

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

Ovidio José Soto Pleités

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

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

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

Presentado por

Ovidio José Soto Pleités

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

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

Presentado por:

Ovidio José Soto Pleités

Aprobado:

Raúl Espinal, Ph. D.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph. D.
Director
Departamento de Agroindustria
Alimentaria

Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

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

Ovidio José Soto Pleités

Resumen: La conservación y protección del grano de frijol almacenado constituye una necesidad alimenticia, social y económica. Una estrategia para disminuir el daño ocasionado por *Zabrotes subfasciatus* es el uso variedades resistentes. Este estudio tuvo como objetivo evaluar ocho variedades de frijol al ataque de *Z. subfasciatus* midiendo su efectos en variables reproductivas y de crecimiento, y daño físico producido en la semilla. El estudio se realizó en colaboración con el Programa de Investigaciones del Frijol. Se usó un diseño completamente al azar con ocho tratamientos (las variedades de frijol PM2-Don Rey, Amadeus-77, DEORHO, Cardenal, Paraisito, Tío Canela-75, Cincuentaño y Carrizalito) y 5 repeticiones. Se determinó oviposición, huevos por hembra, proporción de hembras, porcentaje de pérdida de peso, daño en la semilla, porcentaje de germinación, índice de susceptibilidad, emergencia de adultos, período de desarrollo, peso seco de adultos. Las variedades de frijol mostraron una respuesta diversa en la resistencia al ataque de *Z. subfasciatus* de acuerdo a las variables medidas. Los porcentajes de emergencia de *Z. subfasciatus* observados en las variedades Amadeus-77, Tío Canela-75, Cardenal y Carrizalito, sugieren la posibilidad de la presencia de algún factor que causa antibiosis en el gorgojo. Se recomienda consolidar una metodología para la evaluación de la resistencia del frijol común al ataque de *Z. subfasciatus* y evaluar líneas portadoras de Arc1, Arc2, Arc3 en comparación a variedades criollas y mejoradas, para confirmar el valor de estas proteínas en la resistencia a *Z. subfasciatus*.

Palabras claves: Almacenamiento, arcelina, emergencia, pérdida de peso, resistencia.

Abstract: conservancy and protection of stored bean grain constitutes a food, social and economic need. A strategy for decrease damage caused by *Zabrotes subfasciatus* is the use of resistant varieties. The present study aimed to evaluate eight varieties of bean to the attack of *Z. subfasciatus* measuring its effects on reproductive and growing variables, and physic damage caused in the seed. This study was done with collaboration with the Bean Research Program. A completely randomized design of experiment with eight treatments was done (bean varieties PM2-Don Rey, Amadeus-77, DEORHO, Cardenal, Paraisito, Tío Canela-75, Cincuentaño and Carrizalito) and five repetitions. Oviposition, eggs per female, female proportion, percentage of weight loss, damage in seed, percentage of germination, susceptible index, adult emergency, growth period, and adult dry weight were determined. The bean varieties showed a diverse answer in the resistance to attack of *Z. subfasciatus* according to the measured variables. The percentages of emergency of *Z. subfasciatus* observed in the varieties Amadeus-77, Tío Canela-75, Cardenal, and Carrizalito, suggest the possibility of the presence of a factor that causes antibiosis in the weevil. Is recommended to consolidate a methodology for the evaluation of the resistance of common bean to the attack of *Z. subfasciatus* and evaluate carrier lines of Arc1, Arc2, Arc3 in comparison to creole and improved varieties, to confirm the value of these proteins in the resistance to *Z. subfasciatus*.

Key words: Arcelin, emergency, resistance, storage, weight loss.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4 CONCLUSIONES.....	18
5 RECOMENDACIONES.....	19
6 LITERATURA CITADA.....	20
7 ANEXOS.....	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Promedios y desviación estándar del número total de huevos y número de huevos por hembra de <i>Z. subfasciatus</i> después de 13 días de infestación en ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.....	9
2. Promedios y desviación estándar del número de adultos emergidos de <i>Z. subfasciatus</i> entre los días 27 a 47 después de la infestación en ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.....	10
3. Promedios y desviación estándar del porcentaje de emergencia, período de desarrollo de <i>Z. subfasciatus</i> e índice de susceptibilidad de ocho variedades de frijol común al ataque de <i>Z. subfasciatus</i> a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.....	12
4. Promedios y desviación estándar del porcentaje de daño, pérdida de peso de ocho variedades de frijol común sometidas a un ciclo de ataque de <i>Z. subfasciatus</i> a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.....	13
5. Promedios y desviación estándar de la proporción de hembras y el peso de adultos de <i>Z. subfasciatus</i> emergidos en ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.....	15
Figuras	Página
1. Promedios y desviación estándar del porcentaje de semilla dañada por <i>Z. subfasciatus</i> de ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa. Coeficiente de variación= 13.02%	16
2. Promedios y desviación estándar del porcentaje de germinación de las semillas de frijol después del ataque de <i>Z. subfasciatus</i> a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa. Coeficiente de variación= 10.62%.....	17
Anexos	Página
1. Cuadro de correlaciones entre variables.....	24

1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la especie de las leguminosas de grano más importante para el consumo humano (Voyses 2000). Para más de 300 millones de personas en el mundo el frijol es un componente importante de la dieta diaria. Se estima que la cosecha mundial del año 2013 fue de 23.13 millones de toneladas (FAO 2014). Esta leguminosa es un alimento de gran importancia económica y social para muchos países latinoamericanos, siendo América, actualmente la región de mayor consumo y segundo en producción, con un 31% de la producción mundial (FAO 2014).

El frijol es una importante fuente de proteína vegetal para la población. El consumo anual *per cápita* de frijol en Honduras es de 13.7 kg/persona/año, fundamentalmente en áreas rurales (CORECA 1999). Las propiedades nutritivas del frijol están relacionadas con su alto contenido proteico (14-33%) dependiendo del tipo de frijol, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g /100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína). En relación al aporte de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g. El valor de fibra varía de 14-19 g/100 g de frijol crudo y la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1.5 a 6.2 g/100 g) (Ulloa *et al.* 2011).

La conservación y protección de este grano en el almacenamiento constituye una necesidad alimenticia, social y económica. Se estima que del 5 al 10% de la producción mundial se pierde a causa de insectos de almacén, lo que equivale a la cantidad de granos necesaria para alimentar a 130 millones de personas anualmente (FAO 1999). Para América Central y México se han estimado pérdidas que alcanzan un 35% del grano de frijol almacenado (Permuy *et al.* 2008). Los daños y perjuicios provocados por los insectos de granos almacenados pueden ser similares a los causados a los cultivos, pero cuando los insectos atacan el grano de frijol almacenado, no hay recuperación posible y el daño es irremediable (CIAT 1988).

La especie que causa mayor daño al frijol almacenado es *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (gorgojo pintado), perteneciente al orden Coleóptera, familia Bruchidae (Trivelli y Arias 1985). El deterioro del grano de frijol como consecuencia del ataque de estos insectos sucede cuando sus larvas se alimentan exclusivamente de las semillas, causando daños considerables al atacar los cotiledones. Los granos son cubiertos de huevos y presentan muchas perforaciones que corresponden a las cámaras de alimentación de los insectos, lo que causa pérdida de peso y menor cantidad de nutrientes (CIAT 1988). Por consiguiente su cotización en el mercado disminuye llevando a pérdidas económicas (Permuy *et al.* 2008). Existe una opción para disminuir de manera natural el daño por los

gorgojos al frijol almacenado, la cual consiste en el uso de variedades resistentes, que permiten a una disminución del costo del control del insecto, proporcionando un producto de buena calidad sin la presencia de insecticidas (Valencia 2006). Se considera a una variedad resistente cuando bajo condiciones iguales y gracias a su constitución genotípica, es dañada en menor intensidad por el ataque de un determinado insecto en relación a otra variedad menos resistente o susceptible (Valencia 2006). Las proteínas conocidas como arcelinas (Arc1, Arc2, Arc3, Arc4) presentes en las semillas de frijol, se consideran como uno de los mecanismos de la antibiosis de variedades de frijol a los brúchidos que atacan la semilla (Miranda *et al.* 2002).

Como resultado del efecto antibiótico presente en las variedades resistentes, la emergencia de adultos se reduce significativamente, el ciclo de vida de los individuos que logran sobrevivir se prolonga sustancialmente y la progenie resultante se caracteriza por su tamaño y peso reducido (Cardona y Kornegay 1989). Las variedades resistentes para control del gorgojo son una estrategia muy apropiada para pequeños agricultores quienes se encuentran desprovistos de recursos económicos y conocimientos técnicos de tecnologías modernas en el almacenamiento de grano (Espinal *et al.* 1993).

En una investigación de la resistencia de seis genotipos de frijol a *Z. subfasciatus*, se evaluaron materiales genéticos con Arc1, Arc2, Arc3, Arc4, IMD 808 y Porrillo-70 (P-70), los genotipos analizados no tuvieron diferencias significativas en el número de huevos puestos por hembras, pero si en la tasa de emergencia de adultos y el período de desarrollo (huevo-adulto) de los mismos (Miranda *et al.* 2002).

En otra investigación se determinó la pérdida de peso promedio de almacenamiento de frijoles rojos causada por *Z. subfasciatus* y se obtuvo que la aislínea Arcelina de Porrillo 70 presentó una pérdida significativamente menor en comparación a las otras variedades. La aislínea Arcelina y las variedades Catrachita y Desarrural presentaron una pérdida de peso intermedio y Danlí-46 fue la variedad más susceptible (Espinal *et al.* 1993).

En el presente estudio se evaluó la resistencia de ocho variedades de frijol común al ataque de *Z. subfasciatus*. Los objetivos fueron los siguientes:

- Evaluar la resistencia de las variedades de frijol midiendo su efecto en variables reproductivas y de crecimiento de *Zabrotes subfasciatus*.
- Determinar y evaluar los daños físicos producidos en las semillas de frijol por el ataque de *Zabrotes subfasciatus*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en el Laboratorio de la Planta Procesadora de Semillas. Dicha unidad está localizada en el Valle de Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, a 30 Km de Tegucigalpa, Honduras, a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una temperatura promedio anual de 24 °C, una precipitación de 1100 mm por año y una altura de 800 msnm.

Diseño experimental. Se usó un diseño completamente al azar evaluándose ocho tratamientos (variedades) con cinco repeticiones para un total de 40 unidades experimentales. La investigación consistió en evaluar la resistencia de ocho variedades de frijol común al ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) bajo condiciones ambientales controladas de 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ HR. Las variables evaluadas fueron oviposición, número de huevos por hembra, total de adultos emergidos, porcentaje de emergencia de adultos, proporción de hembras, tiempo de desarrollo, peso seco de los adultos, índice de susceptibilidad del frijol al ataque del insecto, porcentaje de semilla dañada, porcentaje de pérdida de peso de la semilla y el porcentaje de germinación. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.3) a través de un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM y una separación de medias Duncan al 95% de significancia.

Variedades de frijol utilizadas. Las variedades utilizadas para el experimento fueron proporcionadas por el Programa de Investigaciones del Frijol (PIF), las cuales se detallan a continuación.

Amadeus-77. Es una variedad mejorada desarrollada en Honduras por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, mediante la cruce de Tío Canela \times DICTA 105, liberada en 2003. La semilla es ovoide, con un peso promedio de 0.28 g. El color del grano es rojo brillante, de excelente valor comercial. La calidad del grano es excelente en cuanto al caldo, sabor, consistencia y cocción.

DEORHO. Fue desarrollada por el PIF a partir de la cruce simple SRC1-1 \times Tío Canela, y liberada en el 2007. El color de la testa de la semilla es rojo claro brillante, con un peso promedio de 0.24-0.26 g.

Cardenal. Desarrollada por el PIF a partir de la cruce simple SRC1-12-1-47 \times Amadeus-77 (SRC1-12-1-47), es una selección individual de la variedad (SRC1-12-1), y liberada en Honduras en el 2007. Posee una testa de color rojo claro brillante, la forma predominante de la semilla es ovoide y su peso es de 0.23-0.25 g.

Carrizalito. Fue desarrollada por el PIF mediante la cruce de Tío Canela-75 × DICTA 105, y liberada en Honduras en el 2003. Su semilla es ovoide, con un peso promedio de 0.26 g, el color del grano es rojo brillante.

Tío Canela-75. Desarrollado por el PIF a partir la cruce de DOR483/DOR391/Pompadour J. y liberada en 1996 en Honduras: Posee una semilla ovoide de color rojo y peso promedio de la semilla de 0.22 g.

PM2-Don Rey. Desarrollada por el PIF mediante las cruces de Carrizalito//Carrizalito/Paraisito y actualmente en proceso de validación en Honduras. La forma de la semilla es ovoide con un peso de promedio de 0.23 g, el color del grano es similar a la variedad criolla Paraisito (rojo claro). La calidad del grano es muy buena en cuanto a sabor, consistencia y tiempo de cocción.

Cincuentaño. Es una variedad criolla cultivada en Honduras.

Paraisito. Es una variedad criolla cultivada en Honduras. Posee una semilla ovoide de color rojo claro y un peso promedio de 0.24 g.

Cría de *Zabrotes subfasciatus*. Las crías se iniciaron a partir de una cría ya establecida en el laboratorio del PIF. Para ello se utilizaron frascos cilíndricos de 14 cm de altura y 5 cm de diámetro, con tapas metálicas perforadas en su contorno y provistas de una malla 60 mesh que facilitó la aireación y evitó el escape de los insectos. En cada frasco se colocó 1 kg de frijol de la variedad Danli-46, la cual presentó alta susceptibilidad al ataque de *Z. subfasciatus* (Espinal *et al.* 1993). Cada frasco se infestó introduciendo 100 parejas de *Z. subfasciatus* sexados, tomando en cuenta las características morfológicas de la especie. La hembra presenta cuatro puntos de color crema en los élitros a diferencia del macho que tiene un color gris uniforme y menor tamaño (Trivelli y Arias 1985). Se permitió que los adultos de *Z. subfasciatus* infestaran la semilla durante 13 días para luego ser retirados mediante un cernido con un tamiz N° A 12/64. Los nuevos adultos emergidos a partir del día 30 después de la infestación fueron retirados para continuar con el proceso de cría, repitiendo el procedimiento descrito. Los frascos de cría se mantuvieron en una cámara de germinación acondicionada a una temperatura promedio de 28 ± 1 °C y humedad relativa de $67 \pm 8\%$, y fueron agitados periódicamente para proveer aireación a las semillas y evitar el ataque de microorganismos (CIAT 1988).

Unidades experimentales. Las unidades experimentales fueron frascos cilíndricos de vidrio de 9 cm de alto y 4 cm de diámetro, en los cuales se colocaron 100 semillas. A las tapas de los frascos se les realizó una perforación circular de un diámetro de 3.6 cm y se les colocó una malla de 60 mesh que permitió la aireación y evitó el escape de los insectos. La cuantificación de las semillas se realizó por medio de un contador de semillas Seedburo™ 801 Count-A-Pak®. La verificación del conteo fue mediante una tabla contadora para 100 semillas de frijol.

Infestación. La infestación de todos los tratamientos se realizó el mismo día colocando 10 parejas de adultos sexados de *Z. subfasciatus*, con un máximo de 4 días de emergidos. Para obtener insectos de edad conocida se tamizaron los frascos de cría diariamente, 4

días antes de iniciar la infestación. Para evitar el escape de los insectos al momento de sexarlos éstos se colocaron en una bandeja de aluminio la cual estaba en contacto con hielo, ya que debido a que las bajas temperaturas disminuyen la actividad metabólica del insecto se facilita su manipulación (CIAT 1988). Los frascos ya infestados se mantuvieron en una cámara de germinación a una temperatura de 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ HR. Trece días después de la infestación los adultos se retiraron mediante un tamiz N° A 12/64.

Oviposición. Para la determinación de esta variable se contó el número total de huevos ovipositados en la testa de las semillas, utilizando una lupa de mesa marca Dazor modelo 8mc-100 y una pinza BioQuip N° 2 A con puntas planas redondeadas para evitar el daño en los huevos. El conteo se realizó el día 14 después de la infestación.

Oviposición por hembra de *Z. subfasciatus*. Para el cálculo de esta variable se dividió el número total de huevos encontrados entre el número de hembras utilizadas para la infestación (10 hembras).

Total de adultos emergidos (hembras y machos). Para cuantificar el número total de adultos se realizaron observaciones diarias en todos los tratamientos a partir del día 20 después de la infestación. La aparición de los primeros insectos inició el día 27 después de la infestación. Éstos fueron cernidos mediante un tamiz N° A 12/64, sexados, contabilizados, colocados en viales de vidrio y refrigerados a 4 °C. Este procedimiento se realizó cada 2 días hasta la emergencia del último adulto el día 47 después de la infestación.

Porcentaje de emergencia de adultos (Moreira 1994). Este cálculo se realizó para cada unidad experimental mediante el uso de la ecuación 1.

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

PEA: Porcentaje de emergencia de adultos

TAE: Total de adultos emergidos

TH: Total de huevos (oviposición)

Proporción de hembras de *Z. subfasciatus*. En el momento de la emergencia diaria los adultos se separaron por sexo y fueron cuantificados, al final de la emergencia se utilizaron esos datos para calcular la proporción de hembras en relación de la población total de insectos mediante la ecuación 2.

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

PH: Proporción de hembras

TH: Total de hembras emergidas

TAE: Total de adultos emergidos

Tiempo promedio de desarrollo (huevo-adulto) (Ribero *et al.* 2007). Considerando el total de adultos emergidos y los días de emergencia de éstos, el tiempo promedio se determinó mediante la ecuación 3.

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

TD: Tiempo de desarrollo (días)
 AED: Número de adultos emergidos por día
 DE: Día de emergencia
 N: Total de adultos emergidos

Peso seco promedio de hembras y machos. Se retiraron los adultos emergidos en cada una de las repeticiones, se recolectaron en viales de vidrio separando hembras de machos, y se pusieron en refrigeración a 4 °C, se recolectaron hasta la emergencia del último adulto. El proceso de secado se realizó a través de un horno de convección mecánica marca Blue M modelo B-2729-Q a 40 °C durante 72 horas, finalmente se colocaron el total de insectos en la balanza analítica Acculab® VI-10Kg y el peso total se dividió entre el número total de insectos pesados.

Índice de susceptibilidad del frijol a *Z. subfasciatus* (Dobie 1974). Para el cálculo del índice de susceptibilidad se utilizó la ecuación 4.

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

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

Porcentaje de semilla dañada. Para esta variable se contabilizaron las semillas que presentaron por lo menos una perforación provocada por la emergencia de *Z. subfasciatus*, para su cálculo se utilizó 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. Al término de la emergencia de los adultos se obtuvo el peso de 100 semillas de cada tratamiento y se restó al peso inicial. Para la determinación del peso las semillas se cribaron mediante un tamiz para eliminar impurezas y se pesaron

con una balanza analítica Acculab® VI-10Kg. La diferencia de peso resultante se consideró como peso perdido debido a daños causados por el insecto. Para el cálculo de esta variable se utilizó la ecuación 6.

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

PP: Porcentaje de pérdida de peso

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

Porcentaje de germinación. Para determinar esta variable se realizó la siembra de las 100 semillas de cada repetición. Se colocaron en tablas contadoras para su verificación, las semillas se sembraron en bandejas a una profundidad de 2 pulgadas en un medio de arena, se aplicó medio litro de agua después de la siembra a cada bandeja. Finalmente al día siete se contabilizaron las semillas germinadas y se determinó el porcentaje mediante la ecuación 7.

$$PG(\%) = \frac{NS - SNG}{NS} \times 100 \quad [7]$$

PG: Porcentaje de germinación

NS: Número de semillas sembradas

SNG: Semillas no germinadas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Oviposición. La oviposición total por las hembras de *Z. subfasciatus* no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) para las ocho variedades de frijol evaluadas (Cuadro 1). No existió preferencia por parte del insecto para la oviposición en determinada variedad, además no hubo efecto alguno de las variedades de frijol en esta variable reproductiva de oviposición en las hembras de *Z. subfasciatus*. Estos resultados coincidieron con los obtenidos por Wanderley (1995), quien utilizó seis cultivares y cuatro líneas isogénicas portadoras de las proteínas arcelinas (Arc1, Arc2, Arc3 y Arc4) en su estudio señaló que los cultivares y las líneas mejoradas no mostraron diferencias significativas en el número total de huevos ovipositados por *Z. subfasciatus*. Resultados comparables fueron reportados por Miranda *et al.* (2002) y Lara (1997) en experimentos similares.

El estado de desarrollo de *Z. subfasciatus* más susceptible a la antibiosis es el primer instar larval tardío y el segundo instar temprano (Cardona *et al.* 1989). Por lo tanto las posibles características de resistencia o tolerancia de alguna de las variedades de frijol evaluadas no se reflejarían en la oviposición de las hembras. Según Mazzoneto y Boica Jr. (1999) el no encontrar diferencias significativas en el parámetro de oviposición muestra signos de haber tenido una muy buena uniformidad entre los tratamientos, siendo muy importante para detectar tipos de resistencia o tolerancia en las variedades de frijol a *Z. subfasciatus*.

Oviposición por hembra de *Z. subfasciatus*. Los resultados obtenidos en el total de huevos por hembra de *Z. subfasciatus* no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 1). El rango del total de huevos por hembra fue de 16.6 huevos/hembra en la variedad PM2-Don Rey a 20.2 huevos/hembra para Tío Canela-75. Estos resultados se encontraron por debajo de los mencionados por Gonzales *et al.* (1984) quienes obtuvieron valores promedios entre 20 y 40 huevos por hembra y a los de Schoonhoven y Cardona (1982) en los que las hembras de *Z. subfasciatus* ovipositaron un promedio de 35 huevos. Esta reducción en el total de huevos por hembra puede estar relacionada a la utilización de hembras con edades entre uno a cuatro días de nacidas, lo que pudo disminuir la oviposición en el momento de la infestación, ya que según estudios realizados por el Cardona (1994) la oviposición de la hembra de *Z. subfasciatus* comienza desde su primer día de existencia, en el que pone de dos a tres y alcanza su valor máximo hacia el tercer día, en el que puede colocar hasta nueve, a partir de entonces se reduce la postura.

Otro posible factor que influyó en los valores obtenidos para esta variable fue el tipo de frasco utilizado, ya que la superficies lisas del vidrio estimulan la oviposición de *Z. subfasciatus* (Valencia 2006), evitando concentrar el total de las posturas en las semillas.

Cuadro 1. Promedios y desviación estándar del número total de huevos y número de huevos por hembra de *Z. subfasciatus* después de 13 días de infestación en ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.¹

Variedad	Oviposición	
	Total	Huevos/Hembra
PM2-Don Rey	165.8 ± 94.76 a	16.6 ± 9.47 a
Paraisito	171.8 ± 63.03 a	17.2 ± 6.30 a
Cincuentaño	174.4 ± 66.44 a	17.4 ± 6.64 a
DEORHO	197.6 ± 66.15 a	19.8 ± 6.61 a
Cardenal	186.2 ± 62.99 a	18.6 ± 6.30 a
Tío Canela-75	202.0 ± 76.82 a	20.2 ± 7.68 a
Amadeus-77	168.6 ± 77.31 a	16.9 ± 7.73 a
Carrizalito	178.2 ± 99.42 a	17.8 ± 9.94 a
C.V. (%)	20.16	20.16

¹Medias con letra igual en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

C.V.: Coeficiente de variación.

Total de adultos emergidos (hembras y machos). Para las variables de emergencia de hembras, machos y total de adultos de *Z. subfasciatus* se encontraron diferencias significativas (P<0.05) (Cuadro 2). Para la variable total de hembras el tratamiento correspondiente a la variedad PM2-Don Rey presentó un total de 93 hembras emergidas, el cual fue significativamente diferente en comparación con las variedades Amadeus-77, Paraisito, Tío Canela-75, Cincuentaño y Carrizalito que presentaron un total de 61.00, 58.75, 59.00, 60.00 y 49.75 hembras emergidas respectivamente. No presentó diferencias significativas con las variedades DEORHO y Cardenal (74.40 y 73.67 hembras, respectivamente).

En cuanto al total de machos emergidos entre las variedades PM2-Don Rey (92.33), Amadeus-77 (77.67), DEORHO (73.40) y Cardenal (75.67) no presentaron diferencias significativas entre sí, pero fueron estadísticamente diferentes con la variedad Carrizalito, la cual presentó un menor número de machos emergidos (43.00 machos). El total de machos emergidos en la variedad Carrizalito es comparable con los totales encontrados para variedades de Paraisito, Tío Canela-75 y Cincuentaño debido a que no presentaron diferencias estadísticas entre ellos.

Para el número total de adultos emergidos, la variedad Carrizalito (Cuadro 2) tuvo valores significativamente menores (P<0.05) que las variedades PM2-Don Rey, Amadeus-77,

DEORHO y Cardenal las que presentaron emergencias de 185.33, 161.00, 147.80, 149.33 adultos respectivamente. Las variedades Carrizalito, Paraisito, Tío Canela-75, Cincuentaño y Carrizalito no presentaron diferencias significativas entre sí, lo que sugiere que pueden presentar algún nivel de resistencia, en relación con las otras variedades que presentaron valores más altos.

Según Cardona *et al.* (1990) la reducción en el número de adultos emergidos puede ocurrir en materiales resistentes, afectando el crecimiento demográfico del insecto durante el almacenamiento. Debido a un mecanismo de antibiosis, ocasionado por la planta sobre la biología del insecto resultando la emergencia de adultos reducida significativamente. La antibiosis incluye todos los efectos fisiológicos adversos de naturaleza temporal o permanente que ocurre como resultado de la ingestión de una planta por el insecto. La antibiosis se debe a la presencia de una alomona o a la falta de una kairomona (Kogan 1986). La ocurrencia de antibiosis puede deberse a una serie de factores presentes en las plantas, de los cuales se reconocen características morfológicas, presencia de metabolitos tóxicos (alcaloides y glucósidos), presencia o ausencia de nutrimentos y presencia o ausencia de enzimas u otros compuestos (Cardona 1997).

Cuadro 2. Promedios y desviación estándar del número de adultos emergidos de *Z. subfasciatus* entre los días 27 a 47 después de la infestación en ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.¹

Variedad	Emergencia de adultos		
	Hembras	Machos	Total
PM2 –Don Rey	93.00 ± 21.38 a	92.33 ± 28.29 a	185.33 ± 49.54 a
Amadeus-77	61.00 ± 29.70 b	77.67 ± 40.02 ab	161.00 ± 84.00 a
DEORHO	74.40 ± 32.21 ab	73.40 ± 33.74 ab	147.80 ± 65.09 ab
Cardenal	73.67 ± 12.34 ab	75.67 ± 28.75 ab	149.33 ± 41.04 ab
Paraisito	58.75 ± 17.46 b	55.50 ± 25.23 bc	114.25 ± 42.05 bc
Tío Canela-75	59.00 ± 15.57 b	56.50 ± 18.52 bc	111.67 ± 37.54 bc
Cincuentaño	60.00 ± 32.01 b	56.75 ± 26.18 bc	116.75 ± 57.88 bc
Carrizalito	49.75 ± 38.05 b	43.00 ± 22.46 c	92.75 ± 59.20 c
C.V. (%)	20.85	22.03	17.14

¹Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P<0.05).

C.V.: Coeficiente de variación.

Porcentaje de emergencia. Para la variable del porcentaje de emergencia de adultos se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos (Cuadro 3). Las diferencias observadas fueron principalmente entre la variedad PM2-Don Rey la cual presentó una media mayor en el porcentaje de emergencia (80.2%) en comparación con las variedades Carrizalito (64.3%), Amadeus-77 (68.8%), Tío Canela-75 (69.2%) y

Cardenal (69.6%). La variedad Carrizalito (64.3%) presentó el menor porcentaje de emergencia de *Z. subfasciatus* que las variedades PM2-Don Rey (80.2%), Paraisito (77.4%) y Cincuentaño (74.8%), sin embargo no se encontraron diferencias estadísticas en comparación con las variedades Amadeus-77 (68.8%), Tío Canela-75 (69.2%), Cardenal (69.6%) y DEORHO (73.4%).

Cardona *et al.* (1990) confirmaron que el efecto antibiótico que confiere el mecanismo de resistencia o tolerancia por la proteína arcelina a *Z. subfasciatus*, al realizar ensayos de resistencia usando semillas artificiales con harina de granos de frijol de variedades resistentes en los cuales la resistencia se mantuvo. También encontró que al aumentar el contenido de arcelina, el efecto antibiótico aumentaba, cuantificado en la prolongación del ciclo de vida, el descenso de la emergencia de adultos, reducción del peso y tamaño de la progenie. Esto demostró que los factores de la resistencia son de naturaleza química y están presentes en los cotiledones de las semillas, descartando así la dureza de la testa como factor de resistencia.

En la evaluación de las líneas isogénicas cercanas Arc1, Arc2, Arc3, Arc4, Wanderley (1995) observó que la utilización de Arc1 y Arc2 resultó en un menor número de insectos emergidos, siendo los efectos más expresivos en Arc1 que presentó una emergencia de 14.63% en cuanto a Arc2 fue de 52.0%. En estudios similares, Barbosa *et al.* (1999), obtuvieron resultados para el porcentaje de adultos emergidos en los cultivares GoianoPrecoce (67.7%), Porrillo 70 (62.2%), Arc4 (61.9%), Arc3 (64.5%), Arc2 (22.5%) y Arc1 (16.4%). En la investigación llevada a cabo en el Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 1989) se encontró en semillas artificiales que contenían Arc1 un 18.4% de adultos emergidos, mientras que en el testigo Arc- la emergencia fue de 86.1%.

Tiempo promedio de desarrollo. Para la variable período de desarrollo (huevo-adulto) de *Z. subfasciatus* se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las variedades evaluadas (Cuadro 3). Las variedades Tío Canela-75 y Paraisito presentaron diferencias significativas en el período de días de desarrollo (huevo-adulto) con 29.15 y 29.22 días respectivamente en comparación con las variedades PM2-Don Rey y Cardenal que presentaron un período mayor de desarrollo de 30.50 y 30.23 días. Estas últimas dos variedades presentaron una media mayor significativamente en comparación con la variedad Cincuentaño.

Altamirano (1992) evaluó en condiciones de 27 ± 1 °C y $68 \pm 2\%$ HR el efecto de arcelina en el período de desarrollo de *Z. subfasciatus* en seis líneas de frijol (Arc1, Arc2, Arc3, Arc4, Arc- y Danlí-46) obteniendo los resultados de 41, 34, 37, 38, 32 y 31 días respectivamente para cada variedad. En un estudio similar, Barbosa *et al.* (1999) obtuvieron que los insectos criados en Arc1 tuvieron el período más prolongado de huevo-adulto (43,7 días), seguido de Arc3 (37.5 días), Arc4 (36.6 días), Arc2 (36.5 días), Porrillo-70 (32.4 días) y Goiano Precoce (31.1 días). En el presente estudio, todas las variedades evaluadas presentaron menor período de desarrollo (huevo-adulto) que los encontrados por Altamirano (1992) y Barbosa *et al.* (1999). Harmsen *et al.* (1988) en un estudio sobre resistencia a brúchidos, utilizando la variedad Porrillo-70, encontraron que

los tipos de arcelina Arc4 y Arc3 son las responsables de prolongar el ciclo de vida de los adultos.

Índice de susceptibilidad del frijol al ataque de *Z. subfasciatus*. En cuanto al índice de susceptibilidad del frijol al ataque de *Z. subfasciatus* se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las variedades evaluadas (Cuadro 3). La variedad Carrizalito presentó un índice de susceptibilidad de 6.54, menor que las variedades Paraisito, Tío Canela-75, Cincuentaño y DEORHO, que tuvieron índices de 7.19, 7.17, 7.10 y 7.13, respectivamente.

El índice de susceptibilidad permite hacer comparaciones entre tratamientos y permite clasificar las variedades como resistentes, intermedias o susceptibles al ataque de los insectos (Dobie 1974). En base a lo anterior la variedad Carrizalito fue la menos susceptible al ataque de *Z. subfasciatus* en comparación con las variedades Paraisito, Tío Canela-75, Cincuentaño y DEORHO, que presentaron índices mayores. La variedad Amadeus-77 (6.61) presentó mayor resistencia al ataque de *Z. subfasciatus* que las variedades Paraisito, Tío Canela-75, pero no presentó diferencias significativas con las variedades Carrizalito, Cardenal, PM2-Don Rey, DEORHO y Cincuentaño.

Cuadro 3. Promedios y desviación estándar del porcentaje de emergencia, período de desarrollo de *Z. subfasciatus* e índice de susceptibilidad de ocho variedades de frijol común al ataque de *Z. subfasciatus* a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.¹

Variedad	Emergencia (%)	Período de desarrollo (días)	Índice de susceptibilidad
Paraisito	77.4 ± 7.44 ab	29.22 ± 0.97 c	7.19 ± 0.77 a
Tío Canela-75	69.2 ± 10.93 bc	29.15 ± 1.17 c	7.17 ± 1.10 a
Cincuentaño	74.8 ± 9.94 ab	29.58 ± 1.04 bc	7.10 ± 1.09 ab
DEORHO	73.4 ± 13.13 abc	29.96 ± 0.73 abc	7.13 ± 0.78 ab
PM2-Don Rey	80.2 ± 8.51 a	30.50 ± 0.90 a	7.01 ± 1.06 abc
Cardenal	69.6 ± 2.91 bc	30.23 ± 0.93 ab	6.94 ± 0.81 abc
Amadeus-77	68.8 ± 16.55 bc	29.74 ± 0.68 abc	6.61 ± 1.15 bc
Carrizalito	64.3 ± 8.47 c	29.83 ± 1.01 abc	6.54 ± 1.25 c
C.V. (%)	8.22	1.77	5.04

¹Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

C.V.: Coeficiente de variación.

Pérdida de peso de la semilla. Las variedades de frijol evaluadas presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el porcentaje de pérdida de peso sufrido por la semilla después del ataque de *Z. subfasciatus* (Cuadro 4). Las variedades DEORHO, Cardenal y Paraisito, presentaron las menores pérdidas de peso 1.38%, 1.47%, 1.49%, respectivamente, que las variedades Carrizalito, Tío Canela-75, PM2-Don Rey, Amadeus-77 y Cincuentaño con un rango 2.52 a 4.00% en pérdida de peso. Aunque las diferencias parezcan bajas, estas

pueden llegar a tener un mayor impacto principalmente en agricultores de subsistencia en el almacenamiento de frijol. Montoya (2001) reporta pérdidas promedios de frijol almacenado por productores de subsistencia y mediana escala (0.5-10 mz) de un 5.6%, que representan el alimento para un mes, ya que aproximadamente cada familia consume 2.2 kg de frijol semanalmente.

Altamirano (1992) en la evaluación de seis líneas de frijol (Arc1, Arc2, Arc3, Arc4, Arc- y Danlí-46) en condiciones similares a las de este estudio, presentó porcentajes de pérdidas de peso entre 2.65-7.03%, siendo la línea Arc1 la de menor valor y Danlí-46 la que presentó mayor porcentaje de pérdidas (Cuadro 4). En relación a este estudio se puede mencionar que existe algún factor que confiere mayor tolerancia a *Z. subfasciatus* por las variedades que presentaron menor pérdida de peso.

Cuadro 4. Promedios y desviación estándar del porcentaje de daño, pérdida de peso de ocho variedades de frijol común sometidas a un ciclo de ataque de *Z. subfasciatus* a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.¹

Variedad	Pérdida de peso (%)
Cincuentaño	4.00 ± 2.29 a
Amadeus-77	4.03 ± 1.26 a
PM2 Don Rey	3.85 ± 1.08 a
Tío Canela-75	3.24 ± 1.23 ab
Carrizalito	2.52 ± 1.44 b
Paraisito	1.49 ± 1.27 c
Cardenal	1.47 ± 0.36 c
DEORHO	1.38 ± 1.06 c
C.V. (%)	20.71

¹Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (P<0.05).

C.V.: Coeficiente de variación.

Proporción de hembras de *Z. subfasciatus*. La variable proporción sexual en la población de *Z. subfasciatus* no presentó diferencias significativas (P<0.05) entre las variedades de frijol evaluadas. La proporción de sexos varió entre 0.50-0.52 (Cuadro 5), resultados que son compatibles con los de Barbosa *et al.* (1999), quienes al evaluar siete líneas de frijol (GoianoPrecoce, Porrillo 70, Arc4, Arc3, Arc2, Arc1) obtuvieron una proporción de sexos de 0.52-0.54 sin encontrar diferencias significativas. La relación sexual de *Z. subfasciatus* es aproximadamente 1:1, conforme a lo reportado por Ferreira (1960) quien observó la proporción sexual de la descendencia de 10 parejas de *Z. subfasciatus* y obtuvo una proporción sexual de 0.53. Wanderley y Oliveira (1992) en estudios similares informaron una proporción de 0.5 para *Z. subfasciatus*.

La importancia en la proporción sexual de *Z. subfasciatus* radica en que al disminuir el número de hembras en relación al total de la población, implicaría una disminución en el número de oviposición y por lo tanto el daño se vería disminuido (Decheco y Ortiz 1987). Cardona *et al.* (1989) trabajando con la accesión frijol silvestre G 12953 (portador del alelo Arc4) observó en la emergencia de *Z. subfasciatus* luego de cuatro generaciones sucesivas una ocurrencia en la disminución de la proporción de hembras en la población. Dado que el estudio evaluó la resistencia luego de un solo ciclo de *Z. subfasciatus* puede ser una posible razón de no presentarse diferencias significativas en la proporción sexual de *Z. subfasciatus* entre tratamientos.

Peso seco de hembras. Para la variable peso seco de las hembras luego de un ciclo biológico no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5). El rango de peso seco para las hembras emergidas en las ocho variedades evaluadas fue de 1.44-1.56 mg, para las variedades Cardenal y Amadeus-77, respectivamente.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Altamirano (1992), quien no encontró diferencias significativas evaluando las líneas Arc1, Arc2, Arc3, Arc4, Arc- y Danlí-46; obtuvo pesos secos para el primer ciclo biológico de las hembras en un rango de 1.04-1.62 mg para Arc1 y Arc-. Sin embargo, en dicho estudio encontró diferencias significativas entre tratamientos en el peso de las hembras a partir del segundo ciclo; por lo que el evaluar solamente un ciclo biológico del insecto para esta variable pudo influir en la posibilidad de no encontrar diferencias significativas.

Peso seco de machos. Para la variable de peso seco de machos de *Z. subfasciatus* se tuvieron diferencias significativas entre las variedades Cardenal (0.836 mg) y Carrizalito (0.842 mg) en comparación de Paraisito (0.910 mg). El rango obtenido en este estudio 0.836 - 0.910 mg de peso seco de machos es comparable con los valores obtenidos por Altamirano (1992) al evaluar el peso seco de un ciclo biológico de *Z. subfasciatus* para Arc4 (0.86 mg) y Danlí-46 (0.95 mg). En el peso seco de machos encontró diferencias significativas, la línea Arc1 presentó un menor peso seco del insecto al ser comparado con los testigos, Arc- y Danlí-46. Sin embargo no se encontraron diferencias entre las líneas Arc1 en comparación con Arc2, Arc3 y Arc4. Harmsen *et al.* (1988) en un estudio sobre resistencia a brúchidos asocian las Arc4 y Arc3 con la disminución del peso seco de los adultos.

Cuadro 5. Promedios y desviación estándar de la proporción de hembras y el peso de adultos de *Z. subfasciatus* emergidos en ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa.¹

Variedad	Proporción sexual	Peso seco adultos (mg)	
	Hembras	Hembras	Machos
Paraisito	$0.50 \pm 0.027a$	$1.55 \pm 0.11 a$	$0.910 \pm 0.11 a$
Tío Canela-75	$0.52 \pm 0.043a$	$1.52 \pm 0.13 a$	$0.895 \pm 0.10 ab$
PM2- Don Rey	$0.50 \pm 0.022a$	$1.45 \pm 0.16 a$	$0.868 \pm 0.11 ab$
Cincuentaño	$0.51 \pm 0.033a$	$1.49 \pm 0.17 a$	$0.877 \pm 0.09 ab$
DEORHO	$0.51 \pm 0.047a$	$1.53 \pm 0.15 a$	$0.878 \pm 0.09 ab$
Amadeus-77	$0.51 \pm 0.014a$	$1.56 \pm 0.14 a$	$0.889 \pm 0.09 ab$
Carrizalito	$0.55 \pm 0.046a$	$1.50 \pm 0.16 a$	$0.842 \pm 0.10 b$
Cardenal	$0.51 \pm 0.053a$	$1.44 \pm 0.06 a$	$0.836 \pm 0.06 b$
C.V. (%)	7.26	5.41	4.49

¹Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P<0.05)

C.V.: Coeficiente de variación.

Porcentaje de semilla dañada. El porcentaje de semillas dañadas debido al ataque de *Z. subfasciatus* presentó diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos (Figura 1). La variedad Amadeus-77 no presentó diferencias significativas con la variedad Tío Canela-75, sin embargo tuvo menor valor en el porcentaje de semilla dañada (39.33%) que las variedades DEORHO (69.93%), Paraisito (64.00%), Cardenal (62.67%), PM2-Don Rey (62.53%), Carrizalito (60.47%) y Cincuentaño (54.67). Utida (1967) informó que los huevos son colocados en un 30% a 40% en forma colectiva, ya que hay mayor sobrevivencia de larvas que cuando son colocados separadamente, estos grupos de huevos son denominados masas de huevos, lo que indica que los porcentajes de semillas dañadas están relacionados con la distribución de los huevos.

Cope y Fox (2003) informaron que la actividad de distribución de los huevos sobre los granos podría estar afectada por una mezcla de lípidos tales como ácidos grasos y triglicéridos los cuales fueron denominados marcadores de oviposición, pudiéndosele atribuir a este factor las diferencias encontradas. Las hembras de *Z. subfasciatus* son capaces de poner huevos en semillas que presenten alguna característica bioquímica deseable la cual podría ser detectada principalmente por el tacto sensorial con las antenas o por el aire al respirar.

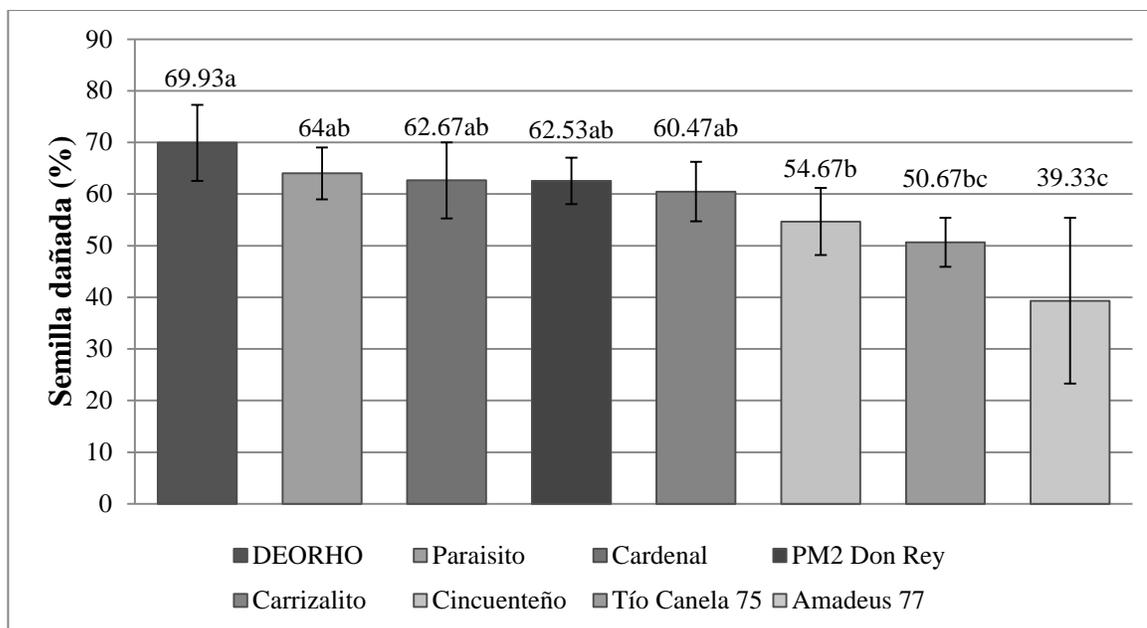


Figura 1. Promedios y desviación estándar del porcentaje de semilla dañada por *Z. subfasciatus* de ocho variedades de frijol común a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa. Coeficiente de variación= 13.02%.

Porcentaje de germinación. Para el porcentaje de germinación de la semilla de frijol después del ataque de *Z. subfasciatus* se encontraron diferencias significativas entre las diferentes variedades (Figura 2). Las variedades que presentaron los mayores porcentajes de germinación fueron Cardenal, Carrizalito, PM2-Don Rey, Amadeus-77 y DEORHO, cuyas diferencias no difirieron entre sí. Destacan las variedades Cardenal que con 62.67% de daño tuvo una germinación de 83.8%, DEORHO que a pesar de haber tenido un porcentaje de daño en la semilla de 69.93% su germinación fue de 76.0%, PM2-Don Rey con un daño de 62.53% germinó un 81.6%. La variedad Cincuentaño presentó una germinación intermedia en relación de las otras variedades. Las variedades Tío Canela-75 y Paraisito tuvieron los menores porcentajes de germinación, estas variedades se mostraron con mayor susceptibilidad al ataque del insecto. Enfatizando en los resultados de la variedad Tío Canela-75 que presentó un porcentaje de daño del 50.67% su germinación fue de 50.4%, lo que nos hace orientarnos a que el 100% de la semilla dañada no pudo germinar debido al ataque del insecto. Las larvas de *Z. subfasciatus* se alimentan exclusivamente de las semillas causando daños considerables al atacar los cotiledones, donde la construcción de “ventanas” puede destruirlos totalmente. *Z. subfasciatus* también dañan las semillas al consumir su alimento debilitando los cotiledones, resultado en un debilitamiento de las plantas, pérdida de vigor o incluso evitando su germinación (Gallo *et al.* 1978). La base bioquímica de resistencia a *Z. subfasciatus* se asocia con la presencia de proteínas que impiden la proteólisis de enzimas producidas por las larvas del insecto, evitando que la disponibilidad de aminoácidos esenciales (Oriani *et al.* 1996).

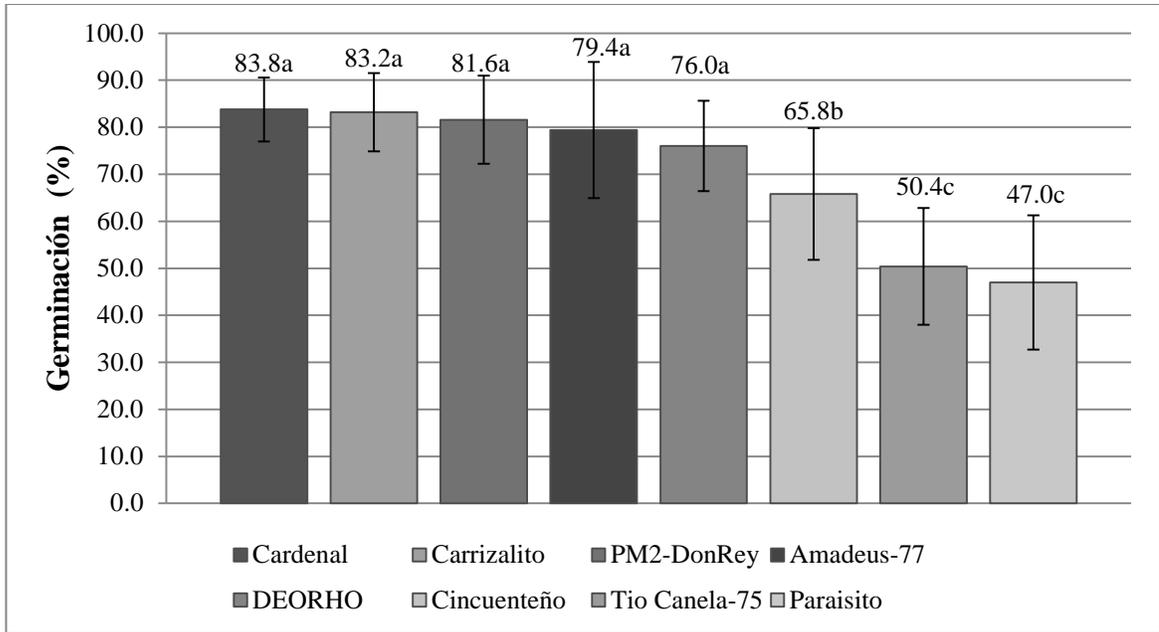


Figura 2. Promedios y desviación estándar del porcentaje de germinación de las semillas de frijol después del ataque de *Z. subfasciatus* a 28 ± 1 °C y $67 \pm 8\%$ de humedad relativa. Coeficiente de variación= 10.62%.

4. CONCLUSIONES

- Las variedades de frijol mostraron una respuesta diversa en la resistencia al ataque de *Z. subfasciatus* de acuerdo a las variables medidas.
- Los porcentajes de emergencia de *Z. subfasciatus* observados en las variedades Amadeus-77, Tío Canela-75, Cardenal y Carrizalito sugieren la posibilidad de la presencia de algún factor que causa antibiosis en *Z. subfasciatus*.
- El peso seco y proporción de hembras en la población de *Z. subfasciatus* no fueron afectados en ninguna de las variedades de frijol evaluadas.
- Las variedades Paraisito, Cardenal y DEORHO presentaron la mayor tolerancia al daño causado por *Z. subfasciatus* en la pérdida de peso.
- Las variedades Tío Canela-75 y Paraisito presentaron los porcentajes de germinación más bajos; y Cardenal, DEORHO y PM2-Don Rey, que presentaron un porcentaje considerable de daño en la semilla, tuvieron una germinación alta.

5. RECOMENDACIONES

- Consolidar una metodología y validación para la evaluación de la resistencia de *P. vulgaris* al ataque de *Z. subfasciatus* para futuras investigaciones.
- Evaluar líneas portadoras de arcelina (Arc1, Arc2, Arc3) en comparación de variedades criollas y mejoradas para confirmar el valor de estas proteínas en la resistencia a *Z. subfasciatus*.
- En evaluaciones de resistencia de frijol a *Z. subfasciatus* y efectos en su biología, realizar estudios en diferentes generaciones del insecto que simulen el tiempo de almacenamiento.
- Evaluar las variedades Amadeus-77, Tío Canela-75, Cardenal y Carrizalito mediante electroforesis para determinar la presencia de arcelina u otros factores que confiere resistencia a *Z. subfasciatus*.
- Evaluar la resistencia de variedades de frijol al ataque del gorgojo común *Acanthoscelides obtectus* (Say 1859).

6. LITERATURA CITADA

Altamirano Pólit, R.C. 1992. Efecto de arcelina en la tasa de crecimiento y reproducción de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 96p.

Barbosa, F., M. Yokoyama, P. Pereira y F. Pfeilsticker. 1999. Efeito da proteína arcelina na biología de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman 1833) em feijoeiro. Pesquisa Agropecuária do Brasil 34(10):1805-1810.

Cardona, C. 1994. Insectos y otras plagas invertebradas en frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 734p.

Cardona, C. 1997. Resistencia Varietal a Insectos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 86p.

Cardona, C. y J. Kornegay. 1989. Use of wild *Phaseolus vulgaris* to improve beans for resistance to bruchids. In: S. Beebe (ed), Current topics in breeding of common beans. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p 90-98.

Cardona, C., C. Posso, J. Kornegay, J. Valor y M., Serrano. 1989. Antibiosis effects of dry bean accessions on the Mexican Bean Weevil and the bean Weevil (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Economic Entomology 82(1):310-316.

Cardona, C., J. Kornegay, C. Posso, F. Morales y H. Ramirez. 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.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1988. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado y su control: Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audio-tutorial sobre el mismo tema. 3ª ed. Cali, Colombia. Publicaciones de CIAT. 45p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. Temas actuales en mejoramiento genético del frijol común: Memorias del Taller Internacional de Mejoramiento Genético de Frijol. S. Beebe (ed). Cali, Colombia, CIAT, 465p.

Consejo Regional de Cooperación Agrícola (CORECA). 1999. El mercado mundial del frijol y sus vinculaciones con el mercado centroamericano. San José, Costa Rica, IICA. 100p.

- Cope, J. y C. Fox. 2003. Oviposition decisions in the seed beetle *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera:Bruchidae): Effects of seed size on superparasitism. *Journal of Stored Products Research* 39:355-365.
- Decheco, A. y M. Ortiz. 1987. Influencia de la temperatura sobre el “gorgojo del frijol” *Zabrotes subfasciatus*. *Revista Peruana de Entomología* 30:42-44
- Dobie, P. 1974. Laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize lines to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* (Motschulsky)(Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research* 10: 183-197.
- Espinal, R., R. Higgins, y V. Wright. 1993. Economic losses associated with *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) and *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) infestations of stored dry red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Southeastern Honduras. *Ceiba* 45 (2):107.119.
- Ferreira, A. 1960. Subsídios para o estudo de uma Praga do feijão (*Zabrotes subfasciatus* Boh. Coleoptera, Bruchidae) dos climas tropicais. *Série de Estudos Agronomicos* 8(3):559-581.
- Gallo, D., O. Nakano, F. Wiendl, S. Silveria, y R. Carvalho. 1988. Manual de entomología agrícola. Sao Paulo, Brasil, Editora Agronomica Ceres. 649p.
- González, V., R. Roche, y M. Simanca. 1984. Ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera:Bruchidae), plagas de granos almacenados. *Ciencia de la Agricultura* 21:25-30.
- Harmsen, R., F. Bliss, C. Cardona, C. Posso y T. Osbor. 1988. Transferring genes for arcelin protein from wild to cultivated beans: implications for bruchid resistance. *Annual report of Bean Improvement Cooperative*, 31:54-55.
- Kogan, M. 1986. Natural chemicals in plant resistance to insect. *Iowa State Journal* 60:501-527.
- Lara, F.M. 1997. Resistance of wild and near isogenic bean lines with variants to *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). I-Winter crop. *Memorias de la Sociedad Entomológica de Brasil* 26(3):551-560.
- Mazzoneto, F. y J. Boica. 1999. Determinación de dos tipos de resistencia de genotipos de frijol al ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera:Bruchidae), *Memorias de la Sociedad Entomológica de Brasil* 28(2):307-311.
- Miranda, J.E., L.C. Toscano, y M.G. Fernandes. 2002. Evaluación de resistencia de diferentes genotipos de *Phaseolus vulgaris* a *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera:Bruchidae). *Sanidad Vegetal, Plagas* 28: 571-576.

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

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1999. Alimentación, Nutrición y Agricultura. 2 ed. Roma, Italia, Dirección de Información de la FAO.56p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2014. Dirección de Estadísticas: FAOSTAT (en línea). Consultado el 12 de octubre de 2014. Disponible en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S>

Oriani, M., F. Lara y A. Boica. 1996. Resistencia de genotipos de frijol a *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleóptera: Bruchidae). Anales de la Sociedad Entomológica de Brasil 25(2):213-216.

Permuy, N., O. Chaveco, J. Gonzalez, E. Garcia y F. Hidalgo. 2008. Pérdida de grano de frijol común en un sistema de almacenamiento tradicional. Agricultura Técnica en México 34(1): 91-100.

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 conteniendo arcelina. Entomología Neotropical 36(4):560-564.

Schoonhoven, A. y C. Cardona. 1982. Low levels of resistance to the Mexican bean weevil in dry beans. Journal of Economic Entomology, 75(4):567-569.

Trivelli, H.D. y C. J. Arias.1985. Insectos que dañan granos productos y productos almacenados. Santiago, Chile, Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. 146p.

Ulloa, J., P. Rosas, J. Ramírez y B. Ulloa. 2011. El frijol (*Phaseolusvulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fotoquímicos. Revista Fuente 3(8):5-9.

Utida, S. 1967. Collective oviposition and larval aggregation in *Zabrotes subfasciatus* (Boh) (Coleoptera, Bruchidae).Journal of Stored Products Research 2:315-322.

Valencia Cataño, S. J. 2006. Efectos sub-letales de resistencia antibiótica a inmaduros en la demografía de adultos de los gorgojos del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae).Ing. Agr., Palmira, Colombia Centro Internacional de Agricultura Tropical.135p.

Voysest, O. 2000. Mejoramiento Genético del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Legado de Variedades de América Latina 1930-199. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.195p.

Wanderley, V. 1995. Identificación de fuentes de resistencia en cultivares y líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Zabrotes subfasciatus* (Boh.1833) (Coleoptera, Bruchidae) en condiciones de laboratorio. Tesis M.Sc. Recife, Brasil, Universidad Federal Rural de Pernambuco.113p.

Wanderley, V.S. y J.V. Oliveira. 1992. Influência do número de sementes de *Phaseolusvulgaris* L. e *Vignaanguiculata* (L.) Walp. na biología de *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1933) (Coleoptera, Bruchidae). CadernoÔmega (4):167-182.

7. ANEXOS

Anexo 1. Correlaciones entre variables.

Pearson Correlation Coefficients Prob > r under H0: Rho=0 Number of Observations												
	Hembras	Tiempo	Daño	Peso (%)	Peso machos	Peso hembras	Índice	Adultos	Total machos	Total hembras	Total Huevos	Germinación
Hembras	1	0.04478	-0.37087	0.03296	-0.01044	-0.01952	-0.14393	-0.20837	-0.30168	-0.08278	-0.13925	0.15688
		0.8015	0.0308	0.8532	0.9533	0.9127	0.4167	0.237	0.0829	0.6416	0.4322	0.4164
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Tiempo	0.04478	1	-0.18225	-0.35513	0.04046	-0.13366	-0.19278	-0.47183	-0.55596	-0.42366	-0.42577	0.54805
	0.8015		0.3023	0.0393	0.8203	0.4511	0.2747	0.0048	0.0006	0.0125	0.0121	0.0021
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Daño	-0.37087	-0.18225	1	0.15526	-0.17867	-0.23676	-0.1587	0.57546	0.55633	0.55758	0.55094	-0.34858
	0.0308	0.3023		0.3806	0.312	0.1776	0.37	0.0004	0.0006	0.0006	0.0007	0.0639
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Peso (%)	0.03296	-0.35513	0.15526	1	-0.51593	-0.44794	-0.37686	0.50699	0.44389	0.52013	0.49703	-0.09095
	0.8532	0.0393	0.3806		0.0018	0.0079	0.028	0.0022	0.0085	0.0016	0.0028	0.6389
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Peso machos	-0.01044	0.04046	-0.17867	-0.51593	1	0.95316	0.90484	-0.566	-0.38682	-0.62719	-0.61921	0.11075
	0.9533	0.8203	0.312	0.0018		<.0001	<.0001	0.0005	0.0238	<.0001	<.0001	0.5673
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Peso hembras	-0.01952	-0.13366	-0.23676	-0.44794	0.95316	1	0.96138	-0.49363	-0.28947	-0.56651	-0.54235	0.16776
	0.9127	0.4511	0.1776	0.0079	<.0001		<.0001	0.003	0.0968	0.0005	0.0009	0.3844
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Índice	-0.14393	-0.19278	-0.1587	-0.37686	0.90484	0.96138	1	-0.39031	-0.18623	-0.47579	-0.47485	-0.64073
	0.4167	0.2747	0.37	0.028	<.0001	<.0001		0.0225	0.2916	0.0045	0.0045	0.0002
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Adultos	-0.20837	-0.47183	0.57546	0.50699	-0.566	-0.49363	-0.39031	1	0.96069	0.98462	0.96411	-0.65102
	0.237	0.0048	0.0004	0.0022	0.0005	0.003	0.0225		<.0001	<.0001	<.0001	0.0001
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Total machos	-0.30168	-0.55596	0.55633	0.44389	-0.38682	-0.28947	-0.18623	0.96069	1	0.90416	0.90884	-0.662
	0.0829	0.0006	0.0006	0.0085	0.0238	0.0968	0.2916	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Total hembras	-0.08278	-0.42366	0.55758	0.52013	-0.62719	-0.56651	-0.47579	0.98462	0.90416	1	0.96622	-0.62047
	0.6416	0.0125	0.0006	0.0016	<.0001	0.0005	0.0045	<.0001	<.0001		<.0001	0.0003
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Huevos hembra	-0.17896	-0.23154	-0.1027	-0.33341	0.85509	0.93832	0.97645	-0.2913	-0.09486	-0.37766	-0.36877	-0.5934
	0.3112	0.1876	0.5633	0.054	<.0001	<.0001	<.0001	0.0946	0.5936	0.0277	0.0319	0.0007
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Huevos	-0.13925	-0.42577	0.55094	0.49703	-0.61921	-0.54235	-0.47485	0.96411	0.90884	0.96622	1	-0.5934
	0.4322	0.0121	0.0007	0.0028	<.0001	0.0009	0.0045	<.0001	<.0001	<.0001		0.0007
	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	29
Germinación	0.15688	0.54805	-0.34858	-0.09095	0.11075	0.16776	-0.64073	-0.65102	-0.662	-0.62047	-0.5934	1
	0.4164	0.0021	0.0639	0.6389	0.5673	0.3844	0.0002	0.0001	<.0001	0.0003	0.0007	
	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29