

**Evaluación de la resistencia de genotipo de  
frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del  
gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus***

**Ianpablo Pizarro Dorado**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de la resistencia de genotipos de  
frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del  
gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus***

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

Presentado por

**Ianpablo Pizarro Dorado**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2015

# **Evaluación de la resistencia de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus***

Presentado por:

Ianpablo Pizarro Dorado

Aprobado:

---

Juan Carlos Rosas, Ph.D.  
Asesor Principal

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## Evaluación de la resistencia de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus*

Ianpablo Pizarro Dorado

**Resumen..** El propósito del estudio fue evaluar la resistencia de 10 genotipos de frijol *Phaseolus vulgaris* (XRAV 40-4, Aifi Wuriti, ICTA Ligerero, Surú, Tío Canela 75, PM2-Don Rey, Verano, Amadeus 77, PR 1429-3 y PR 1429-4) al ataque del gorgojo *Zabrotes subfasciatus*. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Programa de Investigaciones en Frijol, en la EAP Zamorano, en Honduras, bajo condiciones de temperatura de  $27 \pm 3$  °C y humedad relativa de  $72 \pm 7.5\%$ , utilizando frascos de vidrio como unidad experimental conteniendo 20 semillas. Cada unidad experimental fue infestada con 10 parejas de adultos de *Z. subfasciatus*. Se midieron las variables de ovoposición (número de huevos totales y promedio por hembra), número de adultos emergidos, peso de los adultos, pérdida de peso del grano, semilla dañada, índice de susceptibilidad y duración del ciclo de vida (huevo a adulto). Se usó un diseño completo al azar, un análisis de varianza y una separación de medias mediante diferencia mínima significativa. Los resultados mostraron la primera emergencia de adultos a los 26 días después de la infestación (DDI) en PM2-Don Rey, y la última a los 57 DDI en Surú. El genotipo más susceptible fue XRAV 40-4, con un 100% de daños en las semillas; y el más resistente fue la línea PR 1429-4 con un 15% de daños. Con base en las variables evaluadas, las líneas PR 1429-3, PR 1429-4 y la variedad Surú resultaron ser las más resistentes a *Z. subfasciatus*. Se conocen los genes de resistencia de las líneas PR pero no las de Surú. Se recomienda la validación de estas líneas a nivel de finca para ver su potencial como variedades y la estabilidad de la resistencia a *Z. subfasciatus* bajo estas condiciones. Se sugiere su uso como progenitores en el mejoramiento de la resistencia al gorgojo de frijol. Se deberá confirmar la presencia de genes usando marcadores moleculares de arcelin-like (ARL2), arcelina de frijol tepari (ARC),  $\alpha$ -AI y PHA, para confirmar la resistencia al ataque del gorgojo *Z. subfasciatus*.

**Palabras clave:** Adultos emergidos, almacenamiento, infestación, perforaciones.

**Abstract:** In this study, we evaluated the possible resistance of ten genotypes of *Phaseolus vulgaris* L. to bean weevil attack *Zabrotes subfasciatus*. It was realized in the Bean Research Program facilities at Zamorano University in Honduras, in conditions of ( $T = 27 \pm 3$  °C and R.h. =  $72 \pm 7.5\%$ ). Small glass bottles were used with 20 grains of beans for XRAV 40-4, Aifi Wuriti, ICTA Ligerero, Suru, Tio Canela 75, PM2-Don Rey, Amadeus 77, PR 1429-3 and PR 1429-4. Several variable factors as the number of adults emerged, adult weight, weight loss of grain consumed, number of holes, fertility and life cycle (egg to adult). A completely randomized design was used; data was submitted to an analysis of variance and least significant difference analysis. Ten pairs of *Zabrotes* were measured and placed in each vial of eight centimeters high with two centimeters in diameter, the results showed that twenty six days after the first infestation came genotype weevil PM2-Don Rey and fifty-nine days after the last observed weevils emerged in Suru, the most susceptible of all was XRAV40-4 with one hundred percent damage, the most resistant was PR 1429-4 which was witness of fifteen percent damage. It is recommended

to use PCR tests with the first Arcelin-like (ARL2), Tepary, Arcelin (ARC),  $\alpha$ -AI and PHA, to confirm resistance to the weevil attack *Zabrotes subfasciatus*.

**Key words:** Emerged adults, genotypes, infestation, perforations, resistance, storage, susceptibility-y, weight loss.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	v
Índice de Cuadros y Anexos.....	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>16</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>17</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diferencias en la tasa de oviposición expresada en número totales de huevos y huevos/hembra en líneas de frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2015. ....	8
2. Diferencias en la tasa de emergencia de adultos expresada en hembras, machos y números totales emergidos en líneas de frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2015. ....	9
3. Diferencias en el porcentaje de emergencia de adultos, periodo de desarrollo e índice de susceptibilidad en líneas de frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> . Zamorano, Honduras, 2015. ....	10
4. Diferencias en el porcentaje de pérdida de peso en líneas de frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> , Zamorano, Honduras, 2015. ....	11
5. Diferencia en proporción de hembras y peso de adultos en mg en líneas de frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> , Zamorano, Honduras, 2015. ....	12
6. Porcentaje de semilla dañada en líneas de frijol común infestados con <i>Zabrotes subfasciatus</i> , Zamorano, Honduras, 2015. ....	13
Anexos	Página
1. Valores de Correlación de Pearson de Total de adultos emergidos. ....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

La conservación y protección de los granos almacenados es una necesidad alimentaria, social y económica. El almacenamiento nos ayuda a solucionar factores físicos, químicos y biológicos, que se encuentran relacionados con la cosecha. La limpieza, el secado, los almacenes adecuados, los silos con sistemas de aireación, y la calidad del producto durante el período de almacenamiento, determinan su conservación (Pereira 1993).

Los insectos que atacan los granos en la fase postproducción son cosmopolitas y causan pérdidas importantes en granos almacenados. No solo atacan los granos sino también los productos procesados. Los insectos de productos almacenados atacan el grano inmediatamente después de la madurez fisiológica, y los daños consisten en pérdida de peso, pérdida de calidad por contaminación y el ataque de hongos (Espinal 2014).

La mayoría de las especies de insectos del grano almacenados son de tamaño pequeño de 2-5 mm. Algunos miden de 8-12 mm, poseen alas y tienen una alta tasa de ovoposición (150 huevos/hembra) y su ciclo biológico es de pocas semanas (28-30 días). Estos insectos requieren de poca humedad, la cual extraen muy eficientemente de los alimentos que consumen, y bajos niveles de oxígeno para sobrevivir (Espinal 2014).

Las pérdidas económicas causadas por el ataque de los insectos del frijol almacenado son considerables y la mayoría se presentan en países en desarrollo ya que carecen de tecnologías de almacenamiento adecuadas. En México y América Central se han estimado pérdidas de un 35% del frijol almacenado (McGuire y Grandall 1967). Un estudio de mercadeo demostró que los daños en el almacenamiento y las pérdidas por manipuleo del grano del frijol fueron del 13% (Staler *et al.* 1969).

Las pérdidas causadas por los gorgojos, tanto en calidad como cantidad, pueden incrementarse debido a las plagas secundarias tales como hongos, bacterias u otros insectos. Los gorgojos en su etapa larval se desarrollan dentro del grano lo cual produce un incremento en la temperatura y la humedad. La respiración y metabolismo del insecto favorece el desarrollo de pudriciones secundarias, lo cual es un excelente medio para el crecimiento de las larvas de brúchidos, como el de hongos *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. y *Phomopsis* spp. (Shoonhoven *et al.* 1988).

El objetivo del estudio fue evaluar la resistencia de 10 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo (*Zabrotes subfasciatus*) caracterizando daños físicos, mediante la medición de variables reproductivas y de desarrollo.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El presente estudio se llevó a cabo entre Mayo y Septiembre del 2015 en el Banco de Germoplasma del Programa de Investigaciones del Frijol (PIF), en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 30 km sur este de Tegucigalpa, municipio de San Antonio de Oriente en el departamento de Francisco Morazán, Honduras.

**Tratamientos.** En el estudio se incluyeron 10 tratamientos conformados por genotipos de frijol, incluyendo variedades y líneas mejoradas del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF), las cuales se describen a continuación.

Surú. Es una variedad de grano blanco, desarrollada en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, derivada de la cruce de PAN68/Bribri. Posee un alto potencial de rendimiento, calidad de grano y resistencia intermedia a los principales patógenos. Fue liberada en el 2009 en Costa Rica por el programa PITTA-Frijol, y su nombre Surú significa blanco en la lengua Cabecar.

Tío Canela 75. Es una variedad mejorada desarrollada en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, de la cruce de DOR483/DOR391/Pompadour J. Es resistente al virus del mosaico común (VMCF) y al virus del mosaico dorado amarillo (VMDAF) del frijol y fue liberada en 1996 en Honduras.

Amadeus 77. Es una variedad mejorada desarrollada en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, de la cruce simple de Tío Canela 75/DICTA 105. Se adapta al calor, por lo que se recomienda para zonas costeras, y a condiciones variables de fertilidad del suelo.

PM2-Don Rey. También llamada Paraisito Mejorado 2 es una variedad desarrollada en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, de la cruce de Carrizalito//Carrizalito/Paraisito Criollo. Es resistente al VMDAF y al VMCF. Se adapta a la sequía y a la baja fertilidad.

Verano. Es una variedad desarrollado por la Universidad de Puerto Rico y el USDA-ARS/Tropical Agriculture Research Service. Es resistente al VMDAF y es tolerante al calor.

XRAV 40-4. Es una variedad desarrollada por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y la UPR. Posee resistencia a tres virus, el VMDAF, VMCF y al virus del mosaico común necrótico del frijol (VMCNF).

Aifi Würiti 55. Esta variedad fue desarrollada en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano de la cruce múltiple Tío Canela75 / DICTA105 // BG12 / WB12 /// Tío Canela75 / DICTA105 / AL12. Posee resistencia al VMCF, VMDAF, mancha angular y mustia hilachosa. Es una variedad precoz de altos rendimientos con buena adaptación a zonas bajas tropicales y tiene buena tolerancia al calor y la sequía.

ICTA Ligero. Es una variedad de la cruce DOR 385/JU-90-4. Fue liberada por el CIAT y el ICTA/Guatemala. Es una variedad precoz resistente a VMCF y VMDAF.

PR 1429-3 y PR 1429-4. Son líneas desarrolladas por la UPR con resistencia al gorgojo del frijol común, derivadas de la cruce de AO1012-29-3 / XRAV-40-4. AO1012-29-3 es una línea derivada de Rojo\*3 /// SMARC 2-PN-1 // ICA Pijao\* 2 /G40199 por Kusolwa y Myers.

**Unidades experimentales** Las unidades experimentales fueron frascos cilíndricos de 4 onzas en los que se colocaron 20 semillas por línea. Las tapas de los frascos se perforaron en forma circular con un diámetro de 2.5 cm y se les colocó una malla de 40 mesh que permite la aireación pero evita el escape del gorgojo. Se inició tomando datos de temperatura y humedad relativa con un sensor marca Thermodata<sup>®</sup>, luego se procedió a infestar con frascos cilíndricos de vidrio de 4 oz, en las cuales se colocaron 20 semillas (Pleites 2014).

**Cría de *Zabrotes subfasciatus*.** Para la crianza de los gorgojos se colocaron 500 g de semilla de frijol de la variedad Seda susceptible al ataque de los gorgojos en frascos de vidrio Mason de 16 oz con tapa de rosca y malla metálica. Los gorgojos son sexuales y colocados a razón de 100 hembras y 100 machos en el frasco de crianza. A los 13 días después de la infestación (DDI) de las semillas, se retiraron los adultos mediante un tamizado usando un tamiz marca Tyler Equivalent<sup>®</sup> No. 12, con malla metálica de 9-10 mesh. Este proceso se repitió dos días después hasta remover todos los insectos que se presentaron en los frascos conteniendo los granos de frijol. Para continuar con el proceso de crianza se dejaron 200 individuos de *Z. subfasciatus* de la bandeja en un nuevo frasco con granos de frijol, repitiendo el procedimiento antes descrito (Schoonhoven *et al.* 1988).

**Infestación.** Los tratamientos fueron infestados con 10 parejas sexuales de *Z. subfasciatus* provenientes de los botes de crianza del insecto y separándolos mediante un tamiz Tyler Equivalent<sup>®</sup> No. 12. Las parejas se coloraron en las unidades experimentales conformadas por frascos de vidrio de 4 oz marca Vicesa<sup>®</sup> conteniendo 20 semillas de cada variedad de frijol. Para el manejo de los gorgojos durante la infestación, estos fueron introducidos en ambiente frío de 8 °C por 2 minutos para reducir su movilidad; ya que las bajas temperaturas reducen su metabolismo y movilidad (Schoonhoven *et al.*1988). Los frascos infestados se ubicaron en un cuarto a una temperatura de  $27 \pm 3$  °C y  $72 \pm 7.5\%$  H.R; la infestación se mantuvo por 18 días para luego proceder a retirar los adultos.

**Diseño experimental.** Se usó un diseño completamente al azar con 10 tratamientos (genotipos de frijol), empleándose cinco repeticiones, para un total de 50 unidades experimentales. El estudio de la evaluación del ataque del gorgojo *Z. subfasciatus* en semillas de variedades de frijol en frascos de vidrio se realizó bajo condiciones

ambientales de  $27 \pm 3$  °C y humedad relativa de  $72 \pm 7.5\%$ . En el ensayo para medir la resistencia a *Z. subfasciatus* se utilizaron frascos pequeños de vidrio con 20 semillas de frijol de los 10 genotipos de frijol.

**VARIABLES MEDIDAS.** En el estudio se midieron las variables de la ovoposición (número de huevos totales y por hembra), número de adultos emergidos y porcentaje de emergencia de adultos, porcentaje de hembras emergidas, peso de los adultos, duración del ciclo de vida (huevo a adulto), porcentaje de semilla dañada, porcentaje de pérdida de peso de semillas, como se describe a continuación.

**Ovoposición.** Se contó el número total de huevos puestos sobre la testa de la semilla a los 17 DDI. Para poder contar las cantidades de huevos presente sobre el frijol, se usó una lupa de marca Maped® debido al pequeño tamaño y la coloración de los huevos, siendo de color trasparente a los primeros 5 días y posteriormente cambiando a una coloración blanquizca, lo cual dificultaba su observación sobre todo en las variedades de color de semilla blanco, por lo que fue necesario usar una pinza BioQuip® N° 2 con punta plana redondeada para reducir el daño ocasionado sobre los huevos (Pleites 2014).

**Ovoposición por hembra de *Z. subfasciatus*.** Para calcular esta variable se usó la información de la ovoposición, se dividió el número total de huevos producidos entre el número total de hembras usadas en la infestación, resultando en una relación de cantidades de huevos por hembra.

**Total de adultos emergidos.** Es la cuantificación total del número de gorgojos adultos que salieron en su primer ciclo. Se realizaron observaciones cada tres días desde los 23 DDI; y el primer gorgojo emergido fue 29 DDI en las líneas de frijol común Verano y PM2 Don Rey, y los últimos emergidos fueron a los 57 DDI en la variedad Surú.

**Porcentaje de emergencia de adultos.** Indica la cantidad de gorgojos emergidos con relación a la cantidad de huevos totales, se dividió el total de adultos emergidos entre el total de huevos producidos usando la ecuación 1 de Moreira Guerra (1994).

$$PEA \% = \frac{TAE}{TH} \times 100 \quad [1]$$

PEA: Porcentaje de emergencia de adultos

TAE: Total de adultos emergidos

TH: Total de huevos (ovoposición)

**Proporción de hembras de *Z. subfasciatus*.** Al momento que finaliza la emergencia de todos los adultos de gorgojos estos son sexuales y cuantificados. Para obtener la proporción de hembras, se usa la cantidad total de hembras emergidas entre el total de adultos emergidos (ecuación 2).

$$PH = \frac{THE}{TAE} \quad [2]$$

PH: Proporción de hembra  
THe: Total de hembras emergidas  
TAE: Total de adultos emergidos

**Tiempo promedio de desarrollo (huevo-adulto).** Para calcular esta variable se usó el total de adultos emergidos y los días de emergencia de los adultos. El tiempo promedio se determinó usando la ecuación 3 (Ribero *et al.* 2007).

$$TD = \frac{(AED \times DE)}{TAE} \quad [3]$$

TD: Tiempo de desarrollo (días)  
AED: Número de adultos emergidos por día.  
DE: Días de emergencia  
TAE: Total de adultos emergidos

**Peso vivo promedio de hembras y machos.** Al finalizar el sexuado de los gorgojos emergidos totales, se calculó el peso vivo promedio de hembras y machos, cuantificando y pesando los gorgojos vivos, manejándolos a temperaturas bajas por 2 minutos, y los muertos, pesándolos en una balanza milimétrica.

**Índice de susceptibilidad del frijol a *Z. subfasciatus*.** Para esta variable se utilizó un logaritmo del total de adultos emergidos de cada genotipo entre el tiempo de desarrollo de los gorgojos, multiplicándolos por 100, usando la ecuación 4 de Dobie (1974).

$$IS = \frac{\text{Log}(TAE)}{TD} \times 100 \quad [4]$$

IS: Índice de susceptibilidad  
TAE: Total de adultos emergidos  
TD: Tiempo de desarrollo

**Porcentaje de semilla dañada.** Esta variable se midió al día 57 cuando finalizó la emergencia del último gorgojo *Z. subfasciatus*, cuantificando el número de semillas perforadas, mediante la división del número total de semillas utilizadas y este valor multiplicándolos para 100 se usó la ecuación 5.

$$SD \% = \frac{TSD}{TS} \times 100 \quad [5]$$

SD: Porcentaje de semilla dañada  
TSD: Número de semillas perforadas  
TS: Número de semillas utilizadas

**Porcentaje de pérdida de peso de semillas.** Esta variable indica el porcentaje de pérdida de peso de cada línea de frijol. Primero se obtuvo el peso inicial de las unidades experimentales de 20 semillas; a los 57 DDI, que fue la última emergencia de adultos y se obtuvo el peso final del grano en una balanza de marca Seedburo<sup>TM</sup>, Modelo 8800 en una

escala en gramos. La diferencia de peso se consideró como peso perdido ocasionado por el gorgojo *Z. subfasciatus*, para el cálculo de esta variable se utilizó la ecuación 6 siguiente:

$$PP \% = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad [6]$$

PP: Porcentaje de pérdida de peso

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

**Análisis estadísticos.** Los datos obtenidos se analizaron por el método de análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5%, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Ovoposición.** Los resultados obtenidos del conteo del número de huevos totales y el promedio de huevos por hembra del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus* indican que la mayor tasa de ovoposición se presentaron en las líneas PM2-Don Rey, XRAV 40-4 y Verano y otros (>24 huevos/hembra); y la menor ovoposición fue en las líneas PR 1429-4, Tío Canela75 y Surú (<14 huevos/hembra) (Cuadro 1). La línea PR 1429-4 de grano negro proviene del programa de mejoramiento de resistencia a gorgojos de frijol de la Universidad de Puerto Rico; pero para las variedades Tío Canela75 de grano rojo y de Surú de grano blanco cultivadas en Centro América, no se tenía datos de sus comportamientos ante el ataque de *Z. subfasciatus* y por ello los datos resultan ser importantes.

**Emergencia de adultos.** Los análisis de los datos expresados en hembras, machos y total de adultos emergidos presentaron diferencias significativas, observándose en general mayores tasas de emergencia de hembras (>50), machos (>45) y totales adultos emergidos (>100) en genotipos de frijol como PM2-Don Rey, XRAV 40-4 y Amadeus 77. De manera contrastante, los valores más bajos de hembras (<12), machos (<11) y totales (<23) de adultos emergidos se presentaron en Tío Canela75, PR 1429-3, Surú y PR 1429-4 (Cuadro 2).

**Porcentaje de emergencia de adultos.** De la relación de las tasas de ovoposición y la emergencia de adultos, se pudo observar que el porcentaje de adultos emergidos más alto por cada genotipo se presentó en Tío Canela75 y Amadeus77, dos variedades importantes en Centro América en relación a los porcentajes más bajos observados en Surú, PR 1429-3 y PR 1429-4 (Cuadro 3). Sin embargo este dato debe considerarse cuidadosamente ya que no se relaciona directamente con los daños y pérdida de peso causados por el ataque de *Z. subfasciatus* a semillas de las líneas frijol, lo que se discutirá posteriormente.

**Desarrollo de *Z. subfasciatus* (huevo-adulto).** El período de desarrollo de los gorgojos se determinó considerando el tiempo (días) desde la primera hasta su última emergencia de adultos, e indica el tiempo que el gorgojo dura en desarrollarse dentro del grano almacenado. Entre más corto sea el periodo de desarrollo más probabilidades tienen los gorgojos para poder dañar otras semillas almacenadas. La variedad Surú fue la que tuvo el período de desarrollo más largo (46 días), seguida de Tío Canela 75 y Aifi Wuriti. Las demás líneas tuvieron un período de desarrollo más corto (31-35 días) (Cuadro 3).

**Índice de susceptibilidad del frijol a *Zabrotes subfasciatus*.** El índice de susceptibilidad (IS) indica que tan susceptible es el grano de frijol al ataque del gorgojo, a valores más altos mayores daños a las semillas. Los mayores IS se presentaron en PM2-Don Rey y XRAV 40-4 (6.0); y los más bajos en Surú y PR 1429-4 (<2).

Cuadro 1. Diferencias en la tasa de oviposición expresada en número totales de huevos y huevos/hembra en líneas de frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipos	Oviposición (huevos)	
	N° Total	Huevo/Hembra
PM2-Don Rey	298 a§	29.8 a
XRAV 40-4	276 a	27.7 a
Verano	261 a	26.2 a
Aifi Würiti	242 ab	24.2 ab
ICTA Ligero	240 ab	24.1 ab
Amadeus 77	226 ab	22.6 ab
PR 1429-3	182 bc	18.2 bc
PR 1429-4	135 cd	13.5 cd
Tío canela 75	104 de	10.5 de
Surú	50 e	5.1 e
Promedio	201	20.2
Probabilidad (%)	0.00**	0.00**
Coefficiente de Variación (%)	28.5	28.5
Diferencia mínima significativa (P<0.05)	36.3	3.6

§ Valores con letra iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* Altamente significativo.

Cuadro 2. Diferencia en la tasa de emergencia de adultos expresada en hembras, machos y números totales de emergidos en líneas de frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipos	Emergencia de Adultos		
	Hembras	Machos	Total
PM2-Don Rey	58.4 a§	58.8 a	117.2 a
XRAV 40-4	54.8 a	46.4 ab	101.2 ab
Amadeus 77	51.2 a	49.2 ab	100.4 ab
ICTA Ligero	50.2 a	35.0 bc	85.2 b
Verano	50.0 a	34.8 bc	84.8 b
Aifi Würiti	47.2 a	43.0 b	90.2 ab
Tío canela 75	21.6 b	25.0 cd	46.6 c
PR 1429-3	12.0 bc	10.6 de	22.6 cd
Surú	5.8 bc	9.2 e	15.0 d
PR 1429-4	4.2 c	7.4 e	11.6 d
Promedio	35.5	31.9	67.5
Probabilidad (%)	0.00**	0.00**	0.00**
Coefficiente de Variación (%)	36.1	36.4	33.8
Diferencia mínima significativa (P<0.05)	8.1	7.3	14.4

§Valores con letra iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* Altamente significativo.



Cuadro 3. Diferencia en el porcentaje de emergencia de adultos, periodo de desarrollo, Índice de susceptibilidad en líneas de frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*, Zamorano, Honduras, 2015.

<b>Genotipos</b>	<b>Emergencia %</b>	<b>Periodo de Desarrollo (días)</b>	<b>Índice de susceptibilidad</b>
Amadeus 77	45.0 a§	35.8 c	5.6 ab
PM2-Don Rey	39.4 ab	34.5 cd	6.0 a
Aifi Würiti	37.8 ab	39.8 b	4.9 bc
XRAV 40-4	36.6 ab	33.2 cd	6.0 a
ICTA Ligero	34.0 bc	33.7 cd	5.6 ab
Verano	32.6 bc	34.3 cd	5.6 ab
Surú	27.0 c	46.0 a	2.2 d
PR 1429-3	12.6 d	31.9 d	4.2 c
PR 1429-4	8.80 d	34.0 cd	2.5 d
Promedio	31.9	36.2	4.6
Probabilidad (%)	0.00**	0.00**	0.00**
Coefficiente de Variación (%)	21.5	6.5	16.3
Diferencia mínima significativa (P<0.05)	4.3	1.49	0.48

§Valores con letra iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* Altamente significativo.

**Porcentaje de pérdida de peso de las semillas.** Este valor me indica el porcentaje de pérdida de peso por efecto del ataque del gorgojos *Z. subfasciatus* con relación al peso inicial del grano. Las larvas producen daños en los granos por su actividad metabólica que produce residuos como polvo de harina, deteriorando su valor nutritivo y reduciendo la calidad (Montoya Aburto 2001). La mayor pérdida de peso se encontró en las variedades XRAV 40-4 y PM2-Don Rey (>29%); y la variedad de frijol que presentó la menor pérdida de peso en las semillas fue Surú (1.4%), como se observa en el Cuadro 4. Las líneas PR 1429-4 y Tío Canela 74 también presentaron una pérdida de peso de semillas menor que la mayoría.

Cuadro 4. Diferencia en el porcentaje de pérdida de peso en líneas de frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipos	Pérdida de peso%
XRAV 40-4	30.4 a§
PM2-Don Rey	29.2 a
PR 1429-3	25.6 ab
Amadeus 77	24.6 ab
ICTA Ligerero	24.2 ab
Aifi Würiti	20.3 bc
Verano	17.5 bc
PR 1429-4	14.6 c
Tío canela 75	14.3 c
Surú	1.4 d
Promedio	20.2
Probabilidad (%)	0.00**
Coefficiente de Variación (%)	34.4
Diferencia mínima significativa (P<0.05)	4.4

§Valores con letra iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* Altamente significativo

**Proporción de hembras de *Z. subfasciatus*.** La proporción mayor de hembras se presentó en las variedades Tío Canela75 y Amadeus77 (>45%), dos variedades comerciales de grano rojo conocidas en Centro América (Cuadro 5). Las líneas PR 1429-3 y PR 1429-4 presentaron las menores proporciones de hembras (<13%), lo que significa menores tasas de ovoposición y daños a las semillas en el ciclo siguiente de *Z. subfasciatus* en frijol almacenado.

**Peso vivo promedio de hembra y machos.** El peso vivo varía con la cantidad de gorgojos emergidos en cada tratamiento. El mayor peso de hembras (104.5 mg) y de machos (51.9 mg) ocurrió en la variedad Verano (cuadro 5). ICTA Ligerero también presentó un peso de hembras alto (86.5 mg). Los pesos de hembras más bajos fueron en Surú, PR 1429-3 y PR 1429-4 (<20 mg); y de machos fueron en las mismas líneas (<12 mg).

**Porcentaje de semilla dañada.** Estos datos se calcularon hasta después de los 56 DDI, cuando ocurrió la emergencia del último adulto de *Z. subfasciatus*, cuantificándose el número de semillas perforadas que presentaban por lo menos un agujero. Los mayores daños de la semilla fueron en las variedades de XRAV 40-4, Amadeus 77 y Verano (>97%); y los menores en la línea PR 1429-4, seguida de PR1429-4 y Surú (Cuadro 6).

Cuadro 5. Diferencia en proporción de hembras y peso de adultos en mg en líneas de frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipos	Hembra %	Peso Adultos (mg)	
		Hembra	Machos
Tío canela 75	45.2 a§	47.4 bc	20.7 cd
Amadeus 77	45.0 a	72.5 ab	34.4 bc
PM2-Don Rey	39.4 a	93.2 a	49.4 ab
Aifi Würiti	37.8 ab	82.8 ab	46.4 ab
XRAV 40-4	36.6 ab	81.5 ab	45.6 ab
ICTA Ligero	34.0 bc	86.5 a	48.1 ab
Verano	32.6 bc	104.9 a	51.9 a
Surú	27.0 c	10.3 d	11.3 d
PR 1429-3	12.6 d	19.9 cd	10.2 d
PR 1429-4	8.8 d	7.5 d	7.4 d
Promedio	31.9	60.6	31.9
Probabilidad (%)	0.00**	0.00**	0.00**
Coefficiente de Variación (%)	20.9	47.7	39.5
Diferencia mínima significativa (P<0.05)	6.4	18.3	8.1

§ Medidas con letra iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* Altamente significativo

Cuadro 6. Porcentaje de semilla dañada en líneas de frijol común infestados con *Zabrotes subfasciatus*, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipos	% Semilla Dañada
XRAV 40-4	100.0 a§
Amadeus 77	97.0 a
Verano	97.0 a
PM2-Don Rey	93.0 ab
Aifi Würiti	91.0 abc
ICTA Ligerero	84.0 bc
Tío canela 75	81.2 c
PR 1429-3	34.0 d
Surú	31.2 d
PR 1429-4	20.0 e
Promedio	72.8
Probabilidad (%)	0.00**
Coefficiente de Variación (%)	11.25
Diferencia mínima significativa (P<0.05)	5.1842

§ Valores con letra iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* Altamente significativo

Valores con letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Los resultados observados en el comportamiento de las líneas PR 1429-3 , PR 1429-4 y Surú en la mayoría de variables evaluadas sugieren que estos genotipos poseen mecanismos de resistencia al daño causado por el gorgojo del frijol *Z. subfasciatus*. Las líneas PR provienen del programa de mejoramiento de la resistencia a gorgojos de la Universidad de Puerto Rico por lo que su comportamiento en los ensayos conducidos en Zamorano valida estas cualidades. Sin embargo, no se tenía conocimiento de la resistencia a *Z. subfasciatus* de la variedad Surú, por lo que se dará seguimiento mediante el uso de marcadores moleculares asociados a los genes de resistencia identificados hasta la actualidad. Para fines comerciales, se sugiere la validación de las líneas PR y Surú a nivel de finca; estas líneas pueden ser utilizadas para fines de mejoramiento ya que adicionalmente poseen genes de resistencia a los virus del mosaico común y mosaico dorado amarillo de frijol.

## 4. CONCLUSIONES

- La ovoposición expresada en total de huevos puestos y el promedio de huevos/hembra resultó en una marcada diferencia en el comportamiento de la semilla infestada de los genotipos de frijol con gorgojos de *Z. subfasciatus*, sugiriendo resistencia a la ovoposición en las líneas PR 1429-3, PR 1429-4 y Surú, y como consecuencia un menor número de hembras, machos y adultos totales emergidos, lo que sugiere menor daño de semillas y una menor tasa de infestación y daños en el ciclo siguiente en el almacenamiento de semillas.
- Con base en los resultados del estudio, la variedad Surú resultó ser tan resistente como las líneas PR, pero se desconoce los genes y mecanismos de resistencia presentes en este genotipo.
- La variedad Tío Canela 75 presentó tasas bajas de ovoposición y de emergencia de adultos, sin embargo presentó un porcentaje de daños de semillas relativamente alto, por lo que se le considera como susceptible a *Z. subfasciatus*.

## 5. RECOMENDACIONES

- Continuar con la evaluación de las variables empleadas en un segundo ciclo de infestación en las muestras utilizadas en este estudio.
- Validar el valor agronómico y comercial y la estabilidad de la resistencia a *Z. subfasciatus* de las líneas PR 1429-3, PR 1429-4 y Surú a nivel de finca.
- Evaluar la resistencia de las líneas PR y Surú al ataque de la especie de gorgojo *Acanthoscelides obtectus* que también causa daños en el frijol almacenado en Centro América y El Caribe.
- Utilizar estas líneas como progenitores para fines de mejoramiento genético.
- Evaluar la resistencia de Surú utilizando marcadores moleculares para identificar la presencia de genes de resistencia en este genotipo.

## 6. LITERATURA CITADA

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: 183-197.

Espinal, R. 2014. Insectos que atacan los granos alimenticios en la fase postproducción. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Clase Ciencia y Tecnología de Grano.

McGuire, J. B. Grandall. 1967. Survey of insect pest and plant diseases of selected food crops of México, Central América and Panamá. USDA, AID. p 7.

Montoya Aburto, G 2001. Evaluación de pérdidas físicas y monetarias en dos sistemas de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en El Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 39p.

Moreira Guerra, V. 1994. Ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en genotipos locales de frijol común en Honduras. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 84p.

Pereira, F. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Capitulo V. Conservación y protección de los granos almacenado. Santiago, Chile (en línea). Consultado 06 julio de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027s0h.htm>

Pleites, O. 2014. Evaluación de la resistencia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana 24p.

Ribero, C., P. Pereira y L. Zukovski. 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): 567 -569.

Schoonhoven, A., C. Cardona, J. García.1988. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control. CIAT, Cali, Colombia. 3ª Edición. 46 p.

Staler, C., M. Ruley, V. Farace, K. Harrison, F. Neves, A. Bogatay , M. Dortoroff, D., Larson, R. Nason, & T. Welb, 1969. Market process in Recife area of Northeast Brazil. Rept. 2, Latin American Studies Center, Mich. State Univ.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Valores de Correlación de Pearson de Total de adultos emergidos

<b>Coefficiente de Correlación de Pearson</b>	<b><math>r</math></b>	<b>P</b>
Total machos emergidos	0.9556	<.0001
Total hembra emergida	0.8489	<.0001
Peso total adulto emergido	0.8033	<.0001
Peso machos emergidos	0.7713	<.0001
Peso hembras emergidas	0.7323	<.0001

$r$  Coeficiente de Correlación. P probabilidad Estadística.