

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

¹Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Av. Japaraqui, 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.



OPEN ACCESS

*Autor correspondiente:

 Eusebio Nava Pérez

eusebionavaperez@yahoo.com.mx

Editor responsable: Alfredo Ramírez-Hernández

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: 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

Recibido: 25 junio 2021

Aceptado: 20 noviembre 2021

Publicado: 14 diciembre 2021

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

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

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 de los cultivares 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*.

MATERIALES Y MÉTODOS

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).

Recolecta, 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 %.

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 taparrosca, 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:

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.

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.

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).

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:

$$\text{PCG} (\%) = \text{PGAD} - \text{PGDD}$$

donde;

PGAD = Porcentaje de germinación antes del daño.

PGDD = Porcentaje de germinación después del daño.

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.

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).

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.

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:

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

donde;

TAE = Total de adultos emergidos.

TPD = Tiempo promedio de desarrollo.

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).

RESULTADOS

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).

Total de adultos emergidos

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 si 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.

Semilla dañada

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).

Pérdida de peso de la semilla

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).

Pérdida de capacidad germinativa

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).

Proporción de hembras emergidas

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).

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

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

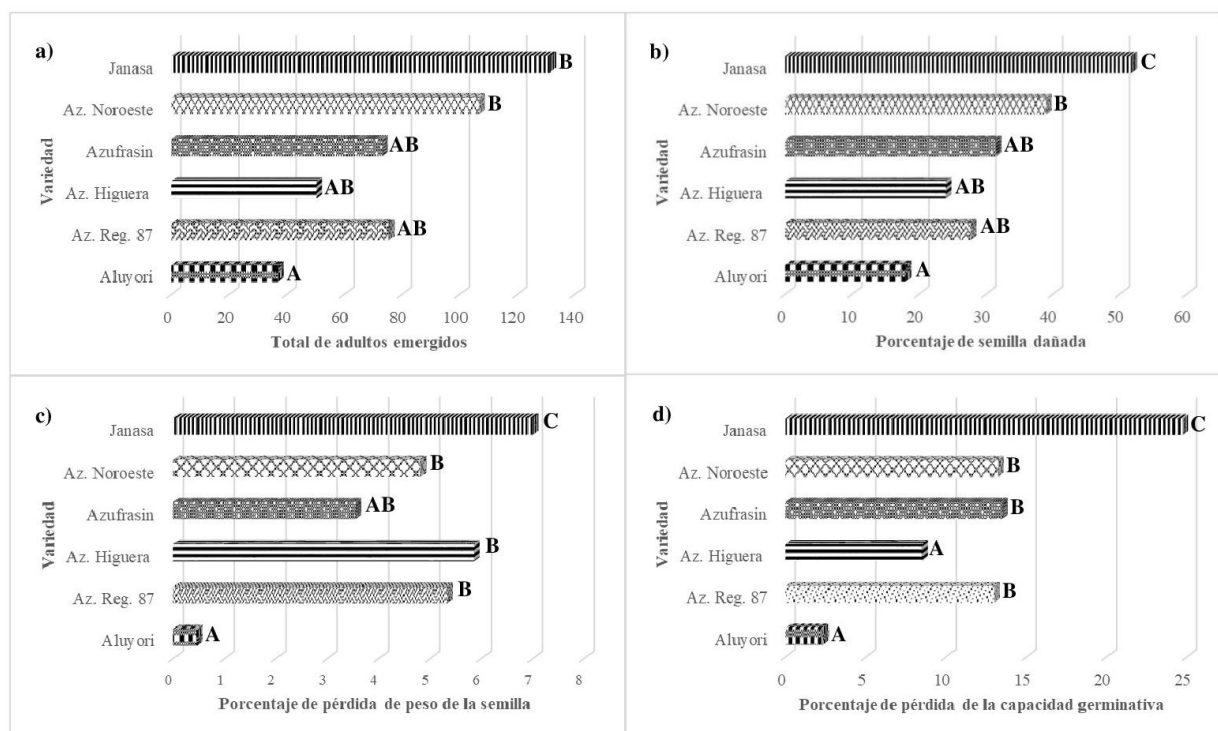


Figura 1. Promedios obtenidos en las variables: a) Total de adultos emergidos; b) Porcentaje de semilla dañada; c) Porcentaje de pérdida de peso de la semilla; y d) Porcentaje de pérdida de la capacidad germinativa, ocasionada por el gorgojo pardo sobre seis variedades de frijol (27 ± 2 °C y 80 ± 2% HR). Tratamientos que comparten las mismas letras no difieren significativamente.

Peso promedio de machos y hembras vivas

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).

Tiempo promedio de desarrollo

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).

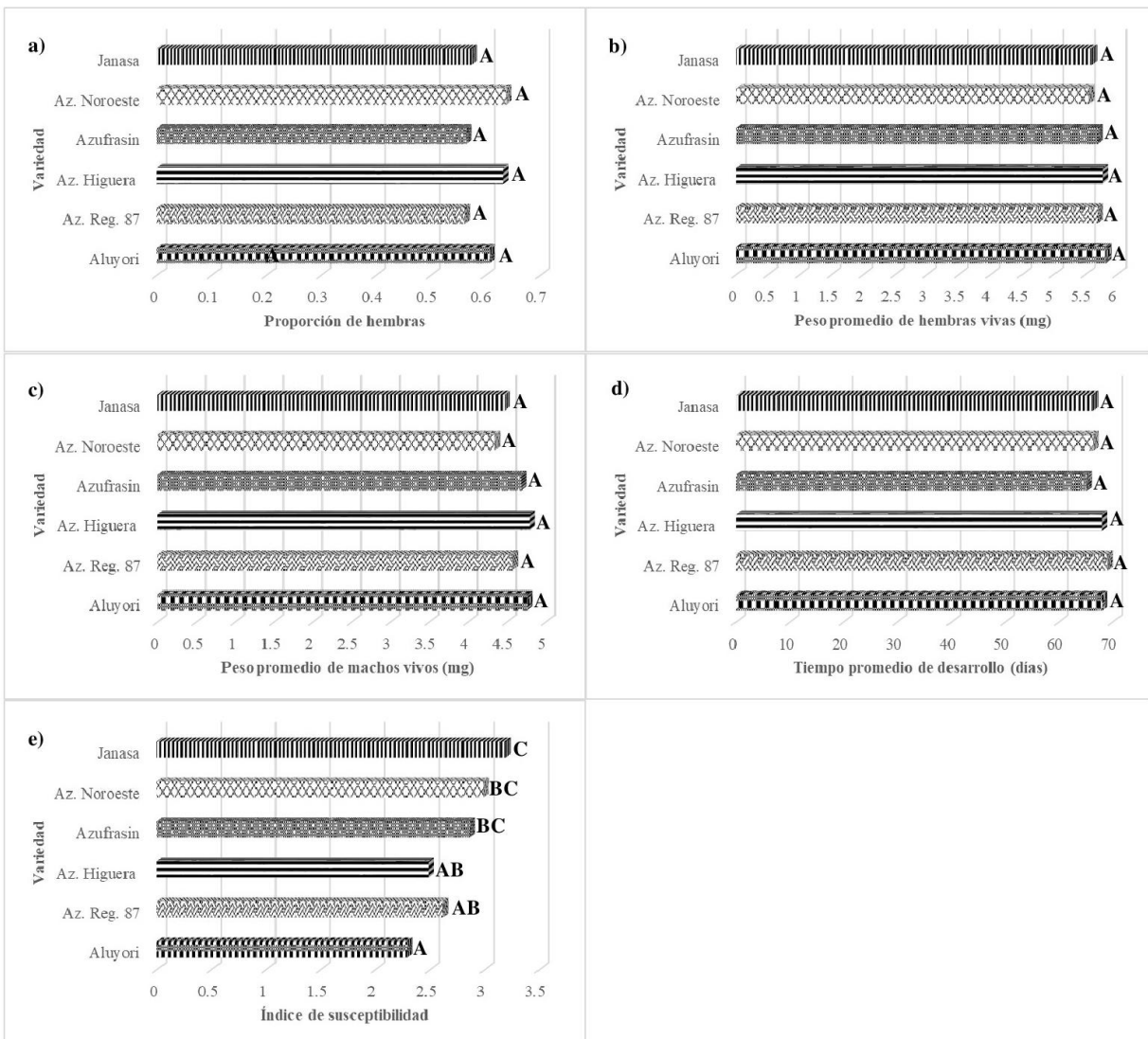


Figura 2. Promedios obtenidos en las variables: a) Proporción de hembras; b) Peso promedio de machos vivos; c) Peso promedio de hembras vivas; d) Tiempo promedio de desarrollo; y e) Índice de susceptibilidad al ataque del gorgojo pardo de 6 variedades de frijol (27 ± 2 °C y $80 \pm 2\%$ HR). Tratamientos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

Índice de susceptibilidad

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).

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

	PPS	TAE	PCG	SD	PDH	VPH	VPM	TPD	IS	LAR	ANC	ALT	PES	TAM
PPS	1.0000	0.6000	0.4285	0.4857	-	-	-	-	0.4857	-	-	0.3927	-	-
TAE		1.0000	0.8285	0.9428	-	-	-	-	0.9428	-	-	-	-	-
PCG			1.0000	0.9428	-	-	-	-	0.9428	-	-	-	-	0.1309
SD				1.0000	-	-	-	-	1.0000	-	-	-	-	0.1309
PDH					1.0000	-	-	-	-	0.1428	-	0.3927	0.3142	0.6546
VPH						1.0000	0.8800	0.6000	-	0.5428	0.6142	0.3927	0.6546	-
VPM							1.0000	0.2500	-	0.6546	0.3742	0.6546	0.7746	0.1309
TPD								1.0000	0.0416	0.1142	0.1927	0.4427	0.0746	0.8047
IS									1.0000	0.1142	0.1927	0.4427	0.0746	0.8047
LAR										1.0000	0.3542	0.4427	0.3246	0.8047
ANC											1.0000	0.4427	0.3246	0.8047
ALT												1.0000	0.3246	0.8047
PES													1.0000	0.8047
TAM														1.0000

	PPS	TAE	PCG	SD	PDH	VVPH	VVPM	TPD	IS	LAR	ANC	ALT	PES	TAM
TPD								1.00	-	-	0.37	0.13	-	-
								000	0.65	0.25	033	093	0.08	0.65
									71	71			57	46
									0.15	0.62	0.46	0.80	0.87	0.15
									62	28	99	47	17	83
IS								1.00	-	-	-	-	-	0.13
								000	0.48	0.61	0.39	0.60	0.60	0.93
									57	72	27	00		
									0.32	0.19	0.44	0.20	0.80	
									87	17	11	80	47	
LAR									1.00	0.46	0.13	0.94	0.65	
									000	291	093	286	465	
										0.35	0.80	0.00	0.15	
										52	47	48*	83	
ANC										1.00	-	0.30	-	
										000	0.42	861	0.28	
											42		28	
											0.40	0.55	0.58	
											18	18	70	
ALT											1.00	0.39	0.20	
											000	279	000	
												0.44	0.70	
												11	40	
PES												1.00	0.65	
												000	465	
													0.15	
													83	
TAM														1.00
														000

*: 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.

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).

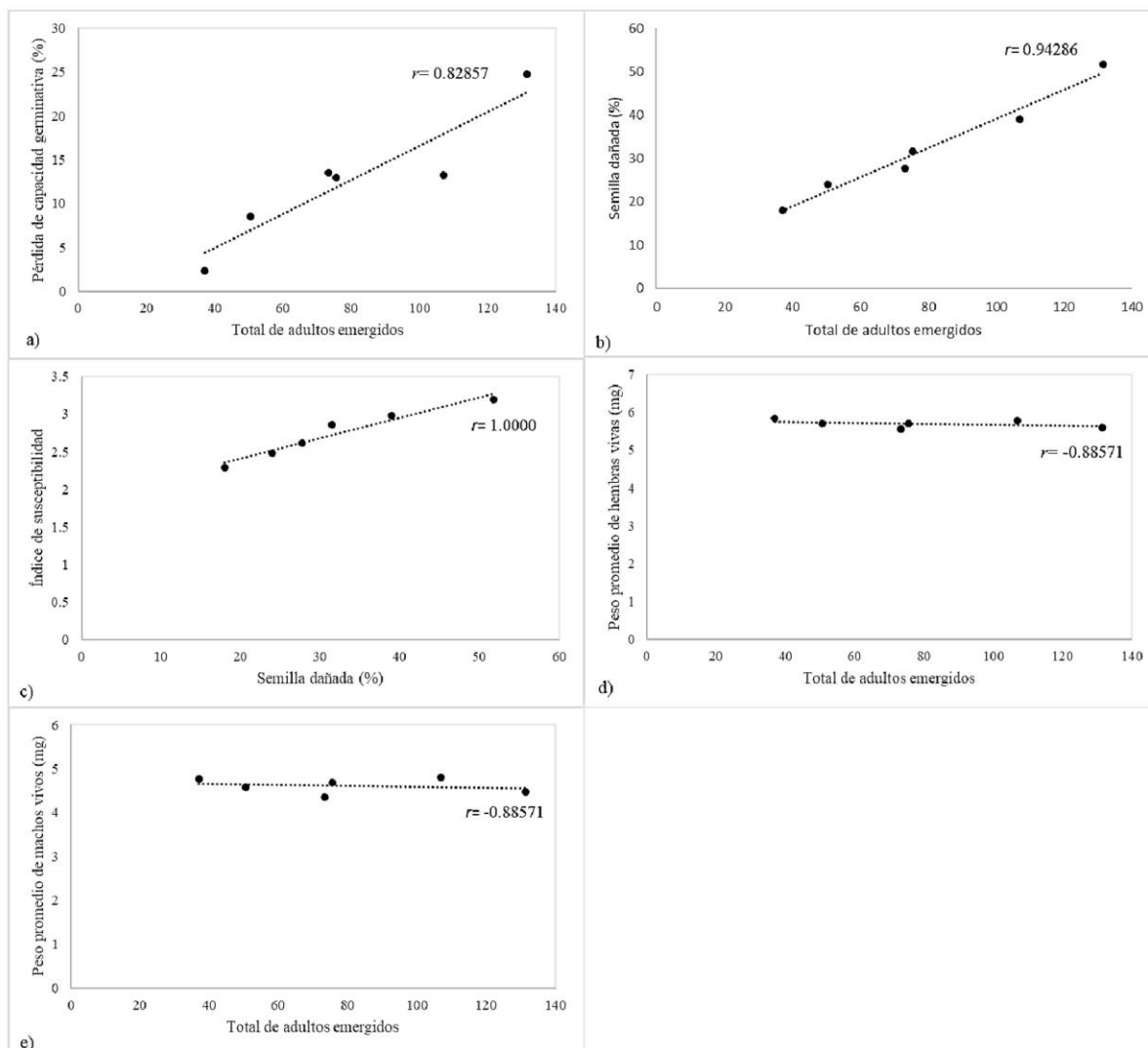


Figura 3. Correlación significativa entre variables (Spearman, $\alpha=0.05$): a) Total de adultos emergidos (TAE) y pérdida de capacidad germinativa (PCG) (%); b) TAE y Semilla dañada (SD) (%); c) SD (%) e Índice de susceptibilidad; d) TAE y peso promedio de hembras vivas (PPHV); e) TAE y peso promedio de machos vivos (PPMV).

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 (McGregor, 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 cruas 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 cruas fundamentado y de esta manera se consiga, mediante el control genético, una herramienta económica y limpia para reducir el problema.

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.

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&lpg=PP1&ots=Ep2YIsA0wl&dq=1991%20Environment%20policy%20and%20the%20economy%20%20ploeg%20straaten&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.
- McGregor, 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/?IscScript=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. En: *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/El%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>