

**Evaluación de la resistencia del frijol tepari
Phaseolus acutifolius al ataque del gorgojo de
almacén *Zabrotes subfasciatus***

**Fátima Guadalupe Arteaga Montano
Fátima Cecilia Avaroma Gutiérrez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de la resistencia del frijol tepari
Phaseolus acutifolius al ataque del gorgojo de
almacén *Zabrotes subfasciatus***

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieras Agrónomas en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Fátima Guadalupe Arteaga Montano
Fátima Cecilia Avaroma Gutiérrez**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2016

Evaluación de la resistencia del frijol tepari *Phaseolus acutifolius* al ataque del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus*

**Fátima Guadalupe Arteaga Montano
Fátima Cecilia Avaroma Gutiérrez**

Resumen: El objetivo del presente estudio fue evaluar la resistencia del frijol tepari *Phaseolus acutifolius* al ataque del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus*. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF), Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Los tratamientos fueron 25 líneas de frijol tepari y cinco de frijol común que se utilizaron como referencias, distribuidas en unidades experimentales conformadas por envases de vidrio de cuatro onzas conteniendo 20 semillas infestadas con 20 gorgojos adultos, en un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Se midieron las variables número de huevos ovipositados, número de perforaciones, porcentaje de daños en las semillas, porcentajes de pérdida de peso, promedio de adultos emergidos, tiempo de desarrollo (huevo-adulto) e índice de susceptibilidad. De acuerdo a los resultados obtenidos se determina que las líneas de frijol común PR1429-3 y PR1429-4 fueron las que presentaron menores daños causados por *Zabrotes subfasciatus*, incluyendo porcentajes más bajos de pérdida de peso, 17.9% y 5.9%, y de semilla dañada, 56.6 y 62.5%, respectivamente. Se registró una amplia variación en las variables medidas entre las líneas de frijol tepari, sugiriendo la posibilidad de mejorar la resistencia de esta leguminosa al gorgojo de almacén mediante mejoramiento genético.

Palabras clave: Daños a semillas, emergencia de adultos, índice de susceptibilidad, infestación, oviposición.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the resistance of bean tepari *Phaseolus acutifolius* to attack weevil bean *Zabrotes subfasciatus*, the study was carried out in the facilities of the Bean Research Program (PIF) at Pan-American Agricultural School, Zamorano, Honduras. The treatments were 25 tepari and five bean common lines used as references, distributed in experimental units of four ounces glass containers with 20 seeds infested with 20 adult weevils, in a completely randomized design with six replications. The variables measured were oviposition, number of perforations, percentages of seed damage and seed weight loss, average of emerged adults, development time (egg to adult) and susceptibility index. According to the results obtained is determined that the lines of common bean PR1429-4 and PR1429-3 showed minor damage caused by *Zabrotes subfasciatus*, including lower percentages of weight loss, 17.9% and 5.9%, and damaged seed, 56.6 and 62.5%, respectively. A wide variation was recorded in the variables measured in the tepari lines, suggesting the possibility of improving the resistance of this legume to the bean storage weevil through genetic improvement.

Key words: Adult emergency, infestation, oviposition, seed damage, susceptibility index.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES	21
5. RECOMENDACIONES	22
6. LITERATURA CITADA.....	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro		Página
1.	Número de huevos ovopositados, porcentaje de adultos emergidos y número de perforaciones en las semillas en genotipos de tepari y frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.	8
2.	Porcentajes de semilla dañada y pérdida de peso en líneas de tepari y frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.....	14
3.	Tiempo promedio de desarrollo e índice de susceptibilidad de las líneas de tepari y frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.....	17
4.	Coefficientes de correlación entre las variables evaluadas en el estudio de la resistencia del frijol tepari al gorgojo de almacén <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.....	20
Figura		Página
1.	Número total de huevos ovipositados por el gorgojo de almacén <i>Zabrotes subfasciatus</i> en muestras de 20 semillas de 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.	9
2.	Porcentaje de emergencia de adultos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> en muestras de 20 semillas de 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.....	10
3.	Número total de perforaciones por unidad experimental de 20 semillas en 30 líneas de frijol tepari y común infestadas con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.	11
4.	Porcentaje de semilla dañada por el ataque del gorgojo de almacén <i>Zabrotes subfasciatus</i> en 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.....	13
5.	Porcentaje de pérdida de peso de semillas de 30 líneas de frijol tepari y común infestadas con gorgojos de almacén <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.....	15
6.	Tiempo promedio de desarrollo de huevo-adulto de <i>Zabrotes subfasciatus</i> en 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.	18
7.	Índice de susceptibilidad de 30 líneas de frijol tepari y común infestados con gorgojos de almacén <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2016.	19

1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la principal fuente de proteínas para los habitantes de Centro América y El Caribe (Rosas *et al.* 2000). El frijol y el maíz representan la base de la dieta diaria de la mayoría de la población rural y urbana. Sin embargo, para el año 2020 se estiman pérdidas de producción en granos básicos y especialmente el frijol debido a incremento de temperaturas que a largo plazo podrán reducir las áreas productoras (CRS 2012). La mejor alternativa para solucionar los problemas de adaptación del cultivo de frijol a limitantes abióticos, es el desarrollo de variedades de frijol común con mayor tolerancia a la sequía y altas temperaturas para mejorar su adaptación a los efectos del cambio climático, a través del mejoramiento genético. Otra alternativa de adaptación al cambio climático, en zonas con problemas de sequía y altas temperaturas causadas por efectos del mismo, es la adopción de cultivos más tolerantes a estos factores abióticos limitantes, siendo frijol tepari (*Phaseolus acutifolius*) una de las leguminosas de grano de mayor potencial.

El Programa de Investigaciones en Frijol (PIF), a través de su participación en proyectos financiados por el “Legume Innovation Lab” y el “Climate Resilient Beans” apoyados por “Feed the Future” de USAID, está evaluando accesiones de germoplasma y líneas mejoradas de frijol tepari con el fin de identificar variedades potenciales para su cultivo en Centro América. Ensayos conducidos en los últimos años en Honduras con frijol tepari, indican un excelente potencial de rendimiento de esta especie bajo condiciones de sequía y altas temperaturas (Thomas *et al.* 1983). Sin embargo, para que el frijol tepari pueda ser adoptado como cultivo alternativo al frijol común en zonas secas y de altas temperaturas, como el “corredor seco” de Centro América (Rosas *et al.* 1990), se requerirá tener la resistencia o tolerancia al virus del mosaico común y virus del mosaico dorado amarillo y otras enfermedades que predominan en la región.

Adicionalmente, se requiere desarrollar variedades que puedan mejorar la calidad de grano del frijol tepari, incluyendo mayor tamaño y aspecto exterior para que sea atractivo a los consumidores. Uno de los aspectos sobre el que se requiere generar información básica en frijol tepari, es el comportamiento del grano almacenado de esta leguminosa y su resistencia al ataque de los gorgojos que causan pérdidas significativas en la etapa pos cosecha en frijol común (Schoonhoven *et al.* 1988). El presente estudio se enfocó en este aspecto de los daños y pérdidas causadas por los gorgojos de almacén, principalmente *Zabrotes subfasciatus* y *Acanthoscelides obtectus*, que son las principales plagas de almacén del frijol común.

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de líneas de frijol tepari y común bajo la presencia del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus*, a través de mediciones de

la oviposición, crecimiento y reproducción del insecto y daños causados a las semillas almacenadas, e identificar líneas de frijol tepari con características de resistencia a los daños causados por el gorgojo de almacén para su uso potencial como variedades y progenitores en mejoramiento genético.

Los resultados disponibles sobre la resistencia del frijol tepari al gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus* resultan ser muy pocos hasta la actualidad. Como referencia se incluyeron en el estudio cinco líneas de frijol común utilizadas en estudios previos en Zamorano (Pizarro Dorado 2015, Abrego Florentino 2015, Soto Pleites 2014). Estos resultados en frijol tepari, resultan ser de suma importancia para las investigaciones sobre el valor potencial que representa esta leguminosa de grano como cultivo alternativo al frijol común, en zonas donde los efectos de cambio climático pudieran reducir la productividad de este importante cultivo de granos básicos y limiten su adaptación en las zonas más afectadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. Se llevó a cabo en noviembre 2015 a marzo 2016 en las facilidades del Banco de Germoplasma del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del río Yegüare, departamento de Francisco Morazán, kilómetro 30 de la carretera a Danlí, Honduras. Zamorano se encuentra a una altura de 800 msnm, y la temperatura promedio anual es de 24°C y la precipitación anual de 1,100 mm. El experimento se manejó a una temperatura aproximada de 25°C y una humedad relativa de 70%, según los registros de datos obtenidos con un sensor marca Thermodata®.

Tratamientos. La investigación consistió en evaluar la resistencia de 25 líneas de frijol tepari (*Phaseolus acutifolius*) y cinco de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) al ataque del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus*. La semilla de estas líneas provino del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF). Las líneas evaluadas en el estudio, se mencionan a continuación:

Líneas tepari (25). 9998, 10006, 615-7194, 08F-2664, 095H-2538, 10F-2223, 10F-2227, 10F-2238, 10F-2243, 11F-3726, 11F-3736, 11F-3846, 11F-3849, 11F-3853, 11F-3854, 11F-3867, 11F-3869, 11F-3870, 11F-3873, 11F-3880, TEP 22, TEP 29 y TEP 32. Estas líneas fueron facilitadas por el USDA/”Tropical Agriculture Research Station” (TARS) de Mayagüez, Puerto Rico.

Líneas de frijol común (cinco). PR1429-3, PR1429-4 de la Universidad de Puerto Rico-RUM y las líneas Amadeus 77, Seda y Surú del PIF.

Unidades experimentales. En esta investigación se utilizaron frascos cilíndricos de vidrio con una capacidad de cuatro onzas como unidades experimentales. En cada frasco se colocaron 20 semillas de la línea correspondiente los que fueron infestadas con 20 gorgojos. Las tapas metálicas de los frascos se perforaron de manera circular (diámetro de dos cm), y se cubrieron con una malla para facilitar la aireación y evitar que los gorgojos escaparan.

Diseño experimental. Los 30 tratamientos, 25 líneas de frijol tepari y cinco de frijol común, fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con seis repeticiones.

Cría de *Zabrotes subfasciatus*. La cría se inició empleando gorgojos disponibles en el PIF, bajo temperaturas promedio de 25°C ± 1 y humedad relativa de 67 ± 8. Se utilizaron frascos cilíndricos de vidrio de 16 onzas con tapa metálica perforada en el centro y sellada con malla con la que se asegura la entrada de aire y evita que los gorgojos escapen. Cada frasco contenía un kilogramo de semilla de frijol común susceptible al ataque de los gorgojos

infestado con 100 parejas de *Zabrotes subfasciatus*; a los 15 días los gorgojos fueron retirados mediante un cernido usando un tamiz N°A 12/64. A los 30 días después de la infestación (DDI) emergieron los nuevos adultos. Durante la cría, los frascos fueron agitados ligeramente una vez por semana, para evitar el ataque de plagas secundarias de microorganismos, ya que el desarrollo de los gorgojos crea un aumento en la temperatura y la humedad relativa dentro de los frascos (Ospina y Valencia 1988).

Infestación. La infestación de las líneas del ensayo se realizó colocando en cada unidad experimental 20 adultos de *Zabrotes subfasciatus* (proporción hembra: macho 1:1) utilizando gorgojos jóvenes de cuatro días de emergidos. Los frascos se rotularon indicando la línea de frijol, su repetición y la fecha de la infestación. Previo al inicio del ensayo se midieron el peso y humedad de las semillas antes de realizarse la infestación. Durante el ciclo del estudio, se mantuvieron los frascos a una temperatura promedio de 25 ± 1 °C y humedad relativa de 67 ± 8 %. A los 15 DDI, se retiraron a los adultos usados en la infestación de las semillas mediante un cernido en un tamiz N°A 12/64.

Variables medidas. Las variables que se describen a continuación se evaluaron durante un ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus*. El ciclo incluye el comportamiento y daños causados por los 20 gorgojos utilizados en la infestación de cada unidad experimental.

Número total de huevos puestos u ovipositados (NTH). Se contó el número total de huevos (NTH) puestos sobre la testa de las semillas a los 17 DDI. Para contar las cantidades de huevos presente sobre el frijol se usó una lupa de marca Maped® debido al tamaño pequeño y la coloración de los huevos. Los huevos son transparentes en los primeros cinco días y posteriormente cambian a una coloración blancuzca, lo cual dificulta su observación sobre todo en las variedades de color de semilla blanca. Para la evaluación fue necesario usar una pinza BioQuip® N° 2 con punta plana redondeada, para reducir el daño ocasionado sobre los huevos (Soto Pleites 2014).

Total de adultos emergidos (TAE). Se cuantificó el número total de gorgojos adultos emergidos, realizando observaciones cada tres días desde los 23 DDI, incluyendo el primer hasta el último gorgojo emergido (Pizarro Dorado 2015).

Porcentaje de emergencia de adultos (PEA). Indica la cantidad total de gorgojos emergidos (TAE) con relación a la cantidad de huevos totales (NTH) presentes en la superficie de las semillas. Se divide el TAE entre el NTH y se multiplica por 100 (ecuación 1) (Moreira Guerra 1994).

$$PEA (\%) = \frac{TAE}{NTH} \times 100 \quad [1]$$

PEA: Porcentaje de emergencia de adultos.

TAE: Total de adultos emergidos.

NTH: Número total de huevos (ovipositados).

Número total de perforaciones (NTP) en las semillas. Es la suma de las perforaciones observadas en la unidad experimental de 20 semillas (Abrego Florentino 2015).

Porcentaje de semillas dañadas (PSD). Esta variable se midió cuando se presentó la emergencia del último gorgojo *Zabrotes subfasciatus*. Resulta de la relación entre el número total de semillas perforadas o dañadas (TSD) y el número total de semillas (NTS) utilizadas y multiplicándolo por 100 (ecuación 2) (Pizarro Dorado 2015).

$$\text{PSD (\%)} = \frac{\text{TSD}}{\text{NTS}} \times 100 \quad [2]$$

PSD: Porcentaje de semilla dañada.

TSD: Número de semillas perforadas.

NTS: Número de semillas utilizadas (20).

Porcentaje de pérdida de peso de las semillas (PPS). Esta variable indica el porcentaje de pérdida de peso de las semillas de cada línea de frijol. Al inicio del ensayo, se obtuvo el peso inicial (Pi) de las unidades experimentales de 20 semillas; el peso final (Pf) se determinó después de la última emergencia de adultos utilizando una balanza de marca Seedburo™ Modelo 8800. El PPS se calculó por la diferencia de Pi y Pf dividido entre el Pi y multiplicado por 100 (ecuación 3) (Pizarro Dorado 2015).

$$\text{PPS (\%)} = \frac{\text{Pi} - \text{Pf}}{\text{Pi}} \times 100 \quad [3]$$

PPS: Porcentaje de pérdida de peso de las semillas.

Pi: Peso inicial de las 20 semillas.

Pf: Peso final de las 20 semillas.

Tiempo promedio de desarrollo huevo-adulto (TPD). Para calcular esta variable se usó la sumatoria de los adultos emergidos cada día (AED) por los días de emergencia de los adultos (DEA) y se divide entre el TAE (ecuación 4) (Ribero *et al.* 2007).

$$\text{TPD} = \frac{\sum(\text{AED} \times \text{DEA})}{\text{TAE}} \quad [4]$$

TPD: Tiempo promedio de desarrollo (días).

AED: Número de adultos emergidos por día.

DEA: Días de emergencia de adultos.

TAE: Total de adultos emergidos.

Índice de susceptibilidad del frijol a *Zabrotes subfasciatus*. Para esta variable se utilizó la ecuación de Dobie (1974) representada por el logaritmo del total de adultos emergidos (TAE) de cada línea, entre el tiempo promedio de desarrollo (TPD) de los gorgojos y multiplicado por 100 (ecuación 5).

$$\acute{I}S = \frac{\text{Log(TAE)}}{\text{TPD}} \times 100 \quad [5]$$

ÍS: Índice de susceptibilidad.

TAE: Total de adultos emergidos.

TPD: Tiempo de desarrollo huevo-adulto.

Análisis estadísticos. Los datos fueron analizados con el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS[®]) versión 9.3, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un modelo lineal y una separación de medias de Duncan con un 95% de significancia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de los datos del estudio indicaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las 30 líneas (25 tepari y cinco de frijol común) incluidas en el estudio para las variables del número total de huevos ovipositados (NTH), porcentaje de adultos emergidos (PEA) y número total de perforaciones (NTP); porcentajes de semilla dañada (PSD) y de pérdida de peso de las semillas (PPS); y tiempo promedio de desarrollo (TPD) de huevo a adulto, e índice de susceptibilidad (IS). A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en el estudio en cada una de las variables evaluadas.

Número total de huevos ovipositados. El mayor número total de huevos (NTH) ovipositados en muestras de 20 semillas se observaron en las líneas tepari 10F-2238, 10F-2243 y en la de frijol común PR1429-3; con una totalidad de 143.8, 148.3 y 147.0, respectivamente (Cuadro 1). Por otro lado, las que presentaron menor cantidad de huevos fueron las líneas tepari 10F-2227, 11F-3736 y 11F-3854 con 61.7, 57.8 y 52.8 respectivamente. En general, la variación en el NTH ovipositados fue significativa (Figura 1), sugiriendo diferencias entre los genotipos del estudio en cuanto a esta variable, posiblemente debido a un factor de preferencia del insecto.

Según Cope y Fox (2003), la cantidad y distribución de los huevos sobre la testa de los granos podría verse afectada por la mezcla de lípidos como ácidos grasos y triglicéridos, los cuales son un tipo de marcador de oviposición. También puede haber una diferencia significativa de oviposición debido al periodo en el que se encontraba cada hembra que se usó para la infestación. En relación a lo anterior, Cardona (1994) indica que cuando se encuentran entre el día uno al cuatro de nacidas, las hembras ovipositan en menor cantidad debido a que en los primeros días no alcanzan el nivel máximo de reproducción.

Porcentaje de emergencia de adultos. En el porcentaje de adultos emergidos (PEA), que resulta de la relación entre el total de adultos emergidos (TAE) y el (NTH), se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las líneas del estudio (Cuadro 1). Los mayores PEA se observaron en las líneas tepari 095H-2538, Tep 22 y el frijol común Surú con: 47.7, 51.3 y 55.7 respectivamente (Figura 2). Los menores PEA se presentaron en las líneas resistentes PR1429-3 y PR1429-4 y la línea tepari 11F-3736. Valencia SJ (2006) concluye que la antibiosis ejercida sobre la larva por parte de las semillas de genotipos resistentes tiene un fuerte impacto en la población de adultos. Por ello, la cantidad de huevos ovipositados no coincide con la totalidad de adultos emergidos en las líneas.

Cuadro 1. Número total de huevos ovipositados, porcentaje de adultos emergidos y número de perforaciones en muestras de 20 semillas de 30 líneas de frijol tepari y común infestados con *Zabrotes subfasciatus*. Zamorano, Honduras, 2016.

Línea	Número total de huevos	Adultos emergidos (%)	Número de perforaciones
9998	142 a	43 abcde	111 abc
10006	97 abcde	41 abcde	88 abcdefg
0615-7194	135 ab	40 abcde	127 ab
08F-2664	106 abcde	43 abcde	96 abcde
095H-2538	91 abcde	47 abc	86 bcdefg
10F-2208	133 ab	43 abcde	127 ab
10F-2223	89 abcde	38 bcdef	89 abcdefg
10F-2227	61 de	31 def	53 fghi
10F-2238	143 a	37 bcdef	110 abc
10F-2243	148 a	42 abcde	130 a
11F-3726	89 abcde	41 abcde	104 abcd
11F-3736	57 e	24 fg	71 cdefgh
11F-3737	122 abc	38 bcdef	93 abcdefg
11F-3846	76 bcde	32 def	91 abcdefg
11F-3849	89 abcde	46 abcd	66 defghi
11F-3853	99 abcde	33 cdef	77 cdefgh
11F-3854	52 e	29 ef	37 hi
11F-3867	104 abcde	36 bcdef	81 cdefg
11F-3869	79 bcde	32 def	52 ghi
11F-3870	121 abc	42 abcde	112 abc
11F-3873	117 abcd	40 abcde	95 abcdef
11F-3880	133 ab	38 bcdef	94 abcdefg
Tep 22	98 abcde	51 ba	84 cdefg
Tep 29	102 abcde	41 abcde	76 cdefgh
Tep 32	65 cde	41 abcde	57 efghi
PR 1429-3	147 a	5 h	28 i
PR 1429-4	99 abcde	12 gh	29 i
Amadeus 77	142 a	40 abcde	88 abcdefg
Seda	122 abc	33 cdef	95 abcdefg
Surú	66 cde	55 a	64 defghi
CV (%)	40.2	29.0	35.4
R ²	0.37	0.51	0.5

CV= coeficiente de variación. Valores con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

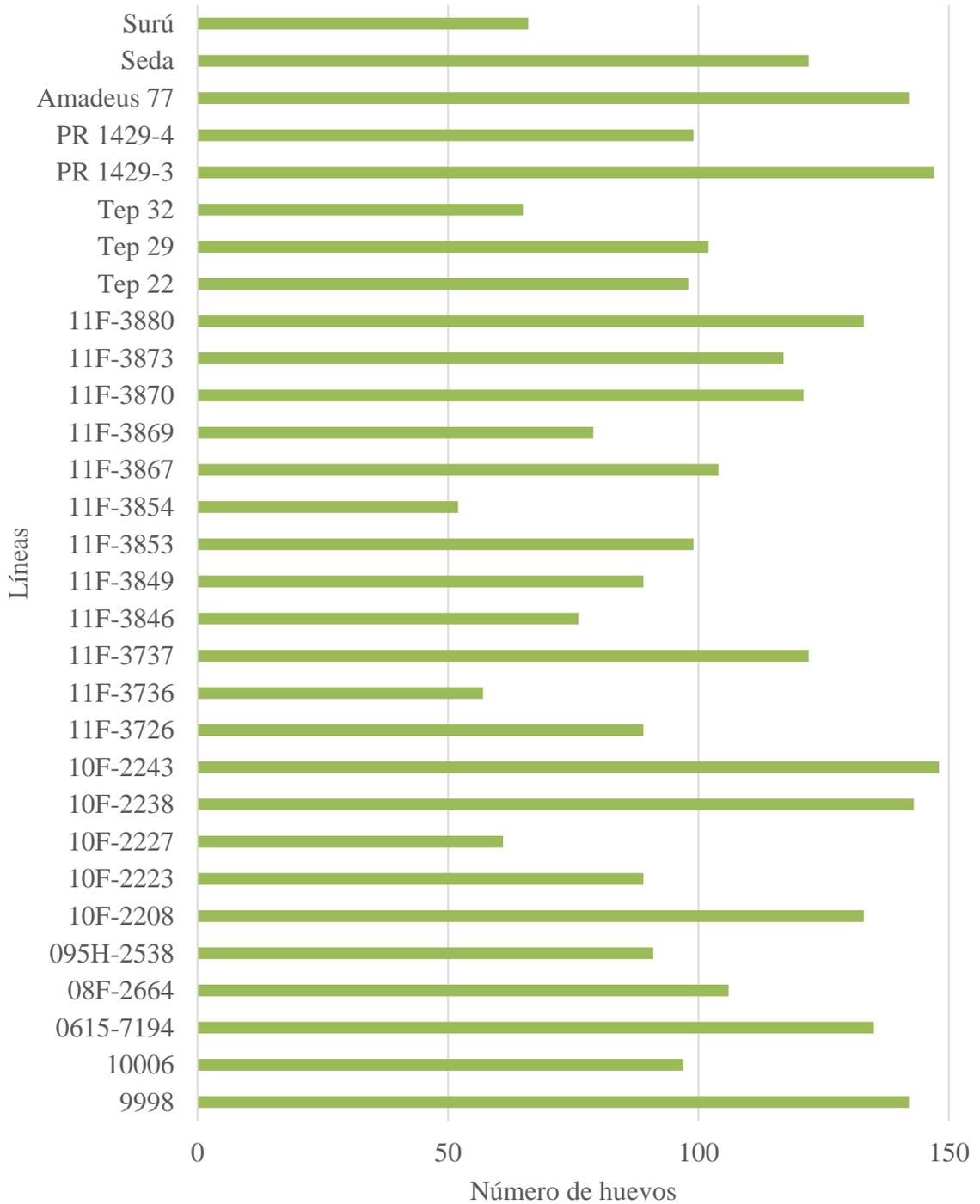


Figura 1. Número total de huevos ovipositados por el gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus* en muestras de 20 semillas de 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.

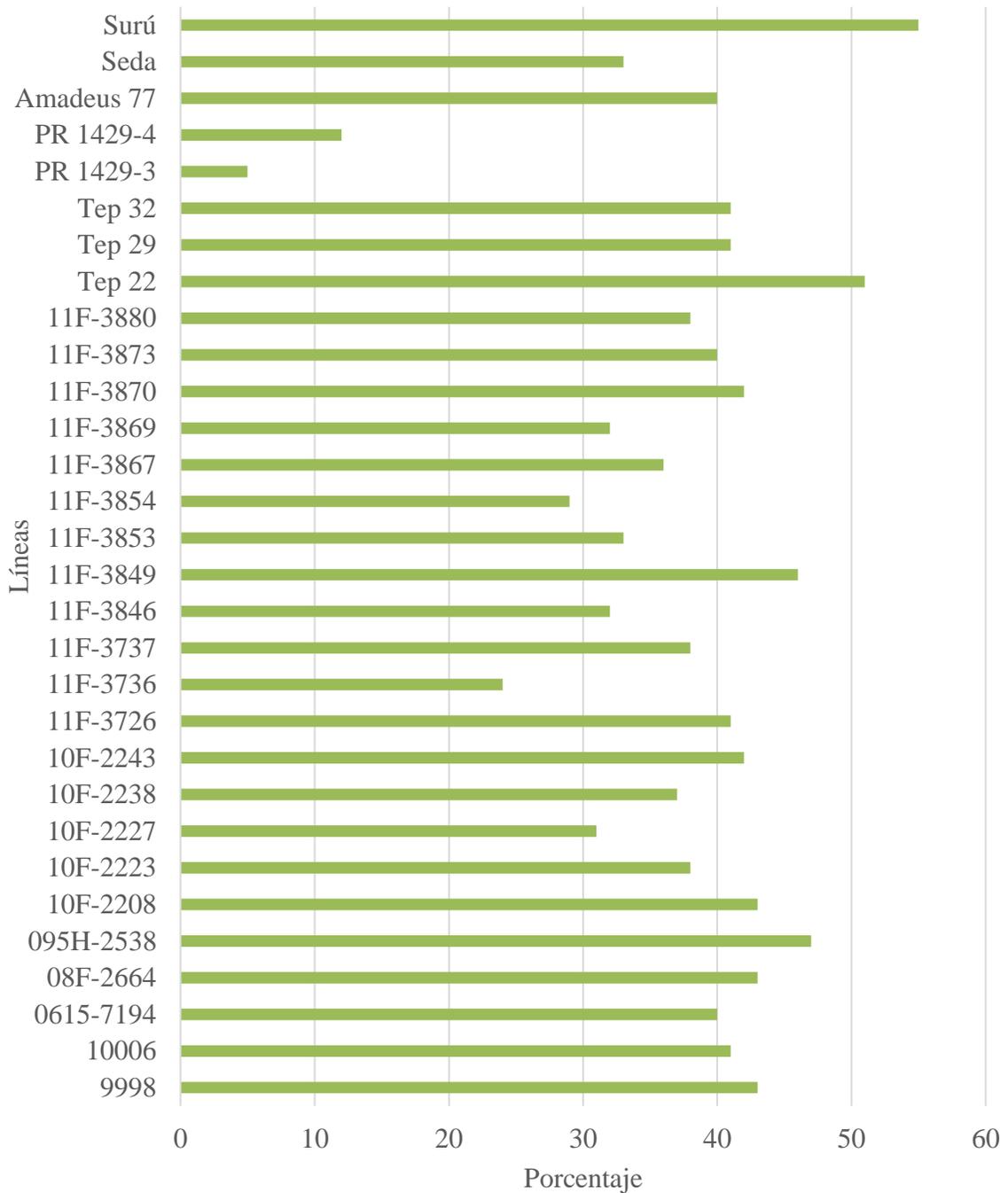


Figura 2. Porcentaje de emergencia de adultos de *Zabrotes subfasciatus* en muestras de 20 semillas de 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.

Número total de perforaciones. Los resultados obtenidos en el número total de perforaciones (NTP) registradas en muestras de 20 semillas infestadas con gorgojos de almacén *Zabrotes subfasciatus* presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las líneas incluidas en el estudio (Cuadro 1). Las líneas con mayor NTP fueron la tepari 0615-

7194, 10F-2208 10F-2243; las que presentaron menor NTP fueron la línea tepari 11F-3854 y las de frijol común PR1429-3 y PR1429-4 (Figura 3).

El efecto antibiótico generado por la proteína arcelina en *Zabrotes subfasciatus* causa una prolongación en el ciclo de vida, un descenso de la emergencia de adultos, y reducción del peso y tamaño de la progenie (Cardona *et al.* 1990).

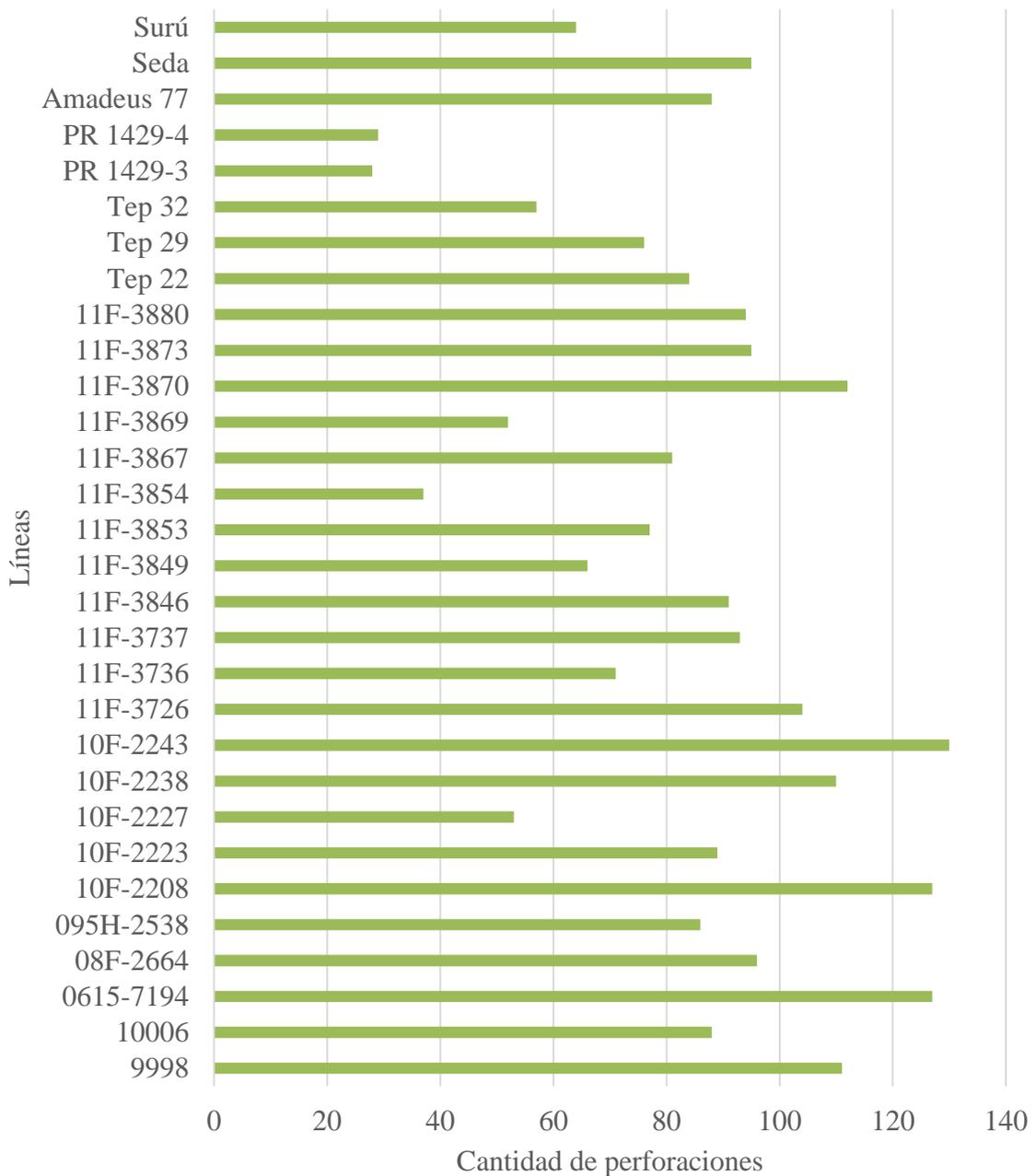


Figura 3. Número total de perforaciones por unidad experimental de 20 semillas en 30 líneas de frijol tepari y común infestadas con *Zabrotes subfasciatus*. Zamorano, Honduras, 2016.

Esta resistencia de la semilla es debido a antibiosis y se encuentra en los cotiledones, lo que se confirma en el estudio al encontrar que las líneas PR1429-4 y PR1429-3 que se conoce poseen resistencia genética incluyendo la presencia de arcelina 2¹, presenten un bajo NTP con relación a las líneas de frijol tepari.

Porcentaje de semilla dañada. Los datos de porcentaje de semillas dañadas (PSD) fueron estimados de la relación entre el número total de semillas perforadas o dañadas (TSD) y el número total de semillas (NTS) utilizadas en cada unidad experimental (20 semillas) y multiplicándola por 100, al final del ciclo de emergencia de *Zabrotes subfasciatus* de cada línea. Se determinó como semilla dañada aquella que poseía por lo menos una cámara de cría o perforación. Se presentaron diferencias significativas en el PSD entre las líneas del estudio (Cuadro 2). Según Valencia SJ (2006), los daños se pueden clasificar por cantidad y calidad. El daño por cantidad se refiere a número de semillas que se encuentran dañadas directamente por el insecto en su estructura física; y los daños por calidad se refiere a contaminación del grano por factores externos como excretas y cuerpos de los insectos.

Los mayores PSD se observaron en las líneas 0615-7194, 08F-2664, 095H-2538, 10F-2208, 10F-2238, 11F-3737 y otras líneas de tepari, y en Seda y Amadeus 77 de frijol común (Figura 4). Las líneas con menor PDS fueron Tep 22, Tep 29 y Tep 32 de frijol tepari, y PR1429-3 y PR1429-4 de frijol común. Los daños en general fueron mayores a los observados en otros estudios (Soto Pleites 2014); por otro lado, la variedad Amadeus 77 presentó el más bajo PSD entre las líneas de estudio, lo que concuerda con los encontrados por Pizarro Dorado (2015).

¹ Rosas y Beaver, comunicación personal.

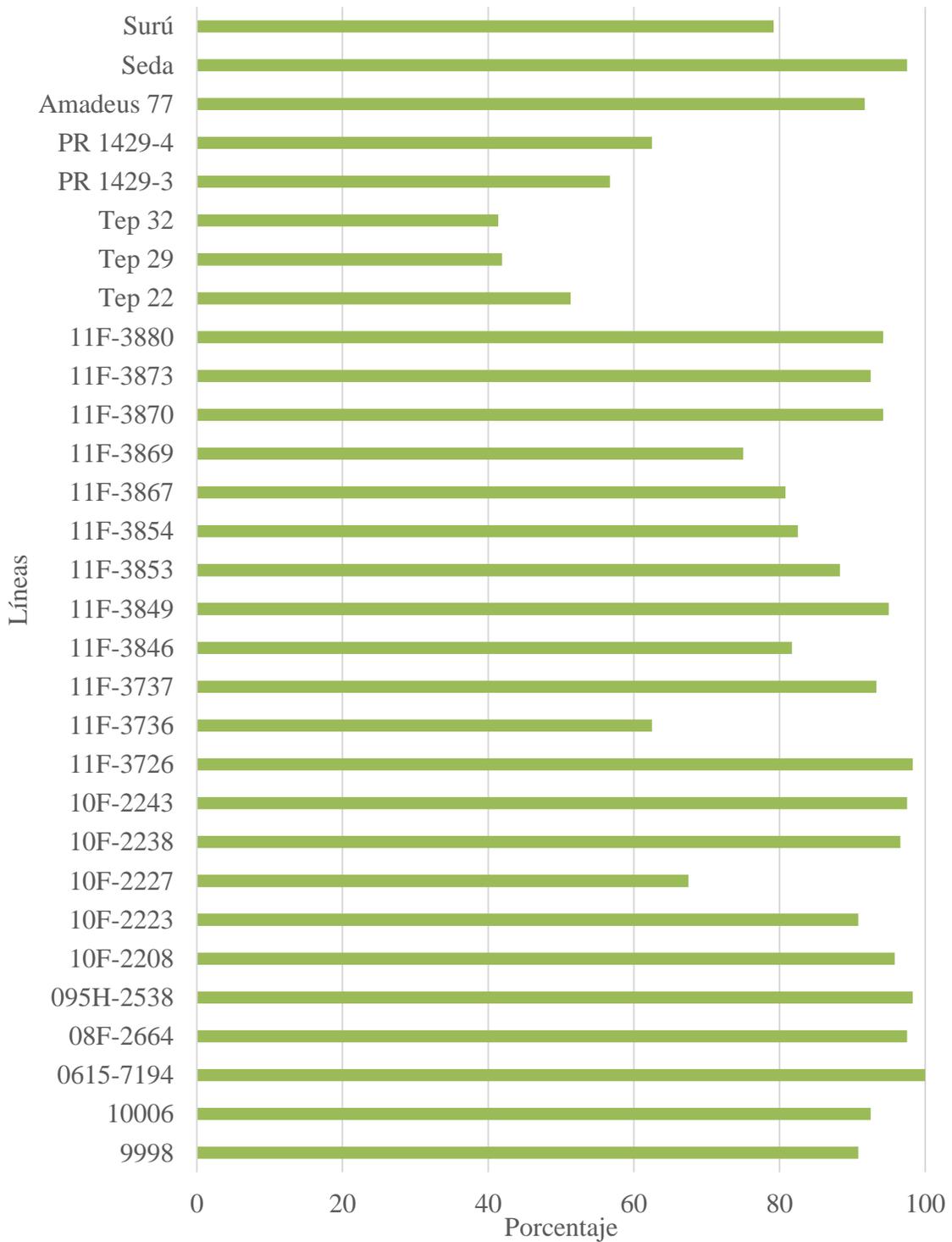


Figura 4. Porcentaje de semilla dañada por el ataque del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus* en 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.

Cuadro 2. Porcentajes de semilla dañada y pérdida de peso de semillas en 30 líneas de tepari y frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*. Zamorano, Honduras, 2016.

Línea	Semilla dañada (%)	Pérdida de peso (%)
9998	90.8 ab	36.8 ab
10006	92.5 ab	34.3 ab
0615-7194	100.0 a	32.2 abc
08F-2664	97.5 a	28.6 abcd
095H-2538	98.3 a	27.7 abcde
10F-2208	95.8 a	39.9 a
10F-2223	90.8 a	36.7 ab
10F-2227	67.5 a	11.8 fg
10F-2238	96.6 a	38.8 a
10F-2243	97.5 a	38.8 a
11F-3726	98.3 a	23.9 bcdef
11F-3736	62.5 cd	17.9 defg
11F-3737	93.3 a	32.2 abc
11F-3846	81.7 abc	27.0 abcde
11F-3849	95.0 a	20.1 cdef
11F-3853	88.3 ab	31.2 abcd
11F-3854	82.5 abc	13.5 fg
11F-3867	80.8 abc	20.6 cdef
11F-3869	75.0 abcd	23.9 bcdef
11F-3870	94.2 a	31.0 abcd
11F-3873	92.5 ab	20.9 cdef
11F-3880	94.2 a	34.5 ab
Tep 22	51.3 ab	34.9 ab
Tep 29	41.9 ab	36.1 ab
Tep 32	41.4 abc	14.7 efg
PR 1429-3	56.7 d	17.9 defg
PR 1429-4	62.5 dc	5.9 g
Amadeus 77	91.7 ab	26.9 abcde
Seda	97.5 a	29.8 abcd
Surú	79.2 abcd	14.4 efg
CV (%)	20.7	36.3
R ²	0.36	0.52

CV= Coeficiente de variación. Valores con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Pérdida de peso de semillas. Las líneas evaluadas presentaron diferencias significativas (P<0.05) en el porcentaje de pérdida de peso de las semillas (PPS), estimado mediante el peso inicial (Pi) previo al establecimiento del ensayo y el peso final (Pf) al terminar el ensayo (Cuadro 2). Las mayores PPS se presentaron en las líneas tepari 10F-2208, 10F-2238 y 10F-2243. Las líneas con menor PPS fueron las tepari 10F-2227, 11F-3854, Tep 32, y las de frijol común PR 1249-3, PR 1249-4 y Surú (Figura 5). Los resultados de menor PPS en las tres líneas de frijol común mencionadas concuerdan con los datos de Abrego

Florentino (2015). Esta variable puede tener un gran impacto en el almacenamiento de frijol para los agricultores de subsistencia. Según la FAO (1999) del 5 al 10% de la producción a nivel mundial se pierde por insectos de almacén.

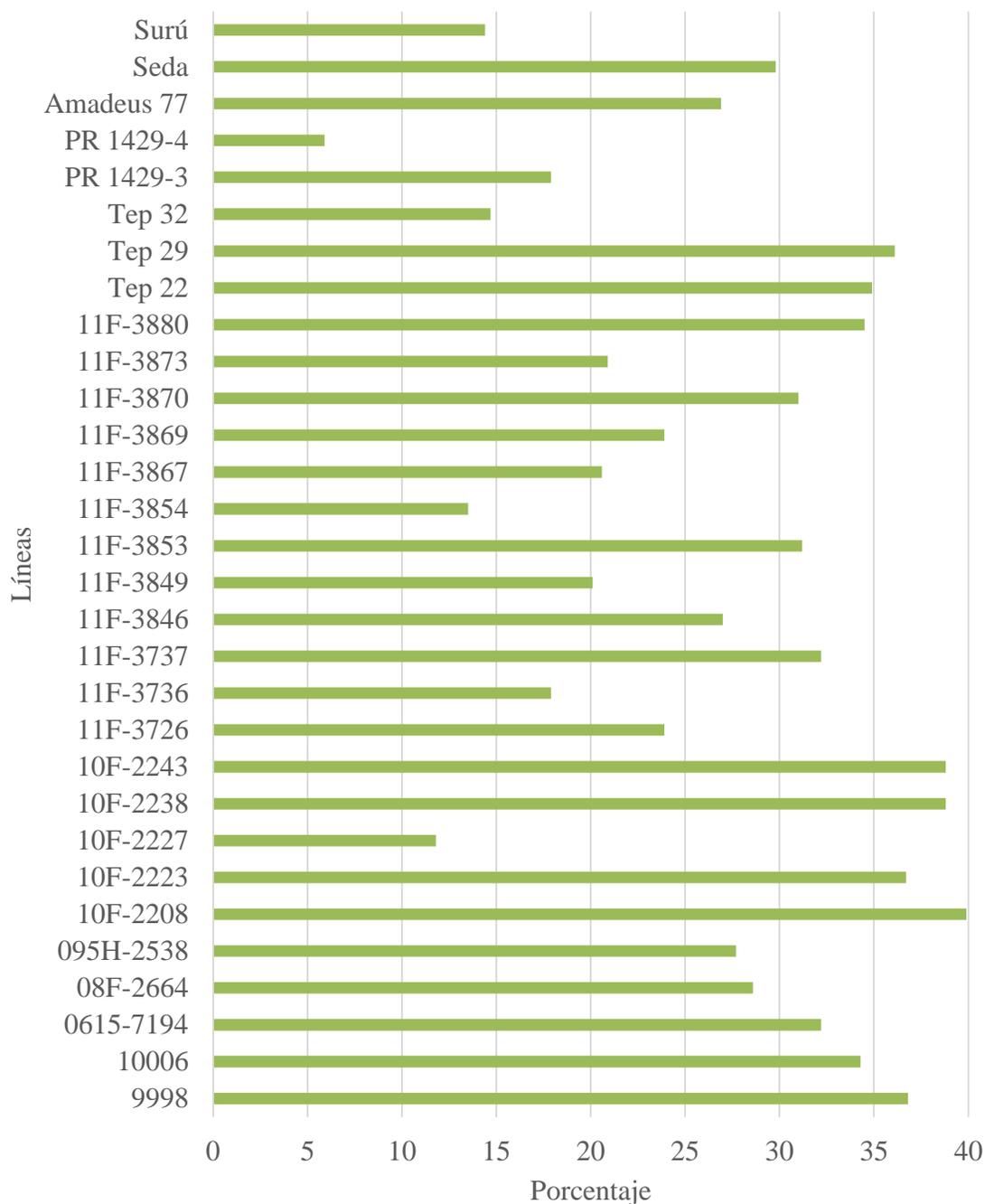


Figura 5. Porcentaje de pérdida de peso de semillas de 30 líneas de frijol tepari y común infestadas con gorgojos de almacén *Zabrotes subfasciatus*. Zamorano, Honduras, 2016.

Tiempo de desarrollo huevo-adulto (días). El tiempo promedio de desarrollo huevo-adulto (TPD) se calculó mediante sumatoria de los adultos emergidos por día (AED) por los días de emergencia de los adultos (DEA) divididos entre el total de adultos emergidos (TAE) hasta emergencia del último adulto de *Zabrotes subfasciatus*. Se registraron diferencias marcadas entre las líneas PR1429-3, PR1429-4 y 10F-2227 con 59.9, 57.2 y 49.7 días respectivamente (Cuadro 3). Las líneas que presentaron el menor TPD fueron las tepari 08F-2664, 10F-2227 y 11F-3726. El TPD de las líneas de frijol común PR1429-3 y PR1429-4 y la línea tepari 10F-2227, fueron más largos y se diferencian de las demás líneas (Figura 6), sugiriendo que estas poseen algún mecanismo de antibiosis que afecta el desarrollo de los gorgojos alargando su ciclo de vida.

Índice de susceptibilidad. El índice de susceptibilidad de las líneas al ataque de *Zabrotes subfasciatus*, se calculó mediante el logaritmo del total de adultos emergidos (TAE) de cada línea entre el tiempo promedio de desarrollo (TPD) de los gorgojos.

Los valores de ÍS presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las líneas (Cuadro 3). A mayor ÍS, la línea presenta mayor susceptibilidad. Según lo anterior las líneas más susceptibles fueron las líneas tepari 9998, 10F-2208, 10F-2238 y 10F-2243 y Amadeus 77 y Seda entre las de frijol común (Figura 7). Las líneas con menor ÍS fueron las de frijol común PR1429-3 y PR1429-4.

Cuadro 3. Tiempo promedio de desarrollo (huevo-adulto) de *Zabrotes subfasciatus* e índice de susceptibilidad de las líneas de tepari y frijol común. Zamorano, Honduras, 2016.

Línea	Tiempo de desarrollo huevo-adulto (días)	Índice de Susceptibilidad (IS)
9998	45.1 ef	4.6 a
10006	44.8 ef	4.2 abc
0615-7194	45.3 ef	4.4 abc
08F-2664	44.0 f	4.6 ab
095H-2538	47.8 bcde	4.0 abcde
10F-2208	45.0 ef	4.6 a
10F-2223	44.3 f	4.2 abc
10F-2227	49.8 b	3.3 de
10F-2238	45.4 ef	4.5 ab
10F-2243	45.1 ef	4.6 a
11F-3726	44.7 ef	4.3 abc
11F-3736	47.0 bcdef	3.7 cde
11F-3737	45.6 def	4.3 abc
11F-3846	44.7 ef	3.7 bcde
11F-3849	48.8 bcd	3.7 cde
11F-3853	46.6 bcdef	4.1 abc
11F-3854	48.7 bcd	3.3 e
11F-3867	45.6 def	3.9 abcde
11F-3869	49.2 bc	3.3 de
11F-3870	44.9 ef	4.4 abc
11F-3873	45.1 ef	4.2 abc
11F-3880	46.7 bcdef	4.2 abc
Tep 22	46.9 bcdef	4.0 abcde
Tep 29	45.3 ef	4.1 abcd
Tep 32	46.4 cdef	3.7 bcde
PR 1429-3	59.9 a	1.8 g
PR 1429-4	57.2 a	2.4 f
Amadeus 77	45.4 ef	4.4 abc
Seda	45.7 def	4.4 abc
Surú	47.1 bcdef	3.7 cde
CV (%)	5.2	13.4
R ²	0.72	0.55

CV= Coeficiente de variación. Valores con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

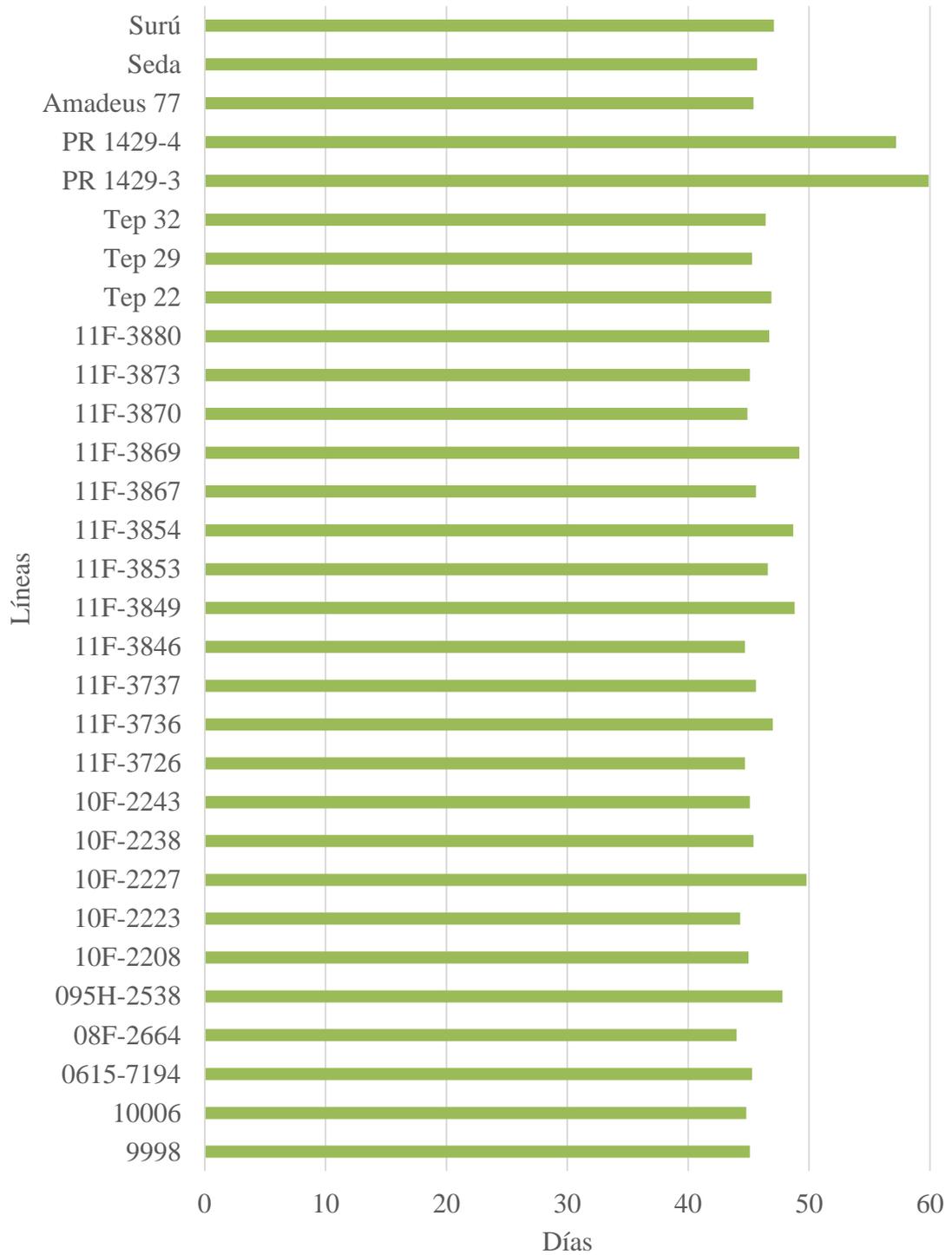


Figura 6. Tiempo promedio de desarrollo de huevo-adulto de *Zabrotes subfasciatus* en 30 líneas de frijol tepari y común. Zamorano, Honduras, 2016.

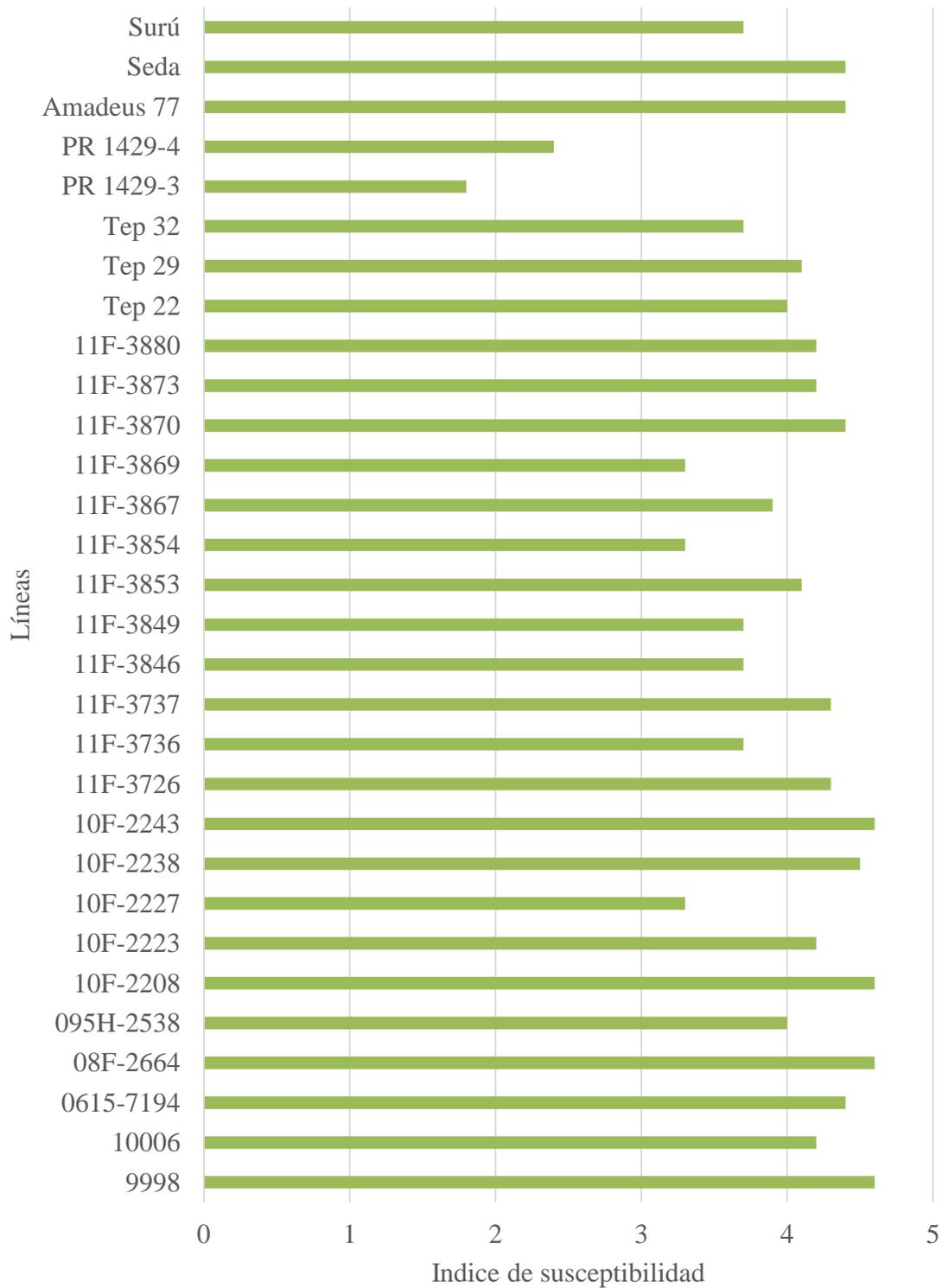


Figura 7. Índice de susceptibilidad de 30 líneas de frijol tepari y común infestados con gorgojos de almacén *Zabrotes subfasciatus*. Zamorano, Honduras, 2016.

Se presentaron coeficientes significativos en las correlaciones de las variables evaluadas (Cuadro 4). En el almacenamiento del grano uno de los factores importantes es la PPS, esta variable está correlacionada positivamente con el NTH, NTP y el IS, y negativamente con el TPD. Resultado de estas relaciones se producirá mayor PPS, NTP y TAE menor TPD. El PSD determinado en semillas con por lo menos una cámara de cría (perforación), se encuentra relacionada al NTP.

Una característica principal de *Zabrotes subfasciatus* es que ovipositan en la testa del grano, por ello en el estudio el NTH presentó una correlación positiva con el NTP y PSD. Las perforaciones en el grano son visibles al momento en que el gorgojo adulto emerge, por lo cual el NTP y PAE se encuentran relacionados. El TPD del insecto estuvo correlacionado de manera inversa o negativa con PPS, NTP y TAE, y de manera directa o positiva con el PSD. Por otro lado, el ÍS de las líneas presentó correlaciones positivas con el PSD, PPS, NTH y NTP; y negativa con el TPD de *Zabrotes subfasciatus*.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación (r) entre las variables evaluadas en el estudio de la resistencia del frijol tepari al gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus*. Zamorano, Honduras, 2016.

	PPS	PSD	NTH	NTP	PEA	TPD	IS
PPS	1						
PSD	0.42*	1					
NTH	0.60**	0.40*	1				
NTP	0.79**	0.64**	0.56**	1			
PEA	0.45**	0.33ns	-0.00ns	0.57**	1		
TPD	-0.60**	-0.45**	-0.04ns	-0.76**	-0.75**	1	
ÍS	0.74**	0.59*	0.34*	0.89**	0.74**	-0.93**	1

PPS (porcentaje de pérdida de peso en la semilla), PSD (porcentaje de semilla dañada), NTH (número total de huevos), NTP (número total de perforaciones), PEA (porcentaje de adultos emergidos), TPD (tiempo promedio de desarrollo huevo-adulto), ÍS (índice de susceptibilidad).

4. CONCLUSIONES

- Bajo una alta presión del gorgojo de almacén *Zabrotes subfasciatus* en el estudio, un número reducido de líneas de tepari y principalmente las líneas PR1429-3 y PR1429-4 de frijol común presentaron valores de las variables medidas que sugieren algún mecanismo de resistencia presente en estas líneas.
- De las líneas tepari evaluadas, 11F-3854 y 10F-2227 presentaron características deseables como progenitores en mejoramiento genético, ya que presentaron menor oviposición, número de perforaciones y pérdida de peso de las semillas, y un tiempo promedio de desarrollo de los gorgojos más largo, que sugieren la presencia de algún mecanismo de resistencia.
- Se confirma que la línea PR1429-3 de frijol común presenta los mejores resultados en cuanto a las variables de oviposición, crecimiento y reproducción del gorgojo de almacén, y de daños a las semillas.
- El porcentaje de semilla dañada y la pérdida de peso de las semillas, estuvieron correlacionadas positivamente con el número total de huevos ovipositados, el número de perforaciones y el total de adultos emergidos. Por otro lado, el índice de susceptibilidad de las líneas estuvieron directamente correlacionados con el porcentaje de semilla dañada, la pérdida de peso de las semillas, número total de huevos, y el número total de perforaciones; y negativamente con el tiempo promedio de desarrollo de *Zabrotes subfasciatus*.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con las mejores líneas tepari y frijol común y algunos testigos susceptibles, que permitan determinar las variaciones en la ovoposición, crecimiento y reproducción de los gorgojos, y el nivel de daños adicionales causados en un segundo o ciclos adicionales de vida de *Zabrotes subfasciatus*, para entender los daños que se presentan cuando se almacena frijol por varios meses como sucede en fincas de agricultores y almacenes.
- Evaluar en futuros estudios la resistencia de las líneas de frijol tepari al ataque de la otra plaga de almacenamiento de frijol *Acanthoscelides obtectus*.
- En estudios posteriores, realizar el sexado de los gorgojos al medir el número de adultos emergidos para poder realizar una comparación más exacta y poder evaluar si el bajo índice en las variables medidas se debe a un efecto de antibiosis en las líneas y no a un descenso en la población de hembras.

6. LITERATURA CITADA

- Abrego Florentino AN. 2015. Evaluación de la resistencia de materiales genéticos al ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 26 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4526/1/AGI-2015-001.pdf>
- Cardona C. 1994. Insectos y otras plagas invertebradas en frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 733-734 p.
- Cardona C, Kornegay J, Posso C, Morales F, Ramírez 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* 55:190-206 p.
- Cope J, Fox C. 2003. Oviposition decisions in the seed beetle *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae): Effects of seed size on super-parasitism. *Journal of Stored Products Research* 40:354-365 p.
- CRS (Catholic Relief Service). 2012. Tortillas en el Comal. Los sistemas de Maíz y Frijol en Centroamérica y el Cambio Climático. Resumen del estudio. Hagan K. Ed. Catholic Relief Services.
- Dobie P. 1974. Laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize lines to post-harvest infestation by *Sitophilus zea mais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research* 10: 182-195 p.
- Moreira Guerra V. 1994. Ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en genotipos locales de frijol común en Honduras. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 84p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3267/1/CPA-1994-T043.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999. Alimentación, Nutrición y Agricultura. 2 ed. Roma, Italia, Dirección de Información de la FAO, 55-56 p.
- Ospina OH, Valencia C. 1988. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 30 p.
- Pizarro Dorado I. 2015. Evaluación de la resistencia de genotipo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus*. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 24 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4616/1/CPA-2015-069.pdf>
- Ribero C, Pereira P, Zukovski L. 2007. Desenvolvimiento de *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchidae) en genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) cultivados en el estado de Paraná y contenido de arcelina. *Entomología Neotropical* 36 (4): 565 -570 p.

- Rosas JC, Castro JA, Flores E. 2000. Mejoramiento genético del frijol rojo y negro mesoamericano para Centroamérica y El Caribe *Agronomía Mesoamericana* 11 (2): 37-46 p.
- Rosas JC, Ascher PD, Rosen CJ, Young J, Hibberd M. 1990. Agronomic performance of *Phaseolus vulgaris* x *P. acutifolius* hybrids under drought stress in Honduras. *Annual Report of the Bean Improv. Coop. Group* 33:11-12 p.
- Schoonhoven AV, Cardona C, Garcia J. 1988. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 3ª edición. 46 p.
- Soto Pleites OJ. 2014. Evaluación de la resistencia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 30 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3377/1/AGI-2014-T041.pdf>
- Thomas CV, Manshardt RM, Waines JG. 1983. Teparies as a source of useful traits for improving common beans. *Desert Plants* 5:43-48 p.
- Valencia SJ. 2006. Efectos sub-letales de resistencia antibiótica a inmaduros en la demografía de adultos de los gorgojos de frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (*Coleoptera:Bruchidae*). Universidad Nacional de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). [Consultado 2016 septiembre] 12-28 p. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/ipm/pdfs/tesis_sandra_valencia.pdf