C.C., Cunico, M.M., Miguel, O.G., Cocco, C.L., Yamamoto, C.L., Correa, C. y Castro, M.A. (2009). Genotoxactivity of *Eucalyptus globulus* essential oil in *Aspergillus nidulans* diploid cells. *Folia microbiológica* 54(6): 493-498.
- Nahdy, M.S. (1994). An additional character for sexing the adults of the dried bean beetle *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 30 (1): 61-63. doi:10.1016/0022-474X(94)90272-0.
- Nakayama, H.D., González, M.C., Oggero, A.S., Britos, R.M, Cataldi, C.M., Cantero, F.A., Benitez, J.V., Peralta, L.I. (2018). Fitomejoramiento participativo del Ka' A' He' E. Universidad Nacional de asunción. 49 p. ISBN 978-99967-0-678-3.
- Nava, P. E., Hurtado, P. G., Báez, J. R. C., Valdez-Torres, B., Ruiz, C. R. B., & Herrera-Flores, R. (2010). Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 37-44.
- Paiva, J. (1997). *Eucalyptus globulus* Labill. (Real Jardín Botánico) Castroviejo et al. (eds.), Flora ibérica. 8. 80 pp.
- Pardos, J. (2007). Perspectiva fisiológica en la producción y mejora del eucalipto (con énfasis en *Eucalyptus globulus* Labill.) *Boletín del CIDEU*, 3: 7-55.
- Pérez, E. N., Hurtado, P. G., Báez, J. R. C., Torres, B. V., Ruiz, C. R. B., & Herrera-Flores, R. (2010). Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Ra*

Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, 6(1), 37-44.

- Pérez, J.S., Ángel, R.M.D., Pérez, A.I.E. y Taquillo, S.F. (2020). *Mirabilis jalapa* L., *Bahuinia divaricata* L., *Ricinus communis* L., *Nicotiana glauca* G. y un insecticida químico contra *Ascia monuste* (Linnaeus, 1764) en *Raphanus sativus* L. *Entomología Mexicana*. Vol. 7: 112-118. ISSN: 2448-475X.
- Ocampo, R.A. (1994). *Domesticación de plantas medicinales en Centroamérica*. Informe técnico N° 245. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1993). *Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. Manual de capacitación. Roma: Colección
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1998). *Les mycotoxines dans les grains*. Roma: FAO Edition. FAO, AGRIS.
- Ortega, M.N. (2009). *Fitorremediación de suelo contaminado por plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As) mediante la especie vegetal Nicotiana glauca G.* Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 80 p.
- Ortiz, R. M. Á., Ramírez, A. O., González, E. J. M., & Velázquez, M. A. (2015). Almacenes de maíz en México: tipología y caracterización. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 23(45), 163-184.
- Osorno, G.G.A. (1986). *Algunos aspectos de la higuera en Colombia*. Seminario. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 70 p.
- Paddock, F.B. and Reinhard, H.J. (1920). The cowpea weevil. *Tex. Agr. Expt. Sta. Bull.* 256. 92 p.
- Padrón, P.F. (1951). Estudio clínico-experimental de la parálisis por *Karwinskia humboldtiana* (tullidora) en niños. *Gac. Méd Méx.*;8:299-311.
- Pnahi, Y., Sattari, A., Pour, A.B., Beiraghdar, F., Ranjbar, R., Hedaiar J.A. y Bigdeli, M. (2011). The essential oils activity of *Eucalyptus polycarpa*, *E. largiflorence*, *E. malliodora* and *E. camaldulensis* on *Staphylococcus aureus*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR* 10(1): 43-48.
- Pérez, P. (2003) *Actividad antioxidante de extractos, fracciones y compuestos aislados de la planta Larrea tridentata*. Proyecto de investigación. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México.

- Pizano, M. (2014). Eliminación del bromuro de metilo en países en vías de desarrollo. *Una historia de éxito y sus retos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. París.*
- Pozo, E., Contreras, A. y Santa Clara, G. U. D. M. (2005). Efecto del paraíso (*Melia azedarach* (L.) en polvo vegetal como insecticida sobre el gorgojo menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.). *Centro Agrícola*. v.32(2). p. 85-87.
- Raffauf, R.R. (1970). *A handbook of alkaloids and alkaloid containing plants*. John Wiley and Sons Inc. s/p. USA. P. 186.
- Ragonese, A. E. (1973). *Biología floral y polinización controlada en "paraíso"*. Universidad Nacional de la Plata. Argentina. 8 p.
- Ragonese, A.E. y Milano, V.A. (1984). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Ed. Acme. Argentina.
- Rajendran, S. (2001). Grain Storage: Perspectives and Problems. En Chakraverty, A., Mujumdar, A. S., Vijaya Raghavan, G. S. & Ramaswamy, H. S. *Handbook of Postharvest Technology*. New York. Marcel Dekker, Inc, pp. 183-214.
- Rajendran, S. y Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*. 44:126-135.
- Ramírez, G.M. (1982). *Almacenamiento y conservación de granos y semillas*. México, D.F. 293 p.
- Ramírez, C.I. (2017). *Evaluación fitoquímica, antioxidante e hipoglucemiante del extracto de corteza de Hintonia latiflora en ratones tratados con estreptozotocina*. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN). Ciudad de México, México. 47 p.
- Ramírez, M.M., Zurbia, F.R.R. y Díaz, A.L. (1993). *Ecología del almacenamiento y el combate de insectos: Control físico y biológico en insectos de granos y semillas almacenados*. In: *Insectos de granos almacenados: biología, daños, detección y combate*. INIFAP-CIRCE-CEBAJ. p. 110-146 (Libro Técnico Núm. 1).
- Ramos, L.M.A. (2006). *Actividad de Ricinus communis L. frente a mosquita blanca Trialeurodes vaporariorum Westwood (Homóptera: Aleyrodidae)*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F. 48 p.
- Raymond, C.A. (2002). Genetics of *Eucalyptus* wood properties. *Animals of Forest Science*, 59(5-6): 525-531.
- Reyes, G.R., Borboa, F.J., Cinco, M.F. J., Rosas, B.E.C., Osuna, A.P.S., Wong, C.F.J. y León, L.J.D. (2012). *Actividad insecticida de aceites esenciales de*

- dos especies de *Eucalyptus* sobre *Rhizopertha dominica* y su efecto en enzimas digestivas de progenies. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(3), 385-394.
- Rodríguez, H.C. (2000). Plantas contra plagas: potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco. Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México. pp. 1-25.
- Rodríguez, M.R. (2004). Desarrollo y caracterización de sustratos orgánicos a partir del bagazo de agave tequilero. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 144 p.
- Rivera, C.G., Martínez, T.M.A., Vallejo, C.S., Alvarez, M.G., Vargas, A.I., Moya, S.P., and Primo, Y.E. (2001). *In vitro* inhibition of mycelial growth of *Tilletia indica* by extracts of native plants from Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:214-217.
- Romero, R.F. (1971). Descripción, biología y hábitos del gorgojo pardo del frijol, *Acanthoscelides obtectus*. Seminario de otoño. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 15 p.
- Rossetti, M.R., Defagó, M.T., Carpinella, M.C., Palacios, S.M. y Valladares, G. (2008). Actividad biológica de extractos de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 67 (1-2): 115-125.
- Rzedowski, G. y Germán, M.T. (1993). Meliaceae. En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 16. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, J. y Calderón, G. (1988). Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el Centro de México y su interés fitogeográfico. *Acta Bot. Méx.* 1: 7-9.
- Rzedowski, J., y Huerta, L. (1994). *Vegetación de México*. México: Limusa, Noriega Editores.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Saldívar, R.H.L. (2003). Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (DC) Coville]. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2), 214-222.

- Schoonhoven, A.V. (1985). Plagas que atacan granos de frijol almacenados. Programa de las Naciones Unidas (PNUD). 5 p.
- Schoonhoven, A.V. y Cardona, C. (1982). Low levels of resistance to the Mexican bean weevil in dry beans. *J. Econ. Entomol.* 75:567-569.
- Schoonhoven, A.V., Cardona, C., Valor, J. (1983). Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (Coleoptera: Bruchidae) noncultivated coramon bean accessions. *J. Econ. Entomol.* 76:1255-1259.
- Schoonhoven, L.M. (1981). Chemical mediators between plants and phytophagous insects. In *Semiochemicals: their role in pest control*. Nordlung, DA; Jones, RL; Lewis, WJ. Eds. London, Wiley, p.31-50.
- Seigler, D.S., Jakupcak, J., and Mabry, T.J. 1974. Wax esters from *Larrea divaricata*. *Phytochemistry* 13:983-986.
- Serrano, M.S., Schoonhoven, A., valor, J.F., y Cardona, C. (1983). Fuentes de resistencia en materiales silvestres de frijol al ataque del gorgojo común del frijol, *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Revista Colombiana de Entomología.*, 1(4), 13-18.
- Shreve, F. y I. L. Wiggins, (1964). *Vegetation and flora of the Sonoran desert*. Vol. II. Stanford University Press. Stanford, California.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Panorama agroalimentario 2023*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 220 p.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silva, G.; Lagunes, A.; Rodríguez, J. C.; Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales; una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE)*.
- Singh, S.R., van Emden, H.R., And Ajibola, T. (1978). *Pests of grain legumes. Ecology and Control*. Academic Press. London, New York.
- Singh, A. (2006). *Compendia of Medicinal Plants of the World*. Science Publishers. pp. 89-90.
- Slingerland, M.V. (1892). The vean weevil. *Insect Life* 5: 86-87.
- Smith, R.F. y Reynolds, H.T. (1966). Principles, definition and scope of integrated pest control. In: *Proc. FAO. Symposium on integrated pest control, Rome, Italy* pp. 1:11-17.

- Snelson, J.T. (1987). Grain protectants. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra, Australia. 448 p.
- Southgate, B.J. (1978). The importance of the Bruchidae as pest of grain legumes. Their distribution and control. Pest of grain legumes. Ecology and control. By Singh, van Emden, and Taylor. 219-229.
- Standley P. C. (1923) *Trees and Shrubs of México* T.2. Contributions from US, Natural Herbarium. V. 23. Parto 3, pp. 715-717, Washington.
- Sutherland, J.P., Baharally, C. y Permaul, D. (2002). Use of the botanical insecticide, neem to control the small rice stinkbug *Oebalus poecilus* (Dallas, 1985) (Hemiptera: Pentatomidae) in Guayana. *Entomotropica* 17:96-101.
- Tequida, M.M., Cortez, R.M., Rosas, B.E. C., López, S.S. y Corrales, M.C. (2002). Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. *Revista iberoamericana de micología*, 19(1), 84-88.
- Thomas, W. (1997). Impacto ambiental de bromuro de metilo. *Alternativas al Bromuro de Metilo en Agricultura* (Bello A, González JA, Pérez Parra J, Tello J, eds.). Junta Andalucía, Sevilla, España, 13-18.
- Torres, C.A.G., Esparza, T.B.O., González, L.C.A., Torres, Z.R. (2016). Plagas de granos almacenados. *Artrópodos y Salud*. Jul-Dic. Vol. 6. No.2: 27-32.
- Turner, C. Whitehand, L.C., Nguyen, T. y Mckeon, T. (2004). Optimization of a supercritical fluid extraction/reaction methodology for the analysis of castor oil using experimental desing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:26-32.
- Tyagi, A.K, Bukvicki, D., Gottardi, D., Tabanelli, G., Montanari, C., Malik, A. y Guerzoni, M.E. (2014). Eucalyptus essential oil as effective antibacterial agents. *Molecules* 18(8): 9334-9351.
- Upsani, S.M.; Kotkar, H.M.; Mendki, P.S. y Maheshwari, V.L. (2003). Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. *Pest Management Science*. 59:1349-1354.
- Valdés, A.F.C., Martínez, J.M., Lizama, R.S., Gaitén, Y.G., Rodríguez, D.A., y Payrol, J.A. (2010). Actividad antimalárica in vitro y citotoxicidad de algunas plantas medicinales cubanas seleccionadas. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 52(4), 197-201.
- Valencia, S.J. (2006). Efectos subletales de resistencia antibiótica a inmaduros en la demografía de adultos de los gorgojos de frijol *Acanthoscelides obtectus*

- (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera:Bruchidae). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 135 p.
- Valesi, A.G., Rodríguez, E., Vander-Velde, G., and Mabry, T.J. (1972). Methylated flavonols in *Larrea cuneifolia*. *Phytochemistry* 11:2821-2826.
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2002). Mejoramiento genético en plantas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 404 p.
- Vanderplank, J.E. (1963). Plant diseases: epidemics and control. Academic Press, New York.
- Velásquez, R. (2013). Caracterización morfoanatómica, molecular y genética de la resistencia al daño mecánico de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) en arroz. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 94 p.
- Vélez, A. (1997). Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. (No. LC-0820).
- Vera, G.J., Pinto, V.M. y García, R. G. (2011). Parámetros poblacionales de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera Bruchidae) en la variedad OTI de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de almacenamiento. *Agrociencia*, 45(7), 797-800.
- Vera, G.J., y Cruz, I.S. (2016). Parámetros poblacionales del insecto *Acanthoscelides obtectus* (Say.) en granos de cinco cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia*, 50(3), 347-353.
- Velásquez, M.J.L. (1983). Evaluación del poder bactericida o bacteriostático de la fracción etanólica de la resina de gobernadora contra las bacterias fitopatógenas *Erwinia amylovora*, *E. atroseptica* y *Pseudomonas solanacearum*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 58 p.
- Verástegui, M.A., Sánchez, C.A., Heredia, N., y García, J. S. (1996). Antimicrobial activity of extracts of three major plants from the chihuahuan desert. *Journal of Ethnopharmacology* 52, 175-177.
- Vigo, E., Cepeda, A., Pérez, F.R., y Gualillo, O. (2004). In-vitro anti-inflammatory effect of *Eucalyptus globulus* and *Thymus vulgaris*: nitric oxide inhibition in J774A. 1 murine macrophages. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 56(2), 257-263.
- Villarreal, J.A. (1983). Maleza de Buenavista Coahuila. UAAAN Saltillo, Coahuila. México. pp. 168.

- Villaseñor Ríos, J. L. y F. J. Espinosa García, (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Vivan, M. P. (2005). Uso do cinamomo (*Melia azedarach*) como alternativa aos agroquímicos no controle do carrapato bovino (*Boophilus microplus*). Tesis de maestría. Universidade Federale de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil. 72 p.
- White, N.D.G. y Leesch, J.G. (1996). Chemical control. En Subramanyam, B. y Hagstrum, D. W. Marcel Dekker, Inc. Integrated management of insects in stored products, pp. 287-330

ANEXOS

<https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712427>

Artículo original

Resistencia del frijol al ataque del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) en la zona Norte de Sinaloa

Bean resistance to the attack of the brown weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) in the North of Sinaloa

 ¹ARTURO RAFAEL ARMENTA-LÓPEZ,  ¹GABRIEL ANTONIO LUGO-GARCÍA,  ^{1,2}BARDO HELEODORO SÁNCHEZ-SOTO,  ¹CELIA SELENE ROMERO-FÉLIX,  ³EDGARDO CORTEZ-MONDACA,  ^{4*}EUSEBIO NAVA-PÉREZ



OPEN ACCESS

*Autor correspondiente:

 Eusebio Nava Pérez
eusebionavaperez@yahoo.com.mx

Cita:

Armenta-López, A. R., Lugo-García, G. A., Sánchez-Soto, B. H., Romero-Félix, C. S., Cortez-Mondaca, E., Nava-Pérez, E. (2021) Resistencia del frijol al ataque del gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera:

¹Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Av. Japaraquí, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

²Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera internacional, México 15, Los Mochis, Sinaloa, C. P. 81223.

³Campo Experimental Valle del Fuerte-CIRNO-INIFAP, Km 1609, carretera México-Nogales J.J. Ríos, Sinaloa C. P. 81110.

⁴CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes # 250, Guasave, Sinaloa, México.

Editor responsable: Alfredo Ramírez-Hernández

RESUMEN. El frijol es un producto básico en la alimentación de los mexicanos, pero su comercialización y establecimiento es afectado por el gorgojo pardo (*A. obtectus*), ya que es una plaga grave cuando la semilla está almacenada. En la última década, en Sinaloa, México, se establecieron nuevas variedades de frijol

Evidencia 1. Carátula del primer artículo publicado, en la Revista Acta Zoológica Mexicana (Diciembre, 2021).

Extractos Vegetales para el Manejo del Gorgojo del Frijol¹**Vegetable Extracts for the Management of the Bean Weevil¹**

Arturo Rafael Armenta-López^{2*}, Eusebio Nava-Pérez^{3*}, Gabriel Antonio Lugo-García², Bardo Heleodoro Sánchez-Soto^{2,4}, Celia Selene Romero-Félix², y Juan Gaxiola-Félix²

Resumen. El gorgojo del frijol, *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) es un problema para los productores y almacenadores de leguminosas. Se estima que provoca pérdidas de hasta 20% de la producción, reduciendo la calidad de la cosecha y afectan la viabilidad de las semillas para siembras. Se evaluaron extractos etanólicos de 8 plantas: hoja de batamote *Baccharis glutinosa* Pers.; eucalipto *Eucalyptus globulus* Labill; gobernadora *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.; tabaquillo *Nicotiana glauca* Graham; y cacachila *Karwinskia humboldtiana* (Shult.) Zucc.; semilla de paraíso *Melia azedarach* L. e higuera *Ricinus communis* L y corteza de copalquin *Hintonia latiflora* Bullock, a dosis de 5, 10, 15, y 20% p/v. Se evaluó la mortalidad y emergencia corregidas, índice de repelencia, porcentaje de semilla dañada y de pérdida de la capacidad germinativa. Los resultados indicaron que *N. glauca* y *K. humboldtiana* (10% p/v) son los mejores tratamientos con 0% de semilla dañada, nula emergencia de la F₁ de la plaga, y mantuvieron la capacidad germinativa intacta. Lo que los hace una alternativa para manejar a *A. obtectus* en frijol almacenado.

Abstract. The bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), is a problem for producers and storage of legumes. It is estimated to cause as much as 20% loss

Evidencia 2. Carátula del segundo artículo, publicado en la Revista Southwestern Entomologist (Diciembre, 2022).



Evidencia 3. Constancia de la ponencia en el III Congreso Nacional de Entomología Aplicada (Septiembre, 2022)



Evidencia 4. Constancia de la ponencia en el III Congreso Nacional de Entomología Aplicada (Septiembre, 2023)