



DEMOGRAFÍA DE BRÚQUIDOS (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) ASOCIADOS CON *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP (FABACEAE)

DEMOGRAPHY OF BRUCHIDS (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) ASSOCIATED WITH *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP (FABACEAE)

ROSAELIA NOHEMÍ RAMÍREZ CARIÑO,^{1,*} JESÚS ROMERO NÁPOLES,¹ JORGE VERA GRAZIANO,¹ ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ,¹ NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ,¹ JAVIER HERNÁNDEZ MORALES² Y AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA³

¹ Especialidad de Entomología y Acarología. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. C.P. 56230. Montecillo, Estado de México <rosi-ramcar@hotmail.com>, <jnapoles@colpos.mx>, <graziano@colpos.mx>, <equihua@colpos.mx>, <nestor@colpos.mx>

² Especialidad de Fitopatología. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. C.P. 56230. Montecillo, Estado de México. <hjavier@colpos.mx>

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur 6301, Col. San Manuel, Puebla, Puebla. <agustin.aragon@correo.buap.mx>

* autor de correspondencia <rosi-ramcar@hotmail.com>

Recibido: 01/10/2015; aceptado: 17/01/2017

Editor responsable: Arturo Bonet

Ramírez C., R. N., Romero N., J., Vera G., J., Equihua M., A., Bautista M., N., Hernández M., J. y Aragón G., A. (2017) Demografía de brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) asociados con *Vigna unguiculata* (L.) Walp (Fabaceae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 33(1), 9-17.

Ramírez C., R. N., Romero N., J., Vera G., J., Bautista M., N.; Equihua M., A., Hernández M., J., & Aragón G., A. (2017) Demography of bruchids (Coleoptera: Bruchidae) associated with *Vigna unguiculata* (L.) Walp (Fabaceae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 33(1), 9-17.

RESUMEN. Los brúquidos se alimentan principalmente de semillas de leguminosas, entre las cuales se encuentran algunos cultivos de importancia económica como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.), lenteja (*Lens culinaris* Medik) y tamarindo (*Tamarindus indica* L.) entre otros, considerando al primero como la fuente principal de proteína en la dieta humana; sin embargo, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, por sus propiedades nutritivas podría sustituir al frijol, pero su principal problema es la presencia de plagas, en particular los brúquidos, los cuales ocasionan pérdidas considerables en postcosecha, por lo que fue necesario conocer los parámetros poblacionales de *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) procedente de dos hospederos diferentes y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) alimentados con *V. unguiculata* por medio de un estudio demográfico bajo condiciones controladas. Los parámetros poblacionales se estimaron con la técnica de tablas de vida de cohorte, la prueba de Log rank ($p \leq 0.05$) y las tasas de reproducción e intervalos de confianza con la técnica no paramétrica de Traslape de Intervalos ($p \leq 0.10$), para comparar tasas instantáneas de reproducción (r_m), llamada también capacidad innata de incremento. Estos parámetros poblacionales fueron mayores en la emergencia de los adultos y tasas de reproducción de *C. maculatus* en sus dos modalidades por lo que esta especie puede ocasionar serios problemas cuando se presenta asociado con *V. unguiculata*; sin embargo, *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* sólo si no tienen opción podrían alimentarse de *V. unguiculata* en condiciones de almacenamiento.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Zabrotes subfasciatus*, supervivencia, fecundidad y fertilidad.

ABSTRACT. Bruchids feed primarily on legume seeds, which include some economically important crops such as the bean (*Phaseolus vulgaris* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.), lentil (*Lens culinaris* Medik.) and tamarind (*Tamarindus indica* L.) among others. Whereas the first is the main source of protein in the human diet; *Vigna unguiculata* (L.) Walp because of its nutritional properties could replace the bean, pests, in particular bruchids, are a major problem and cause considerable postharvest losses. For this reason, it is necessary to determine population parameters of *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831), *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) from two different hosts and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) fed with *V. unguiculata* through a demographic study under controlled conditions. Population parameters were estimated with the cohort life table technique, the Log rank test ($p \leq 0.05$), reproductive rates, and confidence intervals with the non-parametric technique of overlapping intervals ($p \leq 0.10$) to compare instantaneous rate of population growth (r_m), also called innate increment capacity. These parameters were estimated with the emergence of adults and reproductive rates. *Callosobruchus maculatus* from either of two hosts could cause serious problems when associated with *V. unguiculata*. Nevertheless, *A. obtectus* and *Z. subfasciatus* could be a problem, only if *V. unguiculata* is the only option in storage conditions.

Key words: *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Zabrotes subfasciatus*, survival, fecundity and fertility.

INTRODUCCIÓN

En México, la principal leguminosa de importancia agrícola es el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), la cual es la principal fuente de proteínas; sin embargo, su producción en los últimos años ha disminuido por ser un cultivo susceptible a condiciones extremas de sequía y alta humedad, así como al ataque de plagas y enfermedades, con lo que se afecta el rendimiento, el cual no supera en promedio la tonelada por hectárea (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2014). Aunado a estos problemas, se presenta el ataque de insectos en granos almacenados, tal es el caso de los gorgojos *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Zabrotes subfasciatus* (Boheman), que tienen como hospedero principal a *P. vulgaris*, en su fase de semilla; aunque también pueden alimentarse de otras especies de leguminosas en condiciones de aislamiento como es el caso de *Vigna unguiculata* (L.) Walp (National Research Council 2006, Savković et al. 2012, De la Cruz et al. 2013). Los gorgojos de las semillas disminuyen el valor nutricional y la fertilidad de éstas, para lo cual los investigadores han realizado estudios en busca de variedades resistentes de frijol para desarrollar programas de control en este tipo de insectos (Díaz et al. 1996, Sánchez et al. 1997, Ramírez et al. 2003).

Como alternativa para satisfacer la carencia de *P. vulgaris*, se han realizado estudios en nuestro país para evaluar la fenología, rendimiento y biomasa de *V. unguiculata*, (conocida como caupí, vigna, frijol chino, chícharo de vaca, yorimuni, yorimón o cowpea en inglés) en condiciones de campo, así como buscar variedades o genotipos con mayor producción que permitan satisfacer las necesidades de proteína vegetal en la alimentación de la población humana (Murillo et al. 1997, Ávila et al. 2005, Wang et al. 2006, Apáez et al. 2014).

Vigna unguiculata es originaria de África, actualmente se siembra en el Continente Americano, principalmente en Brasil, Estados Unidos (California, Texas, Arkansas y estados del sureste) y México (Tamaulipas, norte de Sinaloa, sur de Sonora y Guerrero) (Apáez et al. 2014, National Research Council 2006). En estos estados de México existe el potencial para contribuir en la producción de esta leguminosa que permita favorecer la alimentación de la población, ya que cuenta con mayor rendimiento y valor nutritivo en semilla, ejote y forraje, además posee un alto contenido de proteínas, carbohidratos y fibra, lo cual lo hace un alimento óptimo para el ganado, además de

ser un importante regenerador de suelos. Su desarrollo es adecuado en las zonas áridas y semiáridas, donde la escasez de agua y la baja fertilidad de los suelos no favorecen la producción agrícola (Murillo et al. 1997, National Research Council 2006, Olowe et al. 2006, Apáez et al. 2011, Apáez et al. 2014). Sin embargo, algunas plagas en campo provocan la disminución del rendimiento al alimentarse del área foliar y otras ocasionan pérdidas considerables en postcosecha, como es el caso de los brúquidos. El tratamiento químico en almacén es una manera de reducir la alta reproducción de estos insectos y se evitan pérdidas económicas considerables; aunque este tipo de tratamientos puede tener efectos negativos en la salud de los humanos, ante esto se propone el uso de insecticidas de origen vegetal que disminuyen el riesgo y favorecen el control de los mismos (Southgate 1979, National Research Council 2006, Valenciaga et al. 2007, Abdoul et al. 2014).

Los brúquidos se encuentran distribuidos en casi todos los continentes. El mayor número de especies vive en las regiones tropicales de Asia, África, América Central y Sudamérica. Se alimentan principalmente de semillas de leguminosas y de otras familias de plantas, de las cuales algunas son de importancia económica (Southgate 1979, Salas et al. 2001, Ramírez et al. 2013).

Debido a la importancia de *V. unguiculata* es necesario estudiar los problemas relacionados con las plagas que afectan a este cultivo, en especial a las especies de brúquidos en postcosecha. De acuerdo con información previa (Jesús Romero Nápoles, comunicación personal), en *V. unguiculata* se han registrado los siguientes brúquidos: *A. obtectus*, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), *Decellebruchus atrolineatus* (Pic) y *Z. subfasciatus*, de los cuales no hay datos relacionados con tablas de vida en esta leguminosa, ya que las tablas de vida son útiles para conocer las probabilidades que tiene un individuo de una población determinada de vivir un número X de unidades de tiempo (Méndez et al. 1990) y entender su dinámica poblacional.

El objetivo del presente estudio fue estimar los parámetros poblacionales (tasa neta de reproducción, tasa intrínseca de incremento natural, tasa finita de crecimiento y tiempo de generación) obtenidos de tablas de vida de *A. obtectus*, *C. maculatus* (proveniente de dos colonias) y *Z. subfasciatus* utilizando como alimento semillas de *V. unguiculata*, para conocer si esta leguminosa es resistente al ataque de estos gorgojos.



MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Ecología de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, en los meses de julio y agosto de 2014. Se emplearon cámaras de cría con condiciones de temperatura de 28 ± 2 °C y $78 \pm 2\%$ de humedad relativa, que permitieron la reproducción de las especies *A. obtectus*, *C. maculatus* y *Z. subfasciatus*.

Con relación a *C. maculatus* se evaluaron los parámetros poblacionales de dos colonias provenientes de diferentes hospederos, la primera se obtuvo de semillas de *V. unguiculata* (*C. maculatus*-vigna) colectada en campo en El Fuerte, Sinaloa y la segunda (*C. maculatus*-cicer), del Laboratorio de Control Biológico del Programa de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, que fueron criados en semillas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). En tanto que *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* se adquirieron de colonias alimentadas con frijol de la variedad Peruano en el Laboratorio de Ecología de Insectos del Colegio de Postgraduados, con las cuales se establecieron las colonias madre de cada especie y todas se alimentaron con *V. unguiculata*.

El establecimiento de las colonias madre se realizó dos meses antes del experimento, el cual consistió en limpiar (eliminar granos dañados, rocas y trozos de vainas secas) las semillas de *V. unguiculata* que sirvieron como alimento de *A. obtectus*, *C. maculatus* en sus dos modalidades y *Z. subfasciatus*. Posteriormente se colocaron en bolsas de plástico y se dejaron por tres días en el congelador, para reducir el daño por insectos distintos a los de interés, ácaros o patógenos. Una vez transcurrido el tiempo de enfriamiento se secaron a temperatura ambiente para posteriormente utilizarlos como alimento de las colonias de los insectos en estudio, los cuales se colocaron en frascos de cristal de 500 mL de capacidad, donde se les incorporaron los adultos de cada especie de brúquido para incrementar la población de los insectos y contar con suficientes especímenes para el experimento.

Para dar inicio al experimento, las tablas de vida de los brúquidos se elaboraron con huevos que se obtuvieron de las crías madre antes mencionadas. Para estimular la oviposición se introdujo un grupo de insectos recién emergidos de cada especie con 300 semillas de *V. unguiculata* en frascos de cristal con capacidad de 500 mL y tapa cubierta por malla metálica para permitir la ventilación; 24 horas después se retiraron los adultos con lo cual se tuvo la certeza de que los huevos fueron depositados el mismo día y que la proporción hembras: machos fuese

aproximadamente 1:1. En un microscopio estereoscópico se seleccionaron al azar las semillas a las cuales se les dejó un huevo (relación 1:1) para evitar competencia intraespecífica por alimento y espacio, de esta manera se formaron cohortes de 200 huevos en cada especie. Este procedimiento se llevó a cabo en *C. maculatus* en sus dos modalidades y *Z. subfasciatus*. Para el caso de *A. obtectus*, el cual no adhiere los huevos a la semilla, se siguió el mismo procedimiento para estimular la oviposición y posteriormente se colectaron 200 huevos al azar que se distribuyeron en igual número de semillas. Las cohortes se dividieron en dos grupos de 100 semillas para facilitar su manipulación. A la semana se registró el número de huevos que eclosionaron y no eclosionaron de cada una de las cohortes, se esperó este tiempo debido a que las larvas emergen entre los cuatro o cinco días y así tener la certeza de que todos cubrieron esta etapa. Para identificarlos se observaron al microscopio estereoscópico contabilizando como no eclosionados a los que no formaron embrión, es decir fueron infértiles y a los que eclosionaron se observó el orificio en el cual las larvas penetraron a la semilla o la larva murió antes de introducirse a ésta. Después de la primera semana se dejó pasar un promedio de 24 días de iniciadas las cohortes hasta que los adultos emergieron de las semillas, debido a que los estados de larva y pupa ocurren en el interior de ésta. Una vez que inició la emergencia de los adultos se llevó el registro de oviposición y mortalidad diaria de cada especie.

La estimación de los parámetros poblacionales en *A. obtectus*, *C. maculatus* (en sus dos modalidades) y *Z. subfasciatus* se realizó con la técnica de tablas de vida de cohorte y la prueba no paramétrica de Log rank ($p \leq 0.05$) (Méndez *et al.* 1990). Así se obtuvieron las curvas de supervivencia (n_x), esperanza media de vida (e_x), emergencia de los adultos, tasas netas de reproducción (R_0) ($p \leq 0.05$), tasas intrínsecas de incremento natural (r_m) ($p \leq 0.10$) (Krebs, 1985), tasa finita de crecimiento (λ), para estimar cuánto se multiplica una población por unidad de tiempo ($t + 1$) y el tiempo de generación (T) de las especies antes mencionadas con la metodología de Sánchez *et al.* (1997) y Vera *et al.* (2002).

Las curvas de supervivencia se construyeron con los datos de las tablas de vida y se compararon con la prueba de Log rank, donde las frecuencias de muerte de cada población se utilizaron para evaluar las discrepancias de las frecuencias observadas (O) con las que se espera ocurran (E, frecuencias esperadas) cuando la hipótesis de nulidad es verdadera. Estas discrepancias se midieron con la X^2 *cal* que se comparó con una $X^2_{0.05 (2 \text{ g.l.})}$ de tablas (Méndez

et al. 1990). Con los datos de tablas de vida se estimó la esperanza media de vida de cada especie de insectos.

Las tablas de fecundidad (m_x , que representa el número de hijas producidas por unidad de tiempo por hembra madre de edad X) y fertilidad se obtuvieron con el registro diario de los huevos depositados por las hembras provenientes de las cohortes de cada especie y de los huevos que fueron fértiles que llegaron al estado adulto. Para ésto, las hembras y machos recién emergidos se colocaron en frascos de cristal de 500 mL con 100 semillas de *V. unguiculata* (dos frascos por especie para facilitar su manipulación), para que las hembras ovipositaran y cada 24 horas se retiraron las semillas con huevos y se colocaron en cajas Petri de plástico (9 cm de radio) las cuales se reemplazaron con semillas limpias, de esta forma se registró el número de huevos ovipositados cada día hasta que murió el último insecto de las especies en estudio. Las tasas de incremento (r_m) se compararon con la prueba de Traslape de Intervalos ($p \leq 0.10$) de Vera & Sostres (1991) en cada una de las cohortes en las siguientes combinaciones: *A. obtectus* vs *C. maculatus-cicer*; *A. obtectus* vs *C. maculatus-vigna*; *A. obtectus* vs *Z. subfasciatus*; *C. maculatus-cicer* vs *C. maculatus-vigna*; *C. maculatus-cicer* vs *Z. subfasciatus* y *C. maculatus-vigna* vs *Z. subfasciatus*, para ello, se ajustó el valor de este parámetro a la ecuación de Lotka según Vera et al. (2002). En este caso, se estableció que si los intervalos no se traslapaban después de 33 días ($t = 33$ d), que es el periodo de tiempo promedio en que se multiplica la población de las especies en estudio, las curvas fueron consideradas estadísticamente diferentes.

RESULTADOS

Las tablas de vida de cada especie se presentan en forma de curvas de supervivencia (Figura 1A). La prueba de Log rank detectó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las cohortes de *A. obtectus* en sus combinaciones con *C. maculatus-cicer*, *C. maculatus-vigna* y *Z. subfasciatus* (Cuadro 1); el resto de las combinaciones (*C. maculatus-cicer* vs *C. maculatus-vigna*, *C. maculatus-cicer* vs *Z. subfasciatus* y *C. maculatus-vigna* vs *Z. subfasciatus*) no mostró diferencias significativas. Esto se debió a que la mortalidad de los insectos fue mayor en estado de larva, principalmente en *Z. subfasciatus* donde se presentó el valor más alto (Cuadro 2).

El número de adultos emergidos (24 a 27 días de edad) fue mayor en *C. maculatus* en sus dos modalidades seguido de *A. obtectus*, en cambio *Z. subfasciatus* resultó con

Cuadro 1. Valores de χ^2 obtenidos mediante la prueba de Log rank al comparar curvas de supervivencia de los brúquidos.

Especies	Combinación con	Valor de χ^2 cal
<i>A. obtectus</i>	<i>C. maculatus-cicer</i>	14.4623
	<i>C. maculatus-vigna</i>	8.8714
	<i>Z. subfasciatus</i>	4.5715
<i>C. maculatus-cicer</i>	<i>C. maculatus-vigna</i>	0.7830 ns
	<i>Z. subfasciatus</i>	0.7496 ns
<i>C. maculatus-vigna</i>	<i>Z. subfasciatus</i>	0.1648 ns

$\chi^2_{0.05(2-1 g.l.)} = 3.8415$, ns= no significativo

el menor número de emergencia, probablemente debido a que su hospedero primario es el frijol. Por otra parte, con relación a la longevidad máxima *C. maculatus-cicer* y *A. obtectus* fueron más longevos en comparación con *C. maculatus-vigna* y *Z. subfasciatus* que vivieron menor tiempo (Cuadro 3).

La mortalidad de los adultos de *A. obtectus* inició a los 29 días y en *Z. subfasciatus* a los 35 días; sin embargo, la supervivencia de ambas especies se extendió a los 53 y 48 días, respectivamente. Por otra parte, *C. maculatus-cicer* y *C. maculatus-vigna* que iniciaron la mortalidad a los 32 días, su ciclo duró 43 y 47 días respectivamente obteniendo una mortalidad menor.

La esperanza media de vida (e_x) de las especies en estudio desde huevo hasta adulto, en general fue similar en los valores obtenidos en *A. obtectus* y *C. maculatus* en sus dos modalidades y menor en *Z. subfasciatus*, específicamente en las primeras etapas de desarrollo (Cuadro 4).

Cuadro 2. Mortalidad de larvas de brúquidos alimentados con *Vigna unguiculata*.

Especie	Larvas no eclosionadas	Mortalidad de larvas	Total
<i>A. obtectus</i>	49	49	98
<i>C. maculatus-cicer</i>	75	15	90
<i>C. maculatus-vigna</i>	89	5	94
<i>Z. subfasciatus</i>	130	3	133

Cuadro 3. Adultos emergidos en cada cohorte de brúquidos.

Especie	Adultos emergidos	Longevidad máxima (días)
<i>A. obtectus</i>	102	25
<i>C. maculatus-cicer</i>	110	26
<i>C. maculatus-vigna</i>	106	22
<i>Z. subfasciatus</i>	67	20

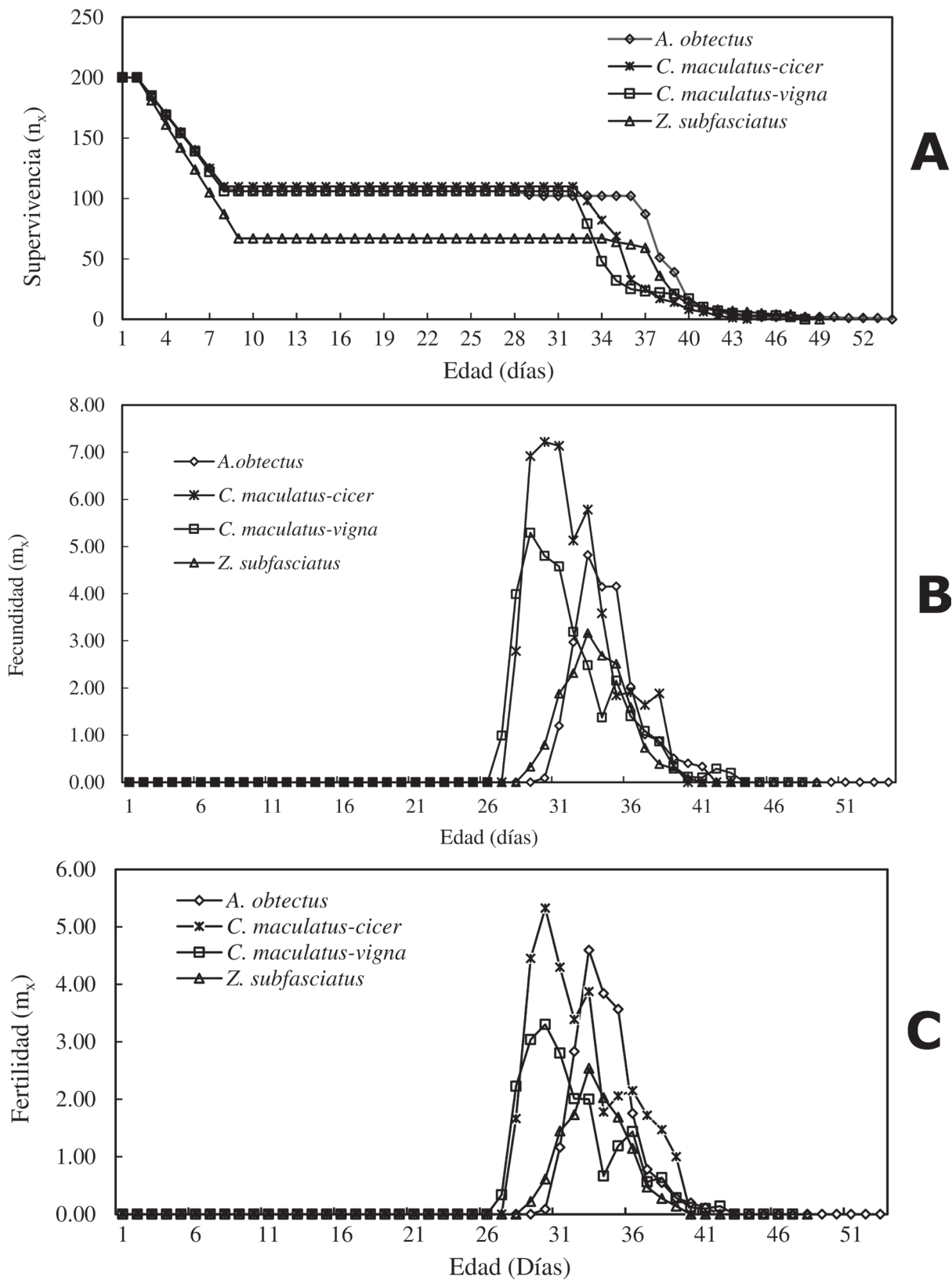


Figura 1. A) Supervivencia B) Fecundidad C) Fertilidad de cohortes de brúquidos alimentados con *Vigna unguiculata*.

Cuadro 4. Esperanza media de vida (e_x)[†] de brúquidos asociados con *Vigna unguiculata*.

Días (d)	<i>A. obtectus</i>	<i>C. maculatus-cicer</i>	<i>C. maculatus-vigna</i>	<i>Z. subfasciatus</i>
0	21.75	20.91	20.10	15.71
5	24.78	23.58	22.60	18.52
10	27.36	24.74	24.33	27.98
15	22.36	19.74	19.33	22.98
20	17.36	14.74	14.33	17.98
25	12.36	9.74	9.33	12.98
30	7.74	4.74	4.33	7.98
35	2.74	2.74	5.14	3.31
40	3.50	1.17	2.80	4.10
45	6.00	0.00	1.17	2.00
50	2.50	0.00	0.00	0.00

[†] Valores de cada 5 días.

Con los datos de fecundidad (huevos puestos durante la vida de las hembras) obtenidos (Figura 1B) se puede observar que este parámetro fue mayor en *C. maculatus-cicer* y menor en *Z. subfasciatus*. La primera especie fue más fecunda aunque menos longeva. En cambio, *C. maculatus-cicer* mostró tres ligeros incrementos (30, 33 y 38 días); similar comportamiento presentó *C. maculatus-vigna* con cuatro picos a los 29, 35, 38 y 42 días, aunque con menor fecundidad que *C. maculatus-cicer*, lo cual indicó que conforme iban emergiendo los adultos, su capacidad reproductiva fue mayor.

Para el caso de *A. obtectus* y *Z. subfasciatus*, mostraron un solo incremento a los 33 días, su periodo fértil culminó al mismo tiempo que las demás especies; cabe destacar, que en estas dos especies, algunas larvas salieron y puparon fuera de la semilla, debido posiblemente al tamaño de éstas, que es más pequeña en comparación con el frijol. La fecundidad de *C. maculatus-cicer* estuvo por encima de todas las especies; sin embargo, *A. obtectus* y *C. maculatus-vigna* presentaron similares valores en este parámetro, lo cual indicó que *A. obtectus* tiene alta capacidad reproductiva; pero se trata de una especie que no adhiere los huevos a la semilla.

Con relación a la fertilidad (huevos que eclosionaron) *C. maculatus-cicer* obtuvo el valor más alto, *A. obtectus* y *C. maculatus-vigna* presentaron valores similares; sin embargo, *Z. subfasciatus* fue la menos fértil (Figura 1C).

Las tasas de reproducción de las especies se muestran en el Cuadro 5, donde la R_0 fue mayor en *C. maculatus-cicer* y menor en *Z. subfasciatus*, esto indicó que la primera

Cuadro 5. Tasa neta de reproducción (R_0), tasa de incremento natural (r_m), tiempo por generación (T) y tasa finita de crecimiento (λ) de los brúquidos en *Vigna unguiculata*.

Especie	R_0	T	r_m	λ
<i>A. obtectus</i>	10.71	32.97	0.072153	1.07
<i>C. maculatus-cicer</i>	21.7	30.16	0.102762	1.11
<i>C. maculatus-vigna</i>	14.22	29.46	0.090756	1.10
<i>Z. subfasciatus</i>	5.36	32.40	0.051985	1.05

población se multiplicó 21.7 veces cada 30.16 días, mientras que la segunda se multiplicó 5.36 veces cada 32.40 días. De acuerdo a la R_0 , el crecimiento poblacional de *C. maculatus-cicer* es cuatro veces mayor que la segunda, esto se atribuye a que *Z. subfasciatus* cuando se alimenta con *V. unguiculata*, por las características de la semilla tiende a tener poca preferencia en su alimentación, ya que su hospedero natural es el frijol; por lo que no ocasionaría un riesgo si se llegase a presentar en condiciones naturales con *V. unguiculata*.

La tasa finita de incremento fue más alta en *C. maculatus-cicer* con excepción del tiempo por generación que resultó menor, esto es, con una $r_m = 0.102762$ y $\lambda = 1.11$, indicó que por cada insecto presente en un momento dado (t), habrá 1.11 en la siguiente unidad de tiempo ($t + 1$); de igual forma para *Z. subfasciatus* que obtuvo el menor valor en este parámetro ($r_m = 0.051985$, $\lambda = 1.05$) y mostró la tasa más baja de crecimiento, esto indicaría que su presencia en condiciones de campo o en almacén con *V. unguiculata* no sería tan problemática. En el caso de *A. obtectus* y *C. maculatus-vigna*, presentaron valores cercanos, lo cual indicó que tienen casi la misma capacidad para que se multiplique la población; sin embargo, la r_m de *A. obtectus* fue ligeramente menor y con el mayor tiempo generacional, lo cual indica que *V. unguiculata* también resultó aceptable para esta especie de brúquido (Cuadro 5).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.10$) de r_m con la prueba de Traslape de Intervalos en las siguientes combinaciones: *A. obtectus* vs *Z. subfasciatus*, *C. maculatus-cicer* vs *Z. subfasciatus* y *C. maculatus-vigna* vs *Z. subfasciatus*. No así para *A. obtectus* vs *C. maculatus-cicer*, *A. obtectus* vs *C. maculatus-vigna* y *C. maculatus-cicer* vs *C. maculatus-vigna*. Para entender estas diferencias, teóricamente la población de *Z. subfasciatus* se incrementaría 5.36% en el transcurso de un día en comparación con *C. maculatus-cicer* que sería de 21.7%; *A. obtectus* con 10.71% y *C. maculatus-vigna* 14.22%, lo cual indicó que teóricamente *Z. subfasciatus* y *A.*



obtectus pueden alimentarse de granos de *V. unguiculata* en condiciones de almacenamiento y podrían convertirse en plagas de importancia económica.

DISCUSIÓN

Con los datos de las tablas de vida se pudo observar la supervivencia de cada una de las especies, donde *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* mostraron resultados similares a los obtenidos por Ramírez *et al.* (2003), Rentería *et al.* (1997) y Sánchez *et al.* (1997) quienes encontraron una duración similar del ciclo de vida en variedades de frijol y además una alta mortalidad de larvas, lo cual lo atribuyeron a la dureza de la testa y a tóxicos en esta estructura.

Los adultos emergidos y la longevidad en cada una de las cohortes fue mayor en las dos modalidades de *C. maculatus* debido a que *V. unguiculata* al ser su hospedero primario no tiene dificultad para alimentarse de sus semillas. *A. obtectus* a pesar de no adherir los huevos presentó una emergencia similar a *C. maculatus*, lo cual indicó que tiene potencial para convertirse en plaga de granos almacenados, situación que no ocurrió con *Z. subfasciatus*, ya que esta especie se alimenta principalmente de frijol; sin embargo, aun con la baja emergencia puede convertirse en plaga local (Jarry & Bonet 1982, Savković *et al.* 2012).

Ahora bien, la mortalidad de larvas fue mayor en *Z. subfasciatus*, esto quizá se deba a las características físicas (dureza) y de toxicidad de la semilla, ya que como lo menciona Ramírez *et al.* (2003) en variedades resistentes de frijol encontró que estos insectos presentaron alta mortalidad.

Con relación a la esperanza media de vida se podría decir que quien tiene menor esperanza de vida sería el más resistente; sin embargo, este parámetro no necesariamente indicaría resistencia, ya que lo más confiable son los valores de las tasas de reproducción y el tiempo generacional de cada especie, donde se obtiene la población potencial de un insecto (Sánchez *et al.* 1997); sin embargo, *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* obtuvieron tasas de reproducción bajas y el tiempo generacional similar en ambas especies; no así para *C. maculatus* en sus dos modalidades, que presentaron mayor tasa reproductiva y menor tiempo generacional, lo cual indicó que tanto *A. obtectus* como *Z. subfasciatus* tienen potencial para convertirse en plagas de *V. unguiculata* (Davis 1972, Jarry & Bonet 1982, Meik & Dobie 1986).

Respecto a la fecundidad, es importante mencionar que *C. maculatus* en sus dos modalidades distribuyó los

huevos en las semillas casi de forma uniforme (se contabilizaron hasta 13 huevos por grano) presentando en promedio tres picos reproductivos, lo cual coincide con lo señalado por Thanthianga & Mitchell (1990) quienes encontraron que la fecundidad de *C. maculatus* se incrementó cuando emergen después de los 31 días y además pueden distribuir los huevos en las semillas de tal forma que un grano puede soportar hasta 15 o más larvas. Para el caso de *A. obtectus* y *Z. subfasciatus*, mostraron únicamente un incremento, el cual inició y terminó casi al mismo tiempo, donde los valores que alcanzó *A. obtectus* fueron similares a los presentados por *C. maculatus*-vigna, lo cual muestra su capacidad reproductiva. Sin embargo, a pesar de su buena fecundidad, su desventaja es la alta mortalidad de las larvas, ya que al no adherir los huevos a los granos mueren en la búsqueda de éstos o incluso se enfrentan a las características físicas (dureza) y de toxicidad de la semilla, lo cual controla el comportamiento de penetración de las larvas (Thiéry *et al.* 1994). Es importante señalar, que aun cuando las larvas de *A. obtectus* tienen la ventaja de elegir las semillas, éstas dejaron un 40% de granos sin invadir de los 200 que conformaron la cohorte, lo cual podría deberse a la dureza de la testa o tal vez a que algunas utilizaron el mismo punto de entrada a la semilla o quizá a la poca preferencia que tienen por esta leguminosa. Al respecto, Ramírez *et al.* (2003) señalaron que las larvas de primer estadio de *A. obtectus* presentan la mayor mortalidad al no penetrar la testa de la semilla de frijol en variedades resistentes.

En la fertilidad, se observó que a pesar de que *C. maculatus* en sus dos modalidades presentó la mayor fecundidad, su fertilidad disminuyó considerablemente debido a que hubo una gran cantidad de huevos infértiles, no así para *A. obtectus* que tanto la fecundidad como la fertilidad se mantuvieron con similar valor, lo cual indicó que su capacidad reproductiva es buena; sin embargo, la alta mortalidad de larvas afecta considerablemente su supervivencia y en el caso de *Z. subfasciatus*, presentó los valores más bajos lo cual podría atribuirse a la poca preferencia que tiene para alimentarse de las semillas de *V. unguiculata*.

Referente a los parámetros poblacionales se encontró que *C. maculatus*-cicer en general obtuvo mayores valores en comparación con *Z. subfasciatus* que presentó los más bajos, esto se puede atribuir a su origen, debido a que se trata de plagas que vienen de regiones completamente aisladas y distintas, ya que la primera especie es nativa del Viejo Mundo y la segunda es originaria de América (Southgate 1979, Silva *et al.* 2004); sin descartar que *Z.*

subfasciatus en ausencia de frijol llega a alimentarse de especies de *Vigna* (Davis 1972, Meik & Dobie 1986). Para *A. obtectus* y *C. maculatus*-vigna su comportamiento fue similar, la primera es estenófaga y está asociada principalmente al frijol; sin embargo, se puede alimentar o invadir otros granos en condiciones controladas o de almacén (Jarry & Bonet 1982, Savković *et al.* 2012) y la segunda es polífaga y además *V. unguiculata* es su hospedero natural (Thanthianga & Mitchell 1990); sin embargo, tanto *A. obtectus* como *Z. subfasciatus* en ausencia de frijol pueden alimentarse de *V. unguiculata*, ya que son capaces de ocasionar pérdidas en postcosecha, lo cual las puede convertir en plagas de importancia económica como lo es *C. maculatus* (Davis 1972, Jarry & Bonet 1982, Meik & Dobie 1986).

En estudios realizados por Díaz *et al.* (1996), Sánchez *et al.* (1997) y Ramírez *et al.* (2003) relacionados con la supervivencia y fecundidad de *A. obtectus* y *Z. subfasciatus* en diferentes variedades de frijol, encontraron datos superiores en los parámetros de la R_0 (7.5 a 12.72) y r_m (0.05351 a 0.0860) en comparación con los obtenidos en *V. unguiculata*; sin embargo, en el tiempo de generación (T) estos autores obtuvieron valores menores para *Z. subfasciatus* (28.93 a 29.56 días) y mayores para *A. obtectus* (36.8 a 38.6 días) en frijol, en cambio en *V. unguiculata* se presentó una duración similar del tiempo generacional con *C. maculatus* en sus dos modalidades con valores de 32.97 y 32.40, respectivamente (Cuadro 5). En la fecundidad en frijol, encontraron que *A. obtectus*, presentó un menor valor y *Z. subfasciatus* un mayor valor, a los obtenidos en *V. unguiculata* donde *C. maculatus*-cicer mostró el dato más alto en este parámetro, *A. obtectus* y *C. maculatus*-vigna presentaron similar comportamiento y en *Z. subfasciatus* la fecundidad más baja, lo que podría indicar que las semillas de *V. unguiculata* no son adecuadas para el óptimo desarrollo de este brúquido, quizá por la dureza de la testa; sin embargo, si llegan a alimentarse de ellas.

Con relación a *C. maculatus*, el daño que provoca a las semillas de garbanzo (*C. arietinum* L.) en condiciones de almacén es muy alto y podría equipararse al daño que este brúquido ocasiona también a *V. unguiculata* (Moreno *et al.* 2000, Erler *et al.* 2009, Panzarino *et al.* 2011); aunque faltaría realizar estudios complementarios relacionados con el comportamiento en campo, para evaluar las pérdidas que ocasionan estos insectos en *V. unguiculata* y con ello, generar un programa de manejo integrado.

La prueba de Traslapo mostró que teóricamente las poblaciones de *C. maculatus* en sus dos modalidades se

incrementan con mayor rapidez en comparación con *A. obtectus* y *Z. subfasciatus*, lo que implica tomar medidas preventivas cuando se presenten estos insectos en condiciones de almacenamiento.

CONCLUSIONES

Con los datos de supervivencia y los parámetros poblacionales se concluye que *V. unguiculata* es susceptible al ataque de *C. maculatus* en condiciones naturales y de almacenamiento, ya que al igual que *C. arietinum* son hospederos primarios de este brúquido.

Acanthoscelides obtectus y *Z. subfasciatus* al alimentarse de *V. unguiculata* en condiciones de almacenamiento, tienen potencial para convertirse en plagas de importancia económica en ausencia de frijol.

AGRADECIMIENTOS. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento en la realización de esta investigación. Al Dr. Jorge Vera Graziano por facilitar las cámaras de cría, al señor Dionicio Cortes Morales por su apoyo incondicional en laboratorio, así como a los M.C. Jorge Valdez Carrasco y Vanessa Domínguez Jiménez, por sus aportaciones en la realización de la investigación.

LITERATURA CITADA

- Abdoul, H. Z., Haougui, A., Basso, A., Adam, T., Haubruge, E. & Verheggen, F. J. 2014. Insecticidal effect of *Jatropha curcas* L. seed oil on *Callosobruchus maculatus* Fab and *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae) on stored cowpea seeds (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in Niger. *African Journal of Agricultural Research*, 9, 2506-2510.
- Apáez-Barrios P., Escalante E., J. A. S. & Rodríguez G., M. T. 2011. Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 307-315.
- Apáez, B. P., Escalante E., J. A. S., Rodríguez G., M. T., Apáez B., M. & Olalde G., V. M. 2014. Phenology, biomass and yield of cowpea in terms of climate and trellis type. *African Journal of Agricultural Research*, 9, 2520-2527.
- Ávila, S. N. Y., Murillo, A. B., Palacios, E. A., Troyo, D. E., García H., J. L., Larrinaga M., J.A. & Mellado, B. M. 2005. Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: I. Método destructivo. *Técnica Pecuaria en México* (hoy *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*), 43, 449-458. Disponible en <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Pecuarias/article/view/1357> (consultado en julio de 2016).
- Davis, J.C. 1972. A note on the occurrence of *Zabrotes subfasciatus* Boh., Coleoptera, (Bruchidae) on legumes in Uganda. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 37, 294-299.



- De La Cruz, P. A., Romero N., J., Carrillo S., J. L., García L., E., Grether, G. R., Sánchez S., S. & Pérez, C. M.** 2013. Brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) del Estado de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 29, 1-95.
- Díaz, O. A., Vera, G. J. & Domínguez, R. B.** 1996. Tablas de vida y fertilidad de *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) por tres generaciones sucesivas en líneas y variedades de frijol. *Agrociencia*, 30, 103-109.
- Erler, F., Ceylan, F., Erdemir, T. & Tokar, C.** 2009. Preliminary results on evaluation of chickpea, *Cicer arietum*, genotypes for resistance to the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science*, 9, 1-7.
- Jarry, M. & Bonet, A.** 1982. La bruche du haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), est-elle un danger pour le cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.? *Agronomie*, 2, 963-968.
- Krebs, C. J.** 1985. *Ecology. The experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Third Edition. Harper & Row, Publishers, New York, USA. 800 pp.
- Meik, J. & Dobie, J.** 1986. The ability of *Zabrotes subfasciatus* to attack cowpeas. *Entomologia experimentalis et Applicata*, 42, 151-158.
- Méndez, R. I., Namihira, G. D., Moreno, A. L. & Sosa de M., C.** 1990. *El protocolo de la investigación*. Segunda Edición. Ed. Trillas. 210 p.
- Moreno, R. A. P., Duque, G. A., De la Cruz, J. & Tróchez, P. A.** 2000. Life cycle and hosts of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 26, 131-135.
- Murillo, A. B., Troyo, D. E. & Pargas, L. R.** 1997. Rendimiento y calidad de doce genotipos de chícharo de vaca [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] en Baja California Sur, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 20, 149-160.
- National Research Council (NRC)** 2006. *Lost Crops of Africa: Volume II Vegetables*. Washington, DC. The National Academies Press. pp. 104-117. Disponible en: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11763&page=R2 (consultado en Mayo 2015).
- Olowe, V.I. O., Ajayi, J. A. & Ogunbayo, A. S.** 2006. Potential of intercropping soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) with sunflower *Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 9, 91-102.
- Panzarino, O., Bari, G., Vernile, P. & Lillo, E.** 2011. Preliminary results on the preferences of *Callosobruchus maculatus* on apulian germplasm of *Cicer arietinum*. *Redia*, XCIV, 45-52.
- Ramírez, S. A., Vera, G. J., Aguilera, P. M. & Garza, G. R.** 2003. Preferencia, supervivencia y fecundidad de *Acanthoscelides obtectus* (Say) en cuatro genotipos de frijol resistentes a *Apion godmani* (Wagner). *Agrociencia*, 37, 195-202.
- Ramírez, S. A., Romero, G. G. & Romero, N. J.** 2013. Brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) asociados a la leguminosa *Indigofera densiflora*. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 29, 346-362.
- Rentería, L. L., Vera G., J. & Domínguez, R. B.** 1997. Preferencia y tasas de fertilidad de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) en seis líneas de frijol. *Agrociencia*, 31, 349-352.
- Salas, A. M. D., Romero N., J. & García, A. E.** 2001. Contribución al estudio de los brúquidos (Insecta: Coleoptera) asociados a fabáceas arbustivas. *Acta Universitaria*, 11, 26-30.
- Sánchez, R. A., Domínguez, R. B. & Vera G., J.** 1997. Resistencia de tres líneas de frijol al ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). *Agrociencia*, 31, 209-216.
- Savković, U., Vučković, I. & Stojkovića, B.** 2012. The growth on different stored legume species affects the profiles of cuticular hydrocarbon (CHC) in *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*, 50, 66-72.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)** 2014. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-por-estado/> (Consultado en febrero de 2014).
- Silva, L. B., Sales, M. P., Oliveira, A. A.E., Machado, L.T., Fernandes S. O., K.V. & Xavier-Filho, J.** 2004. The seed coat of *Phaseolus vulgaris* interferes with the development of the cowpea weevil [*Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae)]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76, 57-65.
- Southgate, B. J.** 1979. Biology of the Bruchidae. *Annual Review of Entomology*, 24, 449-473.
- Thanthianga, C. & Mitchell, R.** 1990. The fecundity and oviposition behavior of a South Indian strain of *Callosobruchus maculatus*. *Entomologia experimentalis et Applicata*, 57, 133-142.
- Thiéry, D., Jarry, M. & Pouzat, J.** 1994. To penetrate or not to penetrate? A behavioral choice by bean beetle first-instar larvae in response to *Phaseolus vulgaris* seed surface quality. *Journal of Chemical Ecology*, 20, 1867-1875.
- Valenciaga, N., Díaz, M. F. & Mora, C.** 2007. Efectividad de dos extractos del árbol del Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en el control de insectos-plaga asociados al cultivo de la vigna (*Vigna unguiculata* Walpeers) var. Trópico 782. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41, 285-289.
- Vera, G. J. & Sostres, R. D.** 1991. Prueba de traslapo de intervalos para comparar tasas instantáneas de desarrollo poblacional. *Agrociencia Serie Protección Vegetal*, 2, 7-13.
- Vera, G. J., Pinto, V. M., López, C. J. & Reyna, R. R.** 2002. *Ecología de Poblaciones*, Segunda Edición, Colegio de Postgraduados, México. 137 pp.
- Wang, G., McGiffen Jr., M. E., Ehlers, J. D. & Marchi, E. C. S.** 2006. Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. *Weed Science*, 54, 775-782.