



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

**Instituto de Investigaciones Agropecuarias y
Forestales**

**Evaluación de dietas artificiales en la cría del
depredador *Engytatus varians* (Distant): análisis de
parámetros biológicos y demográficos**

Tesis

Que presenta:

Biol. LUIS JESÚS PALMA CASTILLO

Como requisito para obtener el grado de:

**Maestro en Producción Agropecuaria con Opción Terminal en
el área Agrícola**

Director de tesis:

Dr. José Isaac Figueroa De la Rosa

Morelia, Michoacán a agosto de 2019



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
Y FORESTALES**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales por permitirme desarrollar este proyecto en sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado durante este proyecto.

A la Coordinación de la Investigación Científica por el financiamiento aportado para este proyecto.

A mi asesor, el Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa, por la oportunidad y la confianza que tuvo en mí para sacar este proyecto adelante. También agradecerle profundamente, el tiempo dedicado, la orientación, motivación y los consejos brindados durante este proceso y sobre todo por brindarme el apoyo para poder iniciar este pasó en mi formación profesional.

A mis sinodales, M.C. Ana Leticia Escalante Jiménez, Dra. Ana Mabel Martínez Castillo, Dr. Benjamín Gómez Ramos y Dr. Samuel Pineda Guillermo, por su paciencia, conocimiento, observaciones y aportaciones para llevar a buen puerto este proyecto.

A todos mis compañeros y amigos tanto del Laboratorio de Entomología Agrícola y del IIAF en general, por acompañarme y formar parte importante en este camino.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este gran logro a mi familia por haber creído en mí, principalmente a mi abuelita y mi mamá que fueron los pilares de mi formación personal y profesional, ya que sin su apoyo y orientación esto no hubiese sido posible.

También quiero dedicar este logro a Elizabeth y la familia Alexandre que estuvieron conmigo durante esta etapa de mi vida y que con sus muestras de apoyo y consejos han aportado bastante y han dejado huella en mí.

A mis amigos de toda la vida que me han acompañado durante todos los buenos y malos momentos y que sin duda esta travesía no sería lo mismo sin ellos.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1. <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.) y su distribución actual	4
2.2. Tipos de daños e importancia económica de <i>B. cockerelli</i>	4
2.3. Métodos de Control de <i>B. cockerelli</i>	5
2.3.1. Control químico	5
2.3.2. Control cultural	5
2.3.3. Control biológico	5
2.4. La familia Miridae	7
2.4.1. Generalidades de la familia Miridae	7
2.4.2. Importancia de la familia Miridae en el control biológico de plagas	7
2.4.3. Míridos depredadores de plagas agrícolas	7
2.5. <i>Engytatus varians</i> y su distribución	9
2.6. Uso de dietas artificiales para la cría de míridos depredadores	9
3. HIPÓTESIS	13
4. OBJETIVO GENERAL	13
4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
5. JUSTIFICACIÓN	14
6. MATERIALES Y MÉTODOS	15
6.1. Material vegetativo	15
6.2. Elaboración de dietas y larvas artificiales para ninfas y adultos de <i>E. varians</i>	15
6.3. Cría de <i>E. varians</i>	17
6.4. Evaluación de las dietas artificiales	17
6.4.1. Evaluación de parámetros biológicos en la generación 1 (F ₁)	17
6.4.2. Evaluación de parámetros demográficos de la generación 1 (F ₁)	21

6.4.3. Evaluación de parámetros biológicos de la generación 2 (F ₂)	22
6.5. Análisis de datos	23
7. RESULTADOS	24
7.1. Parámetros biológicos de la F ₁ de <i>E. varians</i> alimentados con tres dietas artificiales	24
7.1.1. Proporción sexual.....	24
7.1.2. Periodo de preoviposición.....	24
7.1.3. Fecundidad	25
7.1.4. Longevidad.....	26
7.1.5. Supervivencia.....	27
7.2. Parámetros demográficos de la F ₁ de <i>E. varians</i> alimentados con tres dietas artificiales.....	29
7.3. Parámetros biológicos de la F ₂ de <i>E. varians</i> alimentados con tres dietas artificiales	29
7.3.1. Tiempo de desarrollo y mortalidad	29
7.3.2. Proporción sexual.....	30
8. DISCUSIÓN.....	31
9. CONCLUSIONES.....	39
10. LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Componentes y costos, para 100 g, de tres dietas artificiales	16
Cuadro 2. Proporción sexual de adultos de la generación F ₁ de <i>E. varians</i> alimentados con tres dietas artificiales.	24
Cuadro 3. Periodo de preoviposición (días ± EE) de hembras de <i>E. varians</i> alimentadas con tres dietas artificiales.	24
Cuadro 4. Longevidad (días ± EE) de adultos de <i>E. varians</i> alimentados con tres dietas artificiales.	27
Cuadro 5. Parámetros demográficos (días ± EE) de las hembras de <i>E. varians</i> alimentadas con tres dietas artificiales.	29
Cuadro 6. Tiempo de desarrollo ninfal (días ± EE) de la descendencia de <i>E. varians</i> (F ₂) alimentados con tres dietas artificiales.	30
Cuadro 7. Proporción sexual de adultos (F ₂) de <i>E. varians</i> alimentados con dietas artificiales.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mantenimiento de plantas de jitomate en un invernadero.	15
Figura 2. A) Ninfas (F ₁) alimentadas con dieta artificial; B) individualización de ninfas N ₅ , y C) adulto recién emergido.	18
Figura 3. Disco de hoja de jitomate.	19
Figura 4. A) Adultos de <i>E. varians</i> alimentándose de la larva artificial; B) huevo ovipositado con embrión desarrollado y C) ninfa emergiendo del huevo (F ₂).	21
Figura 5. A) Ninfa N ₁ individualizada; B) y C) ninfas de la F ₂ alimentándose de la dieta artificial y D) ninfa N ₃ mudando a N ₄	23
Figura 6. Fecundidad total de hembras de <i>E. varians</i> alimentadas con tres dietas artificiales.	25
Figura 7. Fecundidad (ninfas/hembra) por edad de hembras de <i>E. varians</i> alimentadas con tres dietas artificiales.	26
Figura 8. Curvas de supervivencia de hembras (A) y machos (B) de <i>E. varians</i> alimentados con tres dietas artificiales.	28

RESUMEN

Engytatus varians (Distant) (Hemiptera: Miridae) es una especie depredadora que ha generado expectativa para su empleo en el control biológico de *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). Para explorar su potencial, un aspecto básico es establecer su cría en condiciones de laboratorio. En el presente estudio se evaluó el efecto de tres dietas artificiales; una a base de hígado de res (DA-hígado), otra a base de primatone (proteína hidrolizada) (DA-primatone) y la última a base de garbanzo, *Cicer arietinum* L. (DA-garbanzo), sobre los parámetros biológicos (periodo de preoviposición, longevidad, supervivencia y fecundidad) y demográficos (tasa intrínseca de crecimiento poblacional, tasa neta de reproducción y tiempo generacional) de *E. varians*. El periodo de preoviposición de las hembras (n=24, < 12 h de edad) se determinó sobre discos de hojas de jitomate, *Solanum lycopersicum* L. sobre las cuáles se expuso al insecto cada cuatro horas, hasta conseguir la primera oviposición. Los otros parámetros se determinaron con 24 parejas (< 12 h de edad) para cada dieta artificial (DA). Cada pareja se confinó en un vaso de plástico que contenía una planta de jitomate para la oviposición de las hembras y la dieta artificial respectiva. Las parejas se transfirieron cada cuatro días a otro vaso de plástico con el mismo escenario, hasta la muerte de los individuos. Para conocer la fecundidad de cada hembra en cada exposición, y durante toda su vida, se contabilizaron las ninfas emergidas en cada una de las plantas de jitomate. La mortalidad y supervivencia de hembras y machos se registró diariamente. Con los datos de supervivencia de las hembras y el número de descendencia producida por hembra (generación 1, F₁) se construyó una tabla de vida y se estimó la tasa neta de reproducción (R₀), tiempo generacional (T) y tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m). El tiempo de desarrollo ninfal para las ninfas de la generación 2 (F₂), procreadas por las hembras de 12 días de edad de la generación 1 (F₁), fue cuantificado. Las tres dietas artificiales evaluadas aportaron la calidad nutricional necesaria para el mantenimiento y reproducción de *E. varians*. El periodo de preoviposición de las hembras de *E. varians* fue de ~3 días en las tres dietas evaluadas. Sin embargo, las hembras alimentadas con la dieta DA-primatone presentaron los valores más altos de longevidad (47.12 ± 2.29 días), supervivencia (100% hasta los 16 días), fecundidad (114.8 ± 6.1 ninfas/hembra), r_m (0.098 ± 0.00007 hembra/día) y R₀ (65.24 ± 0.12 huevos hembra/hembra). El tiempo generacional que tuvieron las hembras alimentadas con la dieta

DA-primatone fue de 42.59 ± 0.019 días. Además, las ninfas de la F₂ que se alimentaron con la DA-primatone completaron su desarrollo y alcanzaron el estado adulto en menos tiempo (18.44 ± 0.47 días) comparado con el de las otras dos DA (22.75 ± 0.69 y 25.64 ± 0.47 días). En conclusión, los individuos de *E. varians* alimentados con la dieta DA-primatone tuvieron los valores más altos en todos los parámetros biológicos y demográficos estimados; sin embargo, dicha dieta incluyó los ingredientes más costosos. Debido a ello, son necesarios más estudios que identifiquen dietas eficientes y que al mismo tiempo sean asequibles para la cría del insecto.

Palabras clave: chinche depredadora, cría de míridos, dieta artificial, control biológico, jitomate

ABSTRACT

Engytatus varians (Distant) (Hemiptera: Miridae) is a predatory species that has generated a strong expectation for using it in the biological control of *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). To know its potential, a basic aspect is to establish its rearing under laboratory conditions. In the present study, the effects of three artificial diets on biological (pre-oviposition period, longevity, survival and fertility) and demographic (intrinsic rate of population growth, net reproduction rate and mean generation time) parameters of *E. varians* were evaluated: one composed mainly of beef liver (AD-liver), another composed of Primatone (hydrolyzed protein) (AD-Primatone) and the last composed of chickpea, *Cicer arietinum* L. (AD-chickpea). The pre-oviposition period of females (n = 24, <12 h of age) was determined on tomato leaf discs of *Solanum lycopersicum* L., on which the insect was exposed every 4 h until the first oviposition was obtained. The other parameters were determined with 24 pairs (<12 h of age) for each artificial diet (AD). Each pair was confined in a plastic cup containing a tomato plant for the oviposition of the females and the respective AD. The pairs were transferred every 4 d to another plastic cup with the same scenario until they died. To know the fecundity of each female in each exposure and

throughout its life, the nymphs that emerged in each tomato plant were counted. The mortality and survival of females and males were recorded daily. With the survival data of the females and the number of offspring produced by each female (generation 1, F₁), a life table was constructed and the net reproductive rate (R₀), mean generation time (T) and the intrinsic rate of increase (r_m) were also estimated. Nymphal development time for the nymphs of generation 2 (F₂), produced from females of 12 days (F₁), was measured. The three artificial diets evaluated provided the nutritional quality necessary for the maintenance and reproduction of *E. varians*. The pre-oviposition period of *E. varians* females was approximately 3 d in the three diets evaluated. Females fed AD-Primatone, however, had the highest values of longevity (47.12 ± 2.29 days), survival (100% up to 16 days), fecundity (114.8 ± 6.1 nymphs/female), r_m (0.098 ± 0.00007/female/day) and R₀ (65.24 ± 0.12 female eggs/female). The mean generation time of females fed AD-Primatone was 42.59 ± 0.019 days. In addition, the nymphs of the F₂ that were fed with AD-Primatone completed their development and reached the adult stage in less time (18.44 ± 0.47 days) than nymphs fed with the other two artificial diets (22.75 ± 0.69 and 25.64 ± 0.47 days). In conclusion, individuals of *E. varians* fed AD-Primatone had the highest values for all the estimated biological and demographic parameters; however, this diet included the most expensive ingredients. Because of this, more studies are needed to identify efficient diets and, simultaneously, to be affordable for the rearing of the insect.

Keywords: predator bug, mirid rearing, artificial diet, biologic control.

1. INTRODUCCIÓN

México ocupa el décimo lugar a nivel mundial en producción de jitomate, *Solanum lycopersicum* L., con alrededor de 3,469,707.28 toneladas (SIAP 2017). Los principales estados productores de jitomate son Sinaloa (27%), San Luis Potosí (9.8%), Michoacán (7.3%), Jalisco (6.3%), Zacatecas (5.5%) y Baja California (5.1%), representando más del 60% del total de la producción nacional (SIAP 2017). Desafortunadamente, este cultivo se ve afectado por diversos insectos que producen daños directos a la planta o transmiten enfermedades, lo que provoca una disminución en la producción y una baja calidad de los frutos. Entre estos insectos se puede mencionar a los pulgones *Myzus persicae* (Sulzer), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) y *Aphis gossypii* (Glover); las mosquitas blancas *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Bemisia argentifolli* (Bellows y Perring) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood); los trips *Frankliniella fusca* (Hinds) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande); y el psílido del jitomate, *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) (Vargas 2010, Badii *et al.* 2000, Alarcón 1993).

Bactericera cockerelli es una de las plagas de mayor importancia a nivel mundial, no sólo afecta al cultivo de jitomate sino también a otras solanáceas de importancia económica tales como la papa, *Solanum tuberosum* L., y el chile, *Capsicum annuum* L., tanto en condiciones de invernadero como en campo abierto (Garzón 2002, Bujanos y Ramos 2015). Recientemente, en varias regiones de México y Centroamérica este psílido ha sido registrado como el agente vector de la enfermedad zebra chip en papa, causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (= *Candidatus Liberibacter psyllauros*) (Hansen *et al.* 2008, Liefing *et al.* 2009, Lin *et al.* 2009, Garzón *et al.* 2009, Bujanos y Ramos 2015). Se estima que las pérdidas ocasionadas sólo por el daño directo de *B. cockerelli* oscilan entre 80 y 90% en la producción de jitomate fresco (Liu y Trumble 2006, Bernal 2011). No obstante, la enfermedad zebra chip también ha causado grandes pérdidas económicas a la industria de las papas fritas. Su daño ha sido tan severo que ha provocado el abandono de los cultivos en los Estados Unidos de América y México (Munyaneza *et al.* 2007a, Bujanos y Ramos 2015). Debido a esta razón, a *B. cockerelli* se le considera como una plaga cuarentenaria en países como México, Nueva Zelanda, Australia y otros países de Europa, donde sus medidas impuestas para evitar su ingreso a sus fronteras son rigurosas

ante el intento de movilizar productos que pudieran estar contaminados con la bacteria mencionada (Bujanos y Ramos 2015, Rubio-Covarrubias *et al.* 2011, Teresani *et al.* 2015).

El uso de insecticidas químicos ha sido el método tradicional y más usado para contrarrestar el problema de *B. cockerelli* en los cultivos de solanáceas de México. Desafortunadamente, su uso desmedido ha elevado los costos de producción, ha contaminado el ambiente, afectado la salud humana y ha provocado resistencia de la plaga. Ante tal situación, se ha impulsado la búsqueda de alternativas de control que sean más selectivas, seguras y compatibles con las prácticas de manejo integrado de plagas. El control biológico por medio del uso de depredadores podría ser una alternativa viable para el manejo de *B. cockerelli*, debido a que con este método se lograría un equilibrio ecológico y no se pondría en riesgo la salud humana y el ambiente (Rodríguez, 1996). Al respecto, Urbaneja *et al.* (2005a) mencionan que las chinches de la familia Miridae son los depredadores más usados para el control de plagas de invernadero en España, donde citan a *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) como una especie eficaz. Bajo este contexto, en México se registró recientemente a *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae) como una especie que depreda vorazmente a ninfas de *B. cockerelli* (Martínez *et al.* 2014). Debido que a *E. varians* se le ha encontrado buenas cualidades como depredador se han estudiado varios aspectos relacionados con su biología, destacando el estudio de su ciclo de vida (Medina 2014, Pineda *et al.* 2016), capacidad de consumo y preferencia de depredación sobre huevos e instares ninfales de *B. cockerelli* (Velázquez 2015, Mena-Mociño *et al.* 2015), capacidad de consumo de huevos de *Spodoptera exigua* Hübner y *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Hernández 2015), características biológicas y reproductivas (Mena-Mociño 2016), potencial como depredador en condiciones de semicampo y susceptibilidad hacia distintos pesticidas (Pérez-Aguilar *et al.* 2018, 2019), así como el efecto de dietas naturales sobre sus parámetros biológicos y demográficos de este depredador (Palma-Castillo 2016).

Derivada de la investigación sobre estudios relacionados con dietas para la cría de *E. varians* (Palma-Castillo 2016), y teniendo conocimiento que otras especies de míridos depredadores han prolongado y maximizado su longevidad y potencial reproductivo con dietas artificiales, el presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de tres dietas artificiales sobre los parámetros biológicos y demográficos de *E. varians*, esto con la

idea de tener en laboratorio una dieta artificial alterna que mantenga la cría de este depredador. Entre las dietas artificiales a evaluar se encuentra las reportadas para *Dicyphus tamaninii* Wagner y para *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Iriarte y Castañé 2001, Castañé y Zapata 2005, Vandekerkhove *et al.* 2006). Cabe mencionar que el conocimiento sobre una dieta que aumente la fecundidad, prolongue la longevidad y que refleje los mejores valores de crecimiento poblacional de los individuos de *E. varians*, es un aspecto importante que ayudaría a impulsar a este depredador como un agente potencial de control biológico.

2. ANTECEDENTES

2.1. *Bactericera cockerelli* (Sulc.) y su distribución actual

Bactericera cockerelli es conocido comúnmente como el psílido del tomate y/o papa, paratrioza, salerillo del tomate o pulgón saltador, este último por su parecido con los áfidos (Bujanos *et al.* 2007, Cortez 2011, Ramírez *et al.* 2008). Es un insecto que pertenece al orden Hemiptera, sub-orden Sternorrhyncha, superfamilia Psylloidea y familia Triozidae. Inicialmente, esta especie fue descrita por Sulcer (1909) con el nombre de *Trioza cockerelli*, pero posteriormente cambió a *Paratrioza cockerelli* (Butler y Trumble 2012, Marín *et al.* 2009) y actualmente se le conoce como *B. cockerelli*.

Actualmente, la distribución de *B. cockerelli* es muy amplia en el continente americano, se encuentra en Belice, Canadá, El Salvador, Estados Unidos de América, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua (Bextine *et al.* 2013, EPPO 2013, Munyaneza 2015, Bujanos y Ramos 2015). Además, se ha registrado su presencia en Nueva Zelanda, la Isla Norfolk en Oceanía (Teulon *et al.* 2009, Walker *et al.* 2015), y recientemente en Ecuador (Castillo-Carrillo *et al.* 2019).

2.2. Tipos de daños e importancia económica de *B. cockerelli*

Debido al impacto destructivo que genera *B. cockerelli* sobre los principales cultivos de tomate, papa y chile se ha convertido en motivo de preocupación en Estados Unidos de América, México y otros países de Centroamérica (Munyaneza *et al.* 2007b). En México este insecto se ha convertido en la plaga más importante del tomate, chile, papa y tomatillo (Bernal 2011, Vega-Gutiérrez *et al.* 2008), el cual se encuentra ampliamente distribuido en todas las zonas productoras de hortalizas (Garzón 2002, Rojas-Rojas 2010).

Este psílido ocasiona daños directos a las plantas hospederas al alimentarse de la savia, y el daño indirecto se manifiesta al ser vector de enfermedades, tales como el permanente del tomate, punta morada de la papa y la enfermedad zebra chip en papa, asociada a la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (= *Candidatus Liberibacter psyllaourous*) (Hansen *et al.* 2008, Liefiting *et al.* 2009, Lin *et al.* 2009, Garzón 2005, Garzón *et al.* 2009, Munyaneza *et al.* 2007a, Salas-Marina 2006).

En algunas regiones del país, los daños ocasionados por esta plaga han alcanzado hasta el 60% y puede reducir la producción hasta en 90% si no se controla oportunamente

(Bernal 2011). De acuerdo con Liu *et al.* (2006), los daños provocados por esta plaga provocan pérdidas de hasta el 80% en la producción de tomate, y solo la enfermedad zebra chip ha causado grandes pérdidas económicas por varios millones de dólares a la industria de las papas fritas. En los Estados Unidos de América y algunas partes de México ha provocado el abandono total de los cultivos cuando no se logra un control (Munyanza *et al.* 2007a, Bujanos y Ramos 2015).

2.3. Métodos de Control de *B. cockerelli*

En los últimos años se ha impulsado la búsqueda de alternativas de control que sean más selectivas, seguras y compatibles con las prácticas de manejo integrado de plagas (MIP). A continuación se mencionan los tipos de control utilizados para *B. cockerelli*:

2.3.1. Control químico

El principal método de control contra *B. cockerelli* es mediante el uso de insecticidas químicos de amplio espectro. Los insecticidas más utilizados para el control de *B. cockerelli* incluyen abamectina, thiamethoxam, bifentrina, dimetoato, endosulfan, spinosad y pyriproxifen. Desafortunadamente, el uso irracional de estos insecticidas por parte de los productores ha generado problemas en el ambiente y la salud pública ya que repercuten en la salud humana, además, provoca resistencia de la plaga y por lo mismo han elevado los costos de producción de los cultivos (Rojas-Rojas 2010, Vega-Gutiérrez *et al.* 2008).

2.3.2. Control cultural

El control cultural contempla la producción de plántula o tubérculo para semilla libre de la plaga y de fitopatógenos, además de tomar en cuenta la fecha de siembra y/o trasplante acorde al diseño de un patrón de cultivos que reduzca el problema, así como la destrucción de plantas hospederas de la plaga y rastrojos en los márgenes del cultivo y campos adyacentes (Butler y Trumble 2012, Munyanza 2012, Bujanos y Ramos 2015).

2.3.3. Control biológico

El control biológico contempla el uso de entomopatógenos, parasitoides y depredadores como medidas de supresión de poblaciones de *B. cockerelli*.

2.3.3.1. Entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son importantes enemigos naturales de diversos insectos plaga. Entre los hongos entomopatógenos a los que *B. cockerelli* ha mostrado susceptibilidad se encuentran: *Beauveria brongniartii* (Sacc.) (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Beauveria bassiana* Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Isaria fumosorosea* (Wize) Brown and Smith, *Entomophthora* spp., *Zoophthora* spp., (Entomophthorales: Entomophthoraceae), *Erynia* spp. (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae), *Hirsutella* spp. (Globigerinida: Globorotaliidae), *Hymenostilbe* spp. (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae). *Paecilomyces* spp. (Eurotiales: Trichocomaceae) *Fusarium* spp. (Nectriaceae) y *Verticillium* spp. (Hypocreales: Plectosphaerellaceae) (Bujanos *et al.* 2005, Mejía *et al.* 2008, Villegas-Rodríguez *et al.* 2014, Lacey *et al.* 2011, Lacey *et al.* 2009, Tamayo-Mejía *et al.* 2015).

2.3.3.2. Parasitoides

El principal parasitoide de ninfas de *B. cockerelli* en las regiones productoras de solanáceas en México es *Tamarixia triozae* Burks (Hymenoptera: Eulophidae), el cual alcanza altos niveles de parasitismo (Bujanos *et al.* 2005, Rojas-Rojas 2010). Bravo y López (2007) mencionan que *T. triozae* puede alcanzar niveles de parasitismo de hasta un 80%, lo que minimiza el uso de insecticidas en el cultivo de chile en los Valles Centrales de Oaxaca. Por otra parte, Caudillo (2010) reportó hasta un 100% de parasitismo en condiciones de laboratorio, aunque en invernadero dicho porcentaje de parasitismo disminuye a un 40%.

2.3.3.3. Depredadores

La disminución del uso de insecticidas promueve el desarrollo de depredadores que se alimentan de manera natural sobre los diferentes estadios de desarrollo de *B. cockerelli*, entre ellos se puede citar a neurópteros, coccinélidos y hemípteros, entre otros (Bravo y López 2007). Entre las principales especies depredadoras se encuentra a *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae), *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, *H. americana* Crotch, *H. lecontei* var *uteana* Casey, *H. quinquesignata* Kirby y *H. tredecimpunctata* L.

(Coleoptera: Coccinellidae), *Nabis ferus* L. (Hemiptera: Nabidae), *Geocoris decoratus* Uhler (Hemiptera: Geocoridae), *Orius tristicolor* White y *Anthocoris melanocerus* Reuter (Hemiptera: Anthocoridae) (Butler y Trumble 2012), y recientemente al mírido *E. varians* (Martínez *et al.* 2014).

2.4. La familia Miridae

2.4.1. Generalidades de la familia Miridae

La familia Miridae constituye la familia más grande de los heterópteros (Schuh 1995), con aproximadamente 11,020 especies descritas (Cassis y Schuh 2012). Esta familia se caracteriza por presentar el cúneo claramente separado del resto del hemiélitro, carecen de ocelos, la membrana de las alas presenta una o dos celdas en la base, las antenas tienen cuatro artejos y el pico tiene cuatro segmentos (Goula y Alomar 1994). Los hábitos alimenticios de los míridos son muy peculiares, ya que su régimen alimenticio puede ser fitófago, zoófago e incluso en algunas especies puede ser mixto, es decir, zoofitófagos.

2.4.2. Importancia de la familia Miridae en el control biológico de plagas

En Europa, principalmente en el Mediterráneo, se ha estudiado mucho el potencial de los míridos depredadores. Debido a los buenos resultados de los míridos como controladores de plagas, principalmente sobre cultivos protegidos, actualmente ya se realizan liberaciones inoculativas de estos depredadores (Urbaneja *et al.* 2005a). Gran parte del éxito de estos depredadores y razón de su importancia en el control biológico de plagas, se debe, a que presentan polifagia, es decir, se alimentan de un amplio rango de presas como moscas blancas, huevecillos de lepidópteros, trips, pulgones, ácaros y minadores (Agustí y Gabarra 2008, Franco 2010, Goula y Alomar 1994, Urbaneja *et al.* 2005a).

2.4.3. Míridos depredadores de plagas agrícolas

En la mayoría de las regiones de la cuenca del mediterráneo se reproducen de manera natural poblaciones de las especies *N. tenuis* y *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae), las cuales colonizan los cultivos de tomate cuando no se aplican insecticidas. Generalmente, estos depredadores están disponibles comercialmente debido a su conocida eficacia en el control de diversas plagas (Arnó y Gabarra 2011). En Europa el

uso de estos míridos en el manejo integrado de plagas se basa principalmente en la conservación de las poblaciones nativas y las liberaciones inoculativas de las mismas especies, las cuales son asistidas mediante el uso de presas facticias (huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), y/o quistes desencapsulados de *Artemia* sp., y/o el uso de una solución azucarada) que promueven un mejor establecimiento o colonización de las poblaciones en los cultivos (Arnó *et al.* 2010, Castañé *et al.* 2004, Sánchez *et al.* 2014, Urbaneja *et al.* 2015, Alonso-Valiente 2014). También en Europa se han evaluado con éxito en la cuenca del mediterráneo a las especies *Dicyphus hesperus* Knight, *Dicyphus tamaninii* Wagner y *Dicyphus maroccanus* Wagner (Castañé *et al.* 2011, Pérez y Urbaneja 2014, Vandekerkhove *et al.* 2006).

En el continente Americano, el uso de estas especies depredadoras no está permitido debido a los riesgos que existen al introducir especies exóticas, ya que éstas pueden llegar a tener algún grado de impacto sobre algunas especies nativas, además del riesgo potencial de daños a los mismos cultivos (Calvo *et al.* 2016; Castañé *et al.* 2011; van Lenteren *et al.* 2006). Un claro ejemplo de esto último se presentó al sur de Texas, E.U.A., donde se reportaron daños por la actividad fitófaga de *N. tenuis* en cultivos de jitomate. Esta especie provocó la deformación y reducción del tamaño de las hojas, abortos florales, elongación y manchas necróticas en sectores del tallo donde el insecto se alimentó, lo que repercutió en una baja producción de frutos (Esparza-Díaz y Villanueva 2014). Esta es la razón por la cual se están buscando alternativas con especies nativas y con ello disminuir posibles riesgos. Entre las especies que están siendo evaluadas actualmente son *Tupiocoris cucurbitaceus* (Spinola) sobre mosquitas blancas *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos hortícolas de Argentina (Arce 2010). De igual manera, en Brasil se evalúa la efectividad de *Campyloneuropsis infumatus* (Carvalho), *E. varians* y *Macrolophus basicornis* (Stal), las cuales se han encontrado depredando a *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Bueno *et al.* 2013). Sus tasas de depredación son tan altas que pudieran compararse con las especies europeas. Por otra parte, *Dicyphus hesperus* Knight es un mírido endémico de Norteamérica con características favorables para el control de *B. tabaci* y *B. cockerelli* en cultivos de jitomate de invernadero (Calvo *et al.* 2016, 2018). Esta es una especie que ya había sido probada y liberada en invernaderos en Canadá pero su producción comercial fue

descontinuada (Castañé *et al.* 2011). Recientemente, en México se reportó a *E. varians* depredando ninfas de *B. cockerelli* sobre plantas de jitomate (Martínez *et al.* 2014). Esta especie parece tener potencial para incluirse en un programa de control biológico de *B. cockerelli*.

2.5. *Engytatus varians* y su distribución

Engytatus varians es una especie zoofitófaga y polífaga (Martínez *et al.* 2014). Se ubica taxonómicamente en el orden Hemiptera, suborden Heteroptera, familia Miridae, subfamilia Bryocorinae, tribu Dicyphini, y subtribu Dicyphina. Los países donde se ha registrado a *E. varians* son Argentina, Brasil, Cuba, Ecuador, Estados Unidos, Guatemala, Guyana Francesa, México, Nicaragua, Puerto Rico, República Dominicana y Surinam (Chérot y Carpintero 2016, Hernández y Henry 2010, Martínez *et al.* 2014).

Rosewall y Smith (1930) reportaron la presencia de *E. varians* depredando huevos y larvas de primeros estadios de *Heliothis* sp. (Lepidoptera: Noctuidae), así como huevos y larvas de *H. virescens* y *H. obsoleta* (Fab.) en campos de tabaco de Luisiana, EUA. Posteriormente, Illingworth (1937) observó la naturaleza de depredación de *E. varians* sobre áfidos del tabaco, utilizando también huevos y larvas de primeros estadios de *Pieris brassicae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae) y pseudocóccidos para su alimentación. En Cuba, Castineiras (1995) reportó a este mírido depredando a ninfas de *B. tabaci* en cultivos de papa, tabaco y cucurbitáceas. En estudios más recientes, Bueno *et al.* (2013) demostraron que *E. varians* puede controlar de manera efectiva a *T. absoluta* en Brasil sobre plantas de tabaco, debido a que muestra una tasa elevada de depredación sobre esta plaga. En México, se reportó a *E. varians* depredando ninfas de *B. cockerelli* sobre plantas de jitomate en condiciones de invernadero (Martínez *et al.* 2014).

2.6. Uso de dietas artificiales para la cría de míridos depredadores

En los programas de manejo integrado de plagas se puede incluir la estrategia de control biológico por aumento, la cual se basa en hacer “liberaciones masivas” de insectos benéficos en los cultivos con presencia del insecto plaga (Agustí y Gabarra 2008, Franco 2010). Para llevar a cabo esta estrategia se requiere producir masivamente estos insectos

benéficos, lo cual puede tener altos costos económicos por los diferentes insumos que se utilizan para alimentarlo y mantenerlo en su respectiva planta hospedera (Castañé y Zapata 2005, Urbaneja *et al.* 2005b). En términos económicos, la crianza de enemigos naturales con bajos costos estimula su producción masiva y su uso en programas de control biológico de insectos plaga (De Clercq 2004, Vandekerkhove *et al.* 2006). Entre los parámetros biológicos que se evalúan para determinar la calidad en insectos criados en laboratorio destacan: tiempo de desarrollo y supervivencia de los instares inmaduros, pesos corporales, fecundidad, fertilidad y la longevidad de los adultos (Franco 2010, Vandekerkhove *et al.* 2006, Grenier y De Clercq 2003). La fecundidad mide la capacidad reproductiva de los insectos, es decir, el número de huevos ovipositados por las hembras en toda su vida (Ramírez y Llanderal 2013). Por otra parte, el conocimiento de la longevidad de los insectos depredadores es importante debido a que puede indicar el tiempo de depredación sobre las presas (Franco 2010, Medina 2014, Pineda *et al.* 2016).

En estudios sobre nutrición de insectos criados en laboratorio se contempla el uso de alimentos suplementarios (mantequilla, jalea real, extracto de hígado, levaduras, diversos extractos de plantas e incluso miel de abeja en polvo) para que ellos puedan alcanzar el óptimo acondicionamiento físico y el máximo potencial reproductivo (Thompson 1999). En general, las dietas deben cumplir con requisitos sensoriales (ser atractivas para el insecto), nutricionales y ser razonablemente estables, todo esto dentro de un marco de viabilidad económica, es decir, las dietas deben ser capaces de mantener buenos valores de crecimiento, desarrollo y reproducción de los insectos a un costo que hace económicamente factible un programa de cría (Cohen 2005). Por su parte, Dougherty (1959) describe las siguientes dietas con base en que sus componentes son completamente conocidos (holídicas), no están bien definidos (oligídicas) o cuando algunos de sus componentes están bien definidos y otros no (merídicas). Al respecto Cohen (2005) menciona que varias dietas que han sido utilizadas en la cría de insectos contienen componentes indefinidos como hígado de res, yema de huevo, harina de soya, germen de trigo, entre otros, ya que la complejidad de estos alimentos no permite determinar porque son eficaces para cumplir necesidades nutricionales de un insecto y han mostrado muy buenos resultados para producir y mantener colonias vigorosas de insectos a costos bajos. Por el contrario, cuando se utilizan ingredientes purificados se incrementa el costo de la producción debido a que

son más costosos y el valor nutricional global es más bajo, por lo que estos ingredientes se añaden únicamente si son absolutamente necesarios.

Una dieta artificial a base de carne fue probada para la cría del mírido depredador zoofitófago *D. tamaninii*, dicho depredador completó varias generaciones con esta dieta sin complementar su alimentación con material vegetal (Iriarte y Castañé 2001). De igual manera, Castañé y Zapata (2005) probaron con éxito la misma dieta en la cría de *M. caliginosus*. En este caso, se obtuvo como resultado individuos más pequeños, de menor peso, baja fertilidad y supervivencia, con una tasa intrínseca de crecimiento menor y con desarrollo retardado en comparación con insectos alimentados con huevos de *E. kuehniella* sobre plantas de tabaco. Por su parte, Vandekerkhove *et al.* (2006) estudiaron el efecto de dos dietas en el desarrollo y reproducción de *M. caliginosus*. La primera considerada artificial y estaba basada en yema de huevo de gallina, mientras que la segunda fue natural basada en huevos de *E. kuehniella*. La primera dieta resultó con un mayor tiempo de desarrollo y menor peso de los adultos, aunque la supervivencia fue similar a la de los alimentados con huevos de *E. kuehniella*. Así mismo, las hembras alimentadas con huevos de *E. kuehniella* ovipositaron más que aquellas alimentadas con la dieta artificial. Esto muestra que las dietas artificiales son efectivas para mantener el desarrollo y la reproducción de un depredador pero pueden tener algunos efectos negativos sobre los parámetros biológicos en comparación con una dieta natural.

En el caso específico de *E. varians* existen los estudios sobre dietas de Palma-Castillo (2016) y la de Dimas-Mora (2017). El primero evaluó el efecto que tiene las dietas constituidas por las siguientes combinaciones: ninfas de *B. cockerelli*, la mezcla de ninfas de *B. cockerelli* + huevos de *Sitotroga cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae), y finalmente, la mezcla de ninfas de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* + una solución de azúcar al 5%. Este primer autor encontró que la solución de azúcar al 5% elevó la fecundidad, tasa de oviposición, longevidad, tasa intrínseca de crecimiento poblacional, tasa neta de reproducción y el tiempo generacional. El estudio de Dimas-Mora (2017) evaluó la influencia del alimento sobre la reproducción, la longevidad, el tiempo de desarrollo y proporción sexual de la descendencia de *E. varians*. Este autor encontró que al alimentar a las hembras con huevos de *E. kuehniella* + solución de azúcar al 5%, la fecundidad y la longevidad fueron mayores que al alimentarlas solo con huevos de *E.*

kuehniella + agua, huevos de *E. kuehniella* y únicamente con solución de azúcar al 5%. Ambos estudios demuestran que los carbohidratos juega un papel importante en la biología y dinámica poblacional de *E. varians*, por lo que es importante encontrar dietas artificiales que se complementen con carbohidratos.

3. HIPÓTESIS

Las dietas artificiales elaboradas con base de componentes naturales son efectivas para la cría del depredador *E. varians* y dan como resultado valores biológicos y demográficos óptimos.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de tres dietas artificiales sobre los parámetros biológicos y demográficos de *E. varians* en condiciones de laboratorio.

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de tres dietas artificiales sobre los parámetros biológicos (proporción sexual, periodo de preoviposición, fecundidad, longevidad, supervivencia) y demográficos (tasa intrínseca de crecimiento poblacional, tasa neta de reproducción y tiempo generacional) de adultos de la generación 1 (F₁) de *E. varians* emergidos de ninfas alimentadas con las dietas artificiales.
- Evaluar el efecto de tres dietas artificiales sobre la proporción sexual y tiempo de desarrollo ninfal de la generación 2 (F₂) de *E. varians*.

5. JUSTIFICACIÓN

El depredador *E. varians* podría ser una alternativa de control de *B. cockerelli* u otras plagas de importancia agrícola, pero antes de proponerlo como un agente potencial de control se necesitan realizar estudios sobre aspectos demográficos y reproductivos que indiquen su aplicabilidad en el control biológico de esta plaga. Así mismo, se necesita tener alternativas alimenticias que minimicen los gastos de mantenimiento y reproducción de este enemigo natural. Además, tener conocimiento sobre una dieta artificial de menor valor económico que aumente la fecundidad, prolongue la longevidad y que refleje los mejores valores de crecimiento poblacional de este depredador ayudarían mucho a impulsarlo como una alternativa para el control biológico de distintas plagas agrícolas.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Material vegetativo

Las plantas de *S. lycopersicum* “jitomate tipo Saladette” (variedad Rio Grande) procedieron de semillas germinadas en cajas de Petri. Para disponer de plantas en los experimentos, cada cuatro días se trasplantaron individualmente 30 plántulas germinadas (25 días de edad) en vasos de unicel de 1 L de capacidad, los cuales contenían tierra de encino. Las plantas se regaron cada tercer día y se fertilizaron una vez por semana con 250 mL de una solución nutritiva al 15% de macronutrientes (Ca [NO₃]₂, MgSO₄, KH₂PO₄, KNO₃ y K₂SO₄: Steiner 1984) y micronutrientes (manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno: Kelatex-Multi®). Las plantas se mantuvieron en un invernadero ventilado (120 m²), a una temperatura de entre 16 - 40 °C, 65% de humedad relativa (HR) y un fotoperiodo de ~14:10 h (luz:oscuridad) en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicado en Tarímbaro, Michoacán (Figura 1).



Figura 1. Mantenimiento de plantas de jitomate en un invernadero.

6.2. Elaboración de dietas y larvas artificiales para ninfas y adultos de *E. varians*

En este estudio se evaluaron las dietas artificiales registradas para *D. tamaninii* (Iriarte y Castañé 2001), *M. caliginosus* (Vandekerkhove *et al.* 2006) y una tercera dieta artificial (DA) creada en el LEA. En el mismo orden, éstas se referirán como DA-hígado, DA-

primatone (proteína hidrolizada) y DA-garbanzo, tomando en consideración el primer ingrediente de su composición (Cuadro 1).

Cuadro 1. Componentes y costos, para 100 g, de tres dietas artificiales utilizadas en los ensayos con *E. varians*.

Ingredientes	DA-hígado	DA-primatone	DA-garbanzo
Hígado de res	45 g (\$2.25)		
Primatone		1.6 g (\$18.32)	
Harina de garbanzo			43 g (\$3.44)
Ácido ascórbico	0.225 g (\$0.57)		
Agua	5.4 ml (\$0.072)	60 ml (\$0.816)	21.49 ml (\$0.28)
Carne molida de res	45 g (\$9)		
Harina de soya		16 g (\$0.64)	
Maltosa		8 g (\$53.68)	
Miel			1.07 g (\$0.128)
Sacarosa	0.27 g (\$0.19)		
Yema de huevo	4.5 g (\$0.72)	16 g (\$2.56)	35.82 g (\$5.73)
Precio/~100 gr	\$12.80	\$76.01	\$9.578

Los ingredientes de cada DA se mezclaron con ayuda de una batidora (Turbomix Plus, T-Fal®) hasta obtener una pasta homogénea. Con dicha pasta se elaboraron dispositivos cilíndricos con base en la metodología descrita por Cohen (1985). Para ello, la pasta se introdujo en la jeringa de 50 ml (sin aguja) y se comprimió para depositar un cilindro de dieta sobre una superficie de 1.5 x 3 cm de papel adherente (Reynolds®). Posteriormente, el papel adherente envolvió al cilindro de dieta y se selló al presionar con los dedos. Al final se obtuvieron cilindros de 3 cm de longitud por 0.3 cm de diámetro, los cuales se utilizaron como “larvas artificiales” para ofrecerlas a las ninfas y adultos de *E. varians*.

6.3. Cría de *E. varians*

La cría de *E. varians* se mantiene en el laboratorio de Entomología Agrícola (LEA) del IIAF, en donde los insectos son confinados en una jaula de madera (50 x 50 x 50 cm, cubierta con tela organza) que contiene en su interior plantas de jitomate. Las ninfas y adultos de este depredador se alimentan únicamente con huevos de la palomilla de los granos, *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) (Bio-Bichs de México, S.A de C.V. Uruapan, Mich ®), adheridos sobre tiras de cinta masking Scotch ® (10 x 1.8 cm).

6.4. Evaluación de las dietas artificiales

6.4.1. Evaluación de parámetros biológicos en la generación 1 (F₁)

Este estudio requirió adultos de *E. varians* (<12 h de edad) emergidos de ninfas que se alimentaron con DA-hígado, DA-primatone o DA-garbanzo. Para obtener estas ninfas, se introdujeron tres plantas de jitomate (~30 cm) a la jaula de madera que mantenía la cría de *E. varians*, mismas que permanecieron por un periodo de 72 h. Posteriormente, las plantas se retiraron, se colocaron en otra jaula libre de insectos y se mantuvieron en condiciones controladas de una cámara bioclimática, a 25.5 ± 2 °C, 60 ± 5 % de HR y 16:8 h (luz:oscuridad). Después de la emergencia de las ninfas (generación 1, F₁), y durante todo su desarrollo, cada dos días se les proporcionó DA-hígado o DA-primatone o DA-garbanzo, dependiendo el tratamiento al que se sometieron (Figura 2A). Cuando las ninfas alcanzaron el quinto instar (N₅), cada ninfa se individualizó en una caja de Petri (9 cm de diámetro x 1.5 cm de altura) con suficiente alimento artificial sobre un foliolo de jitomate (Figura 2B). Para evitar la deshidratación del foliolo se colocó algodón húmedo en la base del peciolo. Las ninfas individualizadas se revisaron cada 4 h para asegurar que los adultos a experimentar fueran recién emergidos (< 12 h de edad) (Figura 2C).

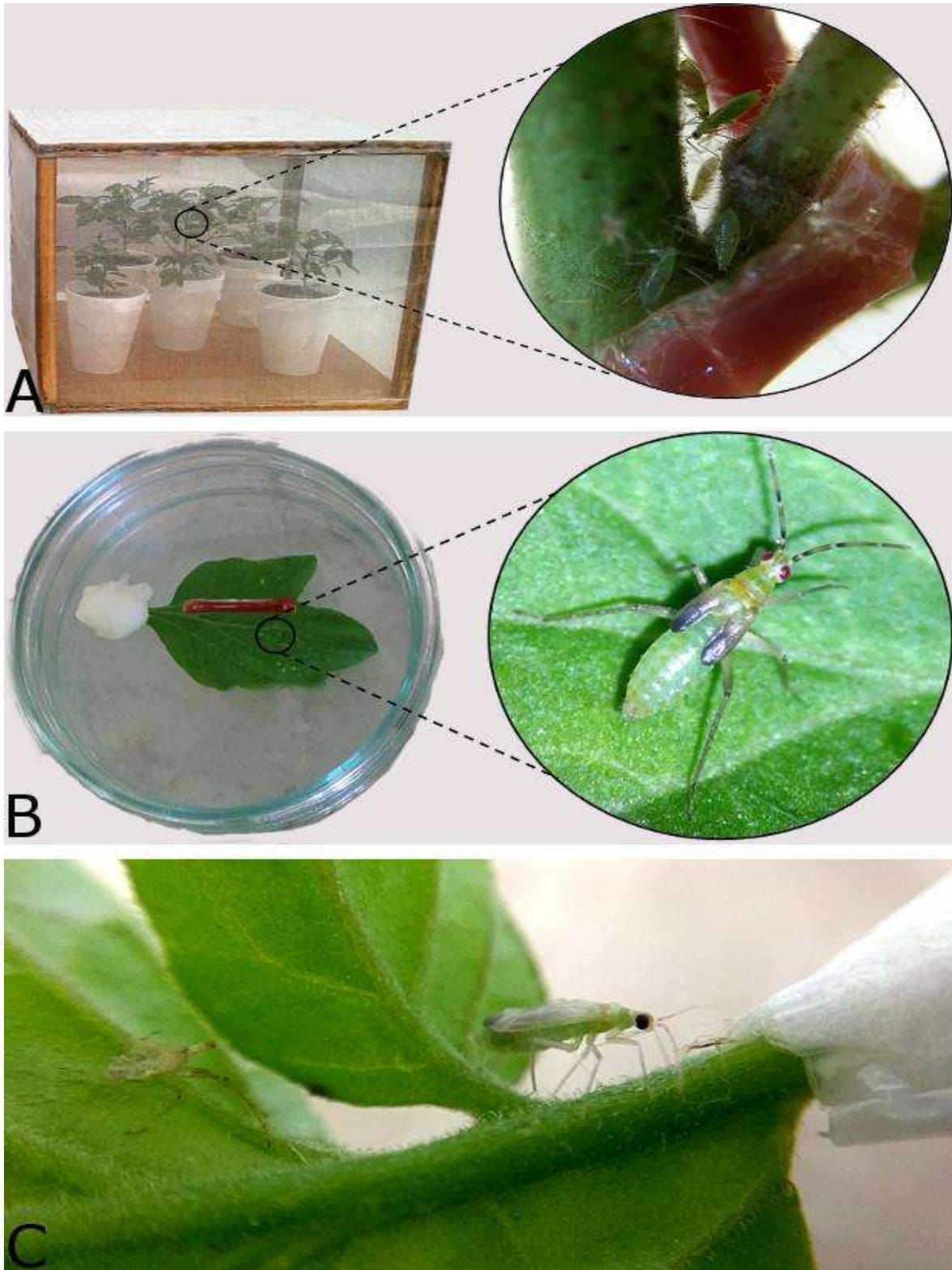


Figura 2. **A)** Ninfas (F_1) alimentadas con dieta artificial; **B)** individualización de ninfas N_5 ; y **C)** adulto recién emergido.

La proporción sexual de adultos de la F_1 provenientes de ninfas sometidas a las dietas mencionadas se obtuvo siguiendo el desarrollo de todas las ninfas de *E. varians* que alcanzaron el estado adulto. El período de preoviposición de las hembras de *E. varians* sometidas a las dietas mencionadas se determinó con 24 parejas de adultos (< 12 h de edad). Cada pareja se introdujo en una caja de Petri (9 cm de diámetro x 1.5 cm de altura) que contenía un disco de hoja de jitomate (3 cm de diámetro) con el envés hacia arriba para exponer las nervaduras de la hoja. Estas cajas de Petri contenían 25 ml de agar al 1% solidificado, el cual sirvió para mantener hidratado al disco de hoja (Figura 3). Las dietas mencionadas se ofrecieron sobre el disco de hoja. Los adultos se transfirieron cada 4 horas a otra caja de Petri con un nuevo disco de hoja de jitomate y su dieta respectiva. Los discos de hojas se revisaron bajo una lupa de disección para confirmar la oviposición de las hembras. Una vez que una de las hembras ovipositó sus primeros huevos dicha hembra se descartó del experimento y no se consideró para determinar los parámetros demográficos.



Figura 3. Disco de hoja de jitomate.

Para determinar la fecundidad, longevidad y supervivencia de adultos de la F_1 se utilizó el área apical de una planta de jitomate (~10-15 cm de altura y con una hoja desarrollada), la cual se colocó en un vaso de plástico pequeño del número 0 (25 ml) que contenía 20 ml de solución nutritiva. La hoja se hizo pasar por un orificio (1 cm de diámetro) hecho en la tapa del vaso para mantenerse firme, de manera que el peciolo quedó sumergido en la solución nutritiva (Dimas-Mora 2017). Sobre el foliolo se colocó una larva artificial elaborada con una de las dietas antes mencionadas. A su vez, el vaso que portaba

la hoja de jitomate se colocó en un vaso más grande de plástico transparente Reyma® (500 ml). Posteriormente, una pareja de adultos de *E. varians* (una hembra y un macho; < 12 h de edad) de la F₁ se introdujo al vaso de plástico más grande (Figura 4A). Para evitar el escape de los insectos el vaso se cubrió con tela de organza.

Se utilizaron 24 parejas por cada dieta a ensayar (una pareja = repetición). Cada pareja de *E. varians* se transfirió, cada cuatro días hasta la muerte de la hembra o el macho, a un nuevo vaso de plástico que contenía el mismo escenario mencionado. Esto ocurrió cuando las hembras tenían 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48 días de edad, dependiendo de la dieta. Una vez que los adultos se removieron, los vasos de plástico que contenían a las hojas expuestas a la oviposición se mantuvieron bajo condiciones de laboratorio de 24 ± 2 °C, $63 \% \pm 10 \%$ HR y un fotoperiodo de 12:12 h (L:O). Después de cada exposición, se revisó diariamente toda la hoja con ayuda de una lupa de mano, y se contabilizó el número de ninfas emergidas (generación 2, F₂) por cada hembra durante toda su vida (= fecundidad) (Figura 4B y C). La fecundidad se estimó con el número de ninfas emergidas por la dificultad de contabilizar huevos insertados en el tejido de las plantas, puesto que *E. varians* presenta oviposición endofítica. La longevidad y supervivencia se determinó al revisar los individuos cada 24 h, hasta la muerte de los mismos.

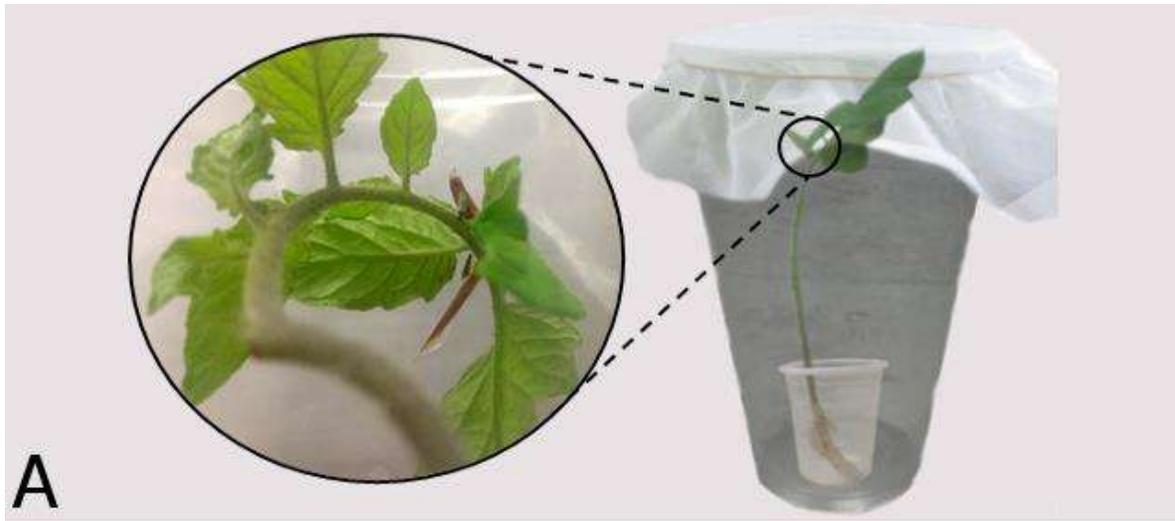


Figura 4. **A)** Adultos de *E. varians* alimentándose de la larva artificial; **B)** huevo con embrión desarrollado; y **C)** ninfa emergiendo (F_2).

6.4.2. Evaluación de parámetros demográficos de la generación 1 (F_1)

Con los datos de supervivencia y fecundidad de cada hembra de la F_1 se construyeron tablas de vida, posteriormente se calcularon los siguientes parámetros de crecimiento demográfico: Tasa neta de reproducción (R_0 = promedio de hijas por hembra en una generación), tiempo generacional (T = periodo comprendido entre el nacimiento de los padres y el de la progenie) y tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m = hembras por hembra por día).

$$R_o = \sum l_x m_x$$

$$T = \sum \frac{x l_x m_x}{R_o}$$

$$r_m = \sum e^{r_m x} l_x m_x$$

Para estimar el error estándar asociado a los parámetros r_m , R_o y T se utilizó la técnica de Jackknife en los datos sin procesar. Esto para calcular promedios por hembra de r_m , R_o y T , omitiendo los datos de cada hembra en turno. Este proceso se repitió para cada hembra hasta que se calcularon los pseudo-valores para todos los posibles casos de omisión (Maia *et al.* 2000).

6.4.3. Evaluación de parámetros biológicos de la generación 2 (F₂)

A la descendencia, F₂, de las hembras producidas en la edad de 12 días (del experimento de fecundidad) se le dio seguimiento para registrar el tiempo de desarrollo de cada estadio ninfal hasta llegar al estado adulto (Figura 5A). Esto con el propósito de conocer el efecto de la dieta artificial en el tiempo de desarrollo y mortalidad de los diferentes estadios ninfales de la segunda generación, así como también la proporción sexual de los adultos. Para esto cada ninfa se individualizó en cajas de Petri y se les proporcionó la misma dieta que consumieron sus progenitores sobre un foliolo de jitomate (Figura 5B y C), similar a lo descrito anteriormente. Las observaciones se realizaron cada 24 horas para registrar la presencia de exuvias o la muerte de las ninfas (Figura 5D). Los foliolos de jitomate, así como la dieta, se renovaron cada dos días.

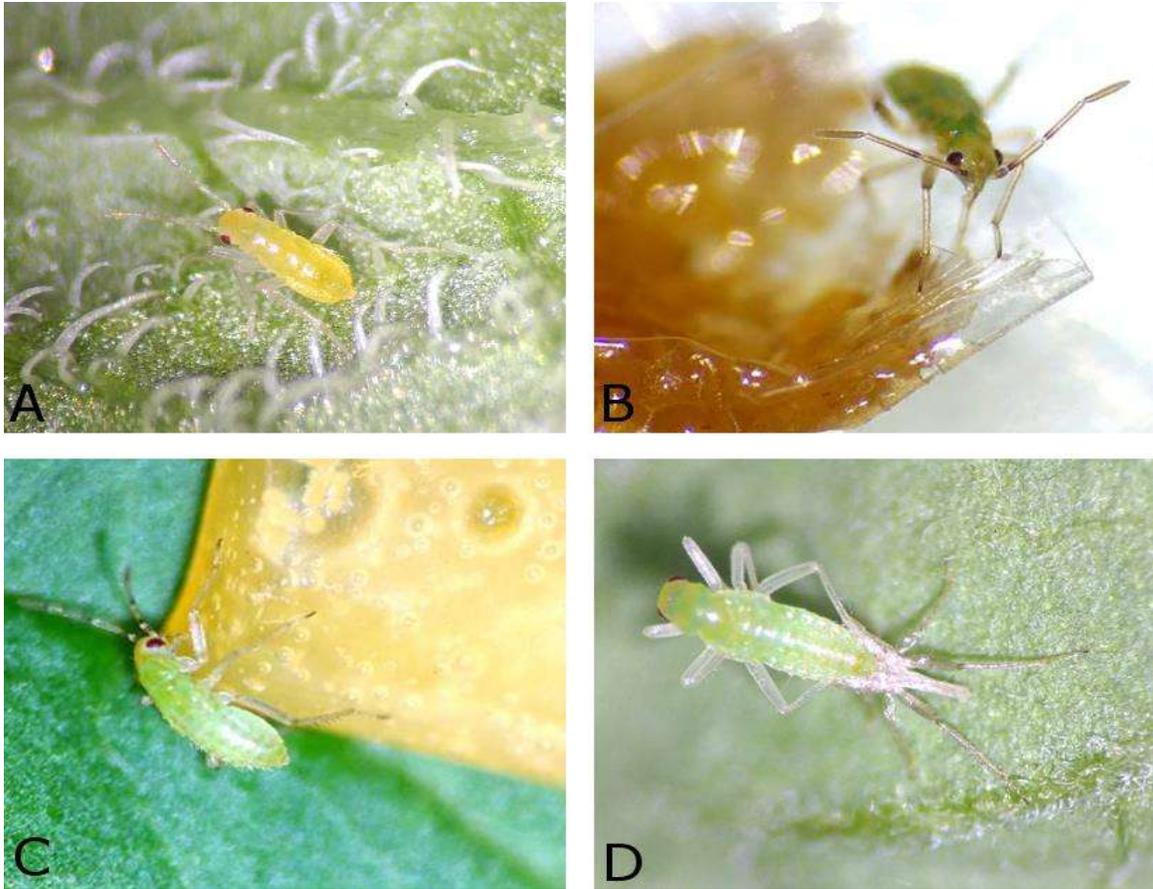


Figura 5. A) Ninfa N₁ individualizada; B) y C) ninfas de la F₂ alimentándose de la dieta artificial y D) ninfa N₃ mudando a N₄.

6.5. Análisis de datos

Los datos de proporción sexual de los adultos de la F₁ y F₂, periodo de preoviposición, fecundidad, longevidad, tasa neta de reproducción, tiempo generacional, tasa intrínseca de crecimiento poblacional de la F₁ y tiempo de desarrollo de la F₂ se sometieron a un análisis de varianza. Los análisis se realizaron con el procedimiento de modelos lineales generalizados (GLM) y las medias se separaron con la metodología de mínimos cuadrados (LSMEANS) ($P < 0.001$) (SAS/STAT versión 8,1; SAS Institute, Cary, NC). Por otra parte, las curvas de supervivencia de hembras y machos de *E. varians* se analizaron con el método Kaplan-Meier y se compararon con la prueba de Bonferroni ($P < 0.05$).

7. RESULTADOS

7.1. Parámetros biológicos de la F₁ de *E. varians* alimentados con tres dietas artificiales

7.1.1. Proporción sexual

Las tres dietas artificiales evaluadas permitieron el desarrollo del depredador. El tipo de dieta proporcionada a cada ninfa de la F₁ durante su desarrollo no tuvo un efecto significativo en la proporción sexual de los adultos emergidos ($F = 0.18$; $gl = 581, 2$; $P = 0.83$), cuyos progenitores (F₀) fueron alimentados únicamente con huevos de *S. cerealella*. En las tres dietas se encontró una proporción sexual de ~1:1 (hembra:macho) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Proporción sexual de adultos de la generación F₁ de *E. varians* alimentados con tres dietas artificiales.

Tratamiento	Proporción sexual F ₁				
	♀	n	♂	n	H:M
DA-hígado	0.53 ± 0.03 a	109	0.47 ± 0.03 a	96	1:0.9
DA-primatone	0.51 ± 0.03 a	117	0.49 ± 0.03 a	109	1:0.9
DA-garbanzo	0.54 ± 0.04 a	84	0.46 ± 0.04 a	69	1:0.8

Medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias).

7.1.2. Periodo de preoviposición

Las tres dietas ensayadas no afectaron significativamente ($F = 2.39$; $gl = 59, 2$; $P = 0.10$) el periodo de preoviposición de las hembras de *E. varians*, el cual fue alrededor de 3 días (Cuadro 3).

Cuadro 3. Periodo de preoviposición (días ± EE) de hembras de *E. varians* alimentadas con tres dietas artificiales.

Periodo de preoviposición	
Tratamiento	Días
DA-hígado	3.3 ± 0.16 a
DA-primatone	3.3 ± 0.18 a
DA-garbanzo	2.9 ± 0.16 a

Medias dentro de columnas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias).

7.1.3. Fecundidad

La dieta afectó significativamente ($F = 32.69$; $gl = 69, 2$; $P < 0.0001$) la fecundidad de las hembras de *E. varians*. Las hembras alimentadas con la DA-primatone (114.8 ± 6.1 ninfas/hembra) tuvieron 1.76 y 2.43 veces más descendencia que las hembras alimentadas con la DA-hígado (64.9 ± 6.1 ninfas/hembra) y la DA-garbanzo (47.4 ± 6.1 ninfas/hembra), respectivamente (Figura 6).

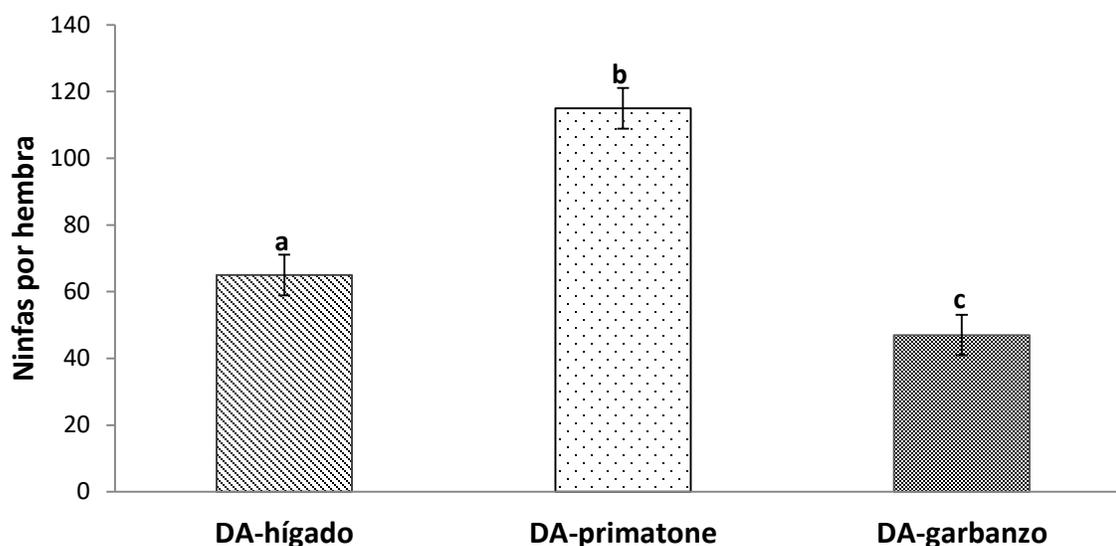


Figura 6. Fecundidad total de hembras de *E. varians* alimentadas con tres dietas artificiales. Medias de las barras seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias).

La fecundidad de las hembras también fue influenciada por la edad. Las hembras de 20, 24, 28, 32 y 36 días de edad alimentadas con la DA-primatone tuvieron significativamente ($F = 12.34$; $gl = 547, 37$; $P < 0.0001$) más descendencia que las hembras de la misma edad alimentadas con la DA-hígado y la DA-garbanzo (Figura 7).

Las hembras alimentadas con cualquiera de las tres dietas tuvieron su máxima descendencia a los 12 días de edad; sin embargo, las que se alimentaron con la DA-hígado (15.9 ± 0.98 ninfas/hembra) y DA-primatone (15.5 ± 1.28 ninfas/hembra) tuvieron más descendencia que aquellas que se alimentaron con la DA-garbanzo (9.6 ± 1.07 ninfas/hembra) (Figura 7). Las hembras alimentadas con la DA-primatone y DA-garbanzo tuvieron descendencia hasta el día 56 (0.5 ± 2.4 ninfas/hembra; $n = 7$) y 52 (2.5 ± 3.4

ninfas/hembra; n = 2), respectivamente, mientras que las que se alimentaron con la DA-hígado tuvieron descendencia hasta el día 36 (1.5 ± 3.4 ninfas/hembra; n = 3) (Figura 7).

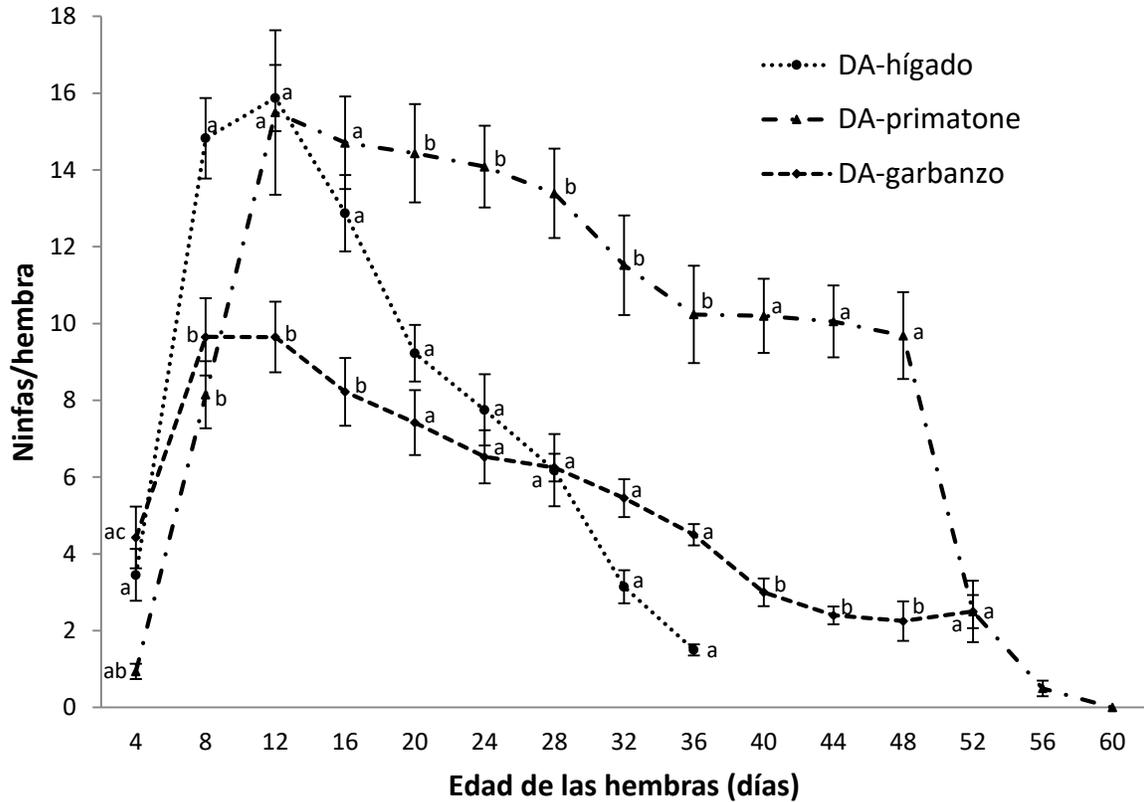


Figura 7. Fecundidad (ninfas/hembra) por edad de hembras de *E. varians* alimentadas con tres dietas artificiales. Medias entre dietas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias).

7.1.4. Longevidad

La dieta tuvo un efecto significativo ($F = 18.98$; $gl = 138, 5$; $P < 0.0001$) en la longevidad de los adultos de *E. varians*. Hembras y machos de *E. varians* alimentados con la DA-primatone vivieron 1.5 y 1.8 veces más que las hembras y machos alimentados con la DA-garbanzo y DA-hígado, respectivamente (Cuadro 4). Entre hembras y machos que consumieron el mismo alimento no se encontró diferencias significativas en la longevidad.

Cuadro 4. Longevidad (días \pm EE) de adultos de *E. varians* alimentados con tres dietas artificiales.

Tratamiento	Longevidad	
	♀	♂
DA-hígado	26.37 \pm 2.29 Aa	26.91 \pm 2.29 Aa
DA-primatone	47.12 \pm 2.29 Ba	47.50 \pm 2.29 Ba
DA-garbanzo	28.79 \pm 2.29 Aa	30.54 \pm 2.29 Aa

Medias entre columnas (letras mayúscula) y filas (letras minúsculas) seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias).

7.1.5. Supervivencia

La dieta afectó significativamente la supervivencia de hembras ($\chi^2 = 39.85$; gl = 2; $P < 0.0001$) y machos ($\chi^2 = 39.10$; gl = 2; $P < 0.0001$). La curva de supervivencia de *E. varians* muestra que hembras y machos alimentados con cualquiera de las tres dietas tienen el 100% de probabilidad de sobrevivir en los primeros 9 y 4 días de vida, respectivamente (Figura 8). Posteriormente, la supervivencia de las hembras decreció a partir del día 10 cuando se alimentaron con la DA-garbanzo; y a partir del día 17 y 18 cuando se alimentaron con la DA-primatone y DA-hígado, respectivamente. La curva de supervivencia de las hembras alimentadas con la DA-primatone indica que el 50% de la población se mantuvo hasta el día 50, mientras aquellas que se alimentaron con la DA-hígado y DA-garbanzo fue hasta el día 26 (Figura 8A).

Por otra parte, la supervivencia de los machos alimentados con la DA-garbanzo decreció a partir del día 5, mientras que los alimentados con la DA-hígado y DA-primatone fue a partir del día 6 y 15, respectivamente. El 50% de la población de machos alimentados con la DA-primatone se mantuvo hasta los 53 días, mientras que para los alimentados con la DA-garbanzo y DA-hígado fue hasta el día 35 y 28, respectivamente (Figura 8B).

Las curvas que describen la supervivencia de hembras y machos que se alimentaron con cualquiera de las dietas artificiales simulan una curva tipo II, lo que indica que la disminución de las poblaciones es de manera gradual a través del tiempo.

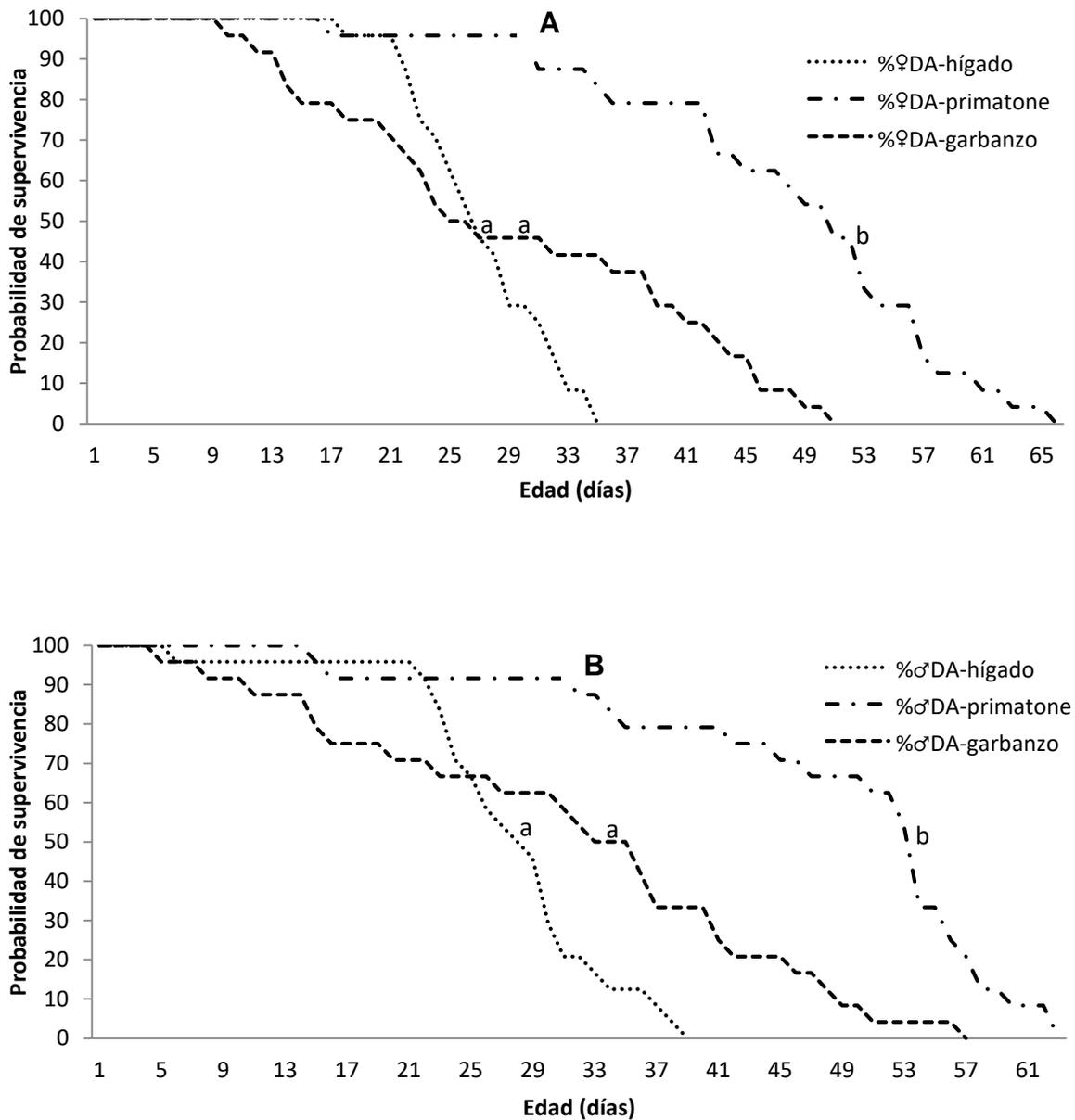


Figura 8. Curvas de supervivencia de hembras (A) y machos (B) de *E. varians* alimentados con tres dietas artificiales. Dentro de la figura, curvas seguidas por la misma letra, no difieren significativamente ($P < 0.05$).

7.2. Parámetros demográficos de la F₁ de *E. varians* alimentados con tres dietas artificiales

Las dietas artificiales afectaron significativamente los parámetros demográficos: tasa intrínseca de crecimiento poblacional ($F = 28539.1$; $gl = 69, 2$; $P < 0.0001$), tasa neta reproductiva ($F = 31165.4$; $gl = 69, 2$; $P < 0.0001$) y el tiempo generacional ($F = 1151.91$; $gl = 69, 2$; $P < 0.0001$) de las hembras de *E. varians*. Las hembras alimentadas con la DA-primatone mostraron los valores más altos en los parámetros r_m y R_0 ; pero no el T cuyo valor más alto lo tuvieron las hembras alimentadas con la DA-garbanzo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Parámetros demográficos (días \pm EE) de las hembras de *E. varians* alimentadas con tres dietas artificiales.

Tratamiento	Parámetros demográficos		
	r_m (por hembra por día)	R_0 (huevos hembra/hembra)	T (días)
DA-hígado	0.093 \pm 0.00007 a	48.68 \pm 0.12 a	41.55 \pm 0.019 a
DA-primatone	0.098 \pm 0.00007 b	65.24 \pm 0.12 b	42.59 \pm 0.019 b
DA-garbanzo	0.073 \pm 0.00007 c	22.90 \pm 0.12 c	42.76 \pm 0.019 c
Estadístico	F = 28539.1; gl = 69, 2; $P < 0.0001$	F = 31165.4; gl = 69, 2; $P < 0.0001$	F = 1151.91; gl = 69, 2; $P < 0.0001$

Medias dentro de columnas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias).

7.3. Parámetros biológicos de la F₂ de *E. varians* alimentados con tres dietas artificiales

7.3.1. Tiempo de desarrollo y mortalidad

La dieta proporcionada a cada ninfa de la F₂ tuvo un efecto significativo ($F = 58.15$; $gl = 189, 2$; $P < 0.0001$) en el tiempo de desarrollo de esta generación, mismos que procedieron de padres (F₁) alimentados con DA-hígado o DA-primatone o DA-garbanzo desde ninfas. Las ninfas alimentadas con la DA-primatone alcanzaron el estado adulto 4.31 y 7.2 días antes que las ninfas alimentadas con la DA-hígado y DA-garbanzo, respectivamente (Cuadro 6). En la F₂, con la DA-hígado se siguió el desarrollo a 381 ninfas pero solo el 9.4% (36 ninfas) alcanzaron el estado adulto. En el caso de la DA-primatone y la DA-

garbanzo fueron 217 y 193 ninfas y sólo el 35.9% (78 ninfas) y 40.4% (78 ninfas) alcanzaron el estado adulto, respectivamente.

Cuadro 6. Tiempo de desarrollo ninfal (días \pm EE) de la descendencia de *E. varians* (F₂) alimentados con tres dietas artificiales.

Tiempo de desarrollo	
Tratamiento	Días
DA-hígado	22.75 \pm 0.69 a
DA-primatone	18.44 \pm 0.47 b
DA-garbanzo	25.64 \pm 0.47 c

Medias dentro de columnas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias) ($F = 58.15$; $gl = 189, 2$; $P < 0.0001$).

7.3.2. Proporción sexual

El tipo de dieta tuvo un efecto significativo en la proporción sexual de los individuos de la generación F₂ ($F = 3.12$; $gl = 189, 2$; $P = 0.0463$), los cuáles procedieron de padres alimentados con el mismo tipo de dieta artificial. Para los individuos que se alimentaron con la DA-primatone y DA-garbanzo se encontró una proporción sexual de ~1:1 (hembra:macho), mientras que para aquellos que consumieron la DA-hígado se registró una proporción sexual de 1:0.4 (hembra:macho) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Proporción sexual de adultos (F₂) de *E. varians* alimentados con dietas artificiales.

Tratamiento	Proporción sexual F₂				
	♀	n	♂	n	H:M
DA-hígado	0.72 \pm 0.08 a	26	0.28 \pm 0.08 a	10	1:0.4
DA-primatone	0.53 \pm 0.05 ac	42	0.47 \pm 0.05 ac	36	1:0.8
DA-garbanzo	0.47 \pm 0.05 bc	37	0.53 \pm 0.05 bc	41	1:1.1

Medias dentro de columnas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P \leq 0.05$; LSMEANS separación de medias) ($F = 3.12$; $gl = 189, 2$; $P = 0.0463$).

8. DISCUSIÓN

El objetivo principal del uso de alimentos suplementarios en las crías de insectos benéficos es incrementar los parámetros biológicos de longevidad y fecundidad (Thompson 1999). En este estudio se conoció el efecto de tres dietas artificiales en los parámetros biológicos y demográficos del depredador *E. varians*, esto con miras de tener una dieta artificial alterna que sea capaz de mantener la cría de este depredador en ausencia de ninfas de *B. cockerelli* (dieta natural) o de huevos de *S. cerealella* (alimento facticio).

Las tres dietas artificiales evaluadas permitieron completar el desarrollo y reproducción de los individuos de *E. varians*. Sin embargo, la DA-primatone mostró los parámetros biológicos (fecundidad, longevidad y supervivencia) y demográficos (tasa intrínseca de crecimiento poblacional y tasa neta reproductiva) más elevados. La proporción sexual de los individuos de la F₁ y F₂ alimentados durante los cinco instares ninfales con cualquiera de las tres dietas artificiales fue ~1:1 (hembra:macho), excepto para los individuos alimentados con la DA-hígado de la F₂ que tuvieron una mayor proporción de hembras (1:0.4). En general, los resultados coincidieron con lo registrado en el depredador *M. caliginosus*, el cual tuvo una proporción sexual hembra:macho de 0.9:1 cuando sus ninfas se alimentaron con la dieta artificial a base de Primatone (Vandekerkhove *et al.* 2006). Sin embargo, cuando las ninfas de *M. caliginosus* y *D. tamaninii* se alimentaron con la dieta artificial a base de hígado de res, la proporción sexual hembra:macho de los adultos emergidos de estas especies cambió a favor de los machos (0.75:1 y 0.79:1, respectivamente) (Castañé y Zapata 2005; Iriarte y Castañé 2001). En nuestro estudio, solo la DA-hígado ocasionó en la F₂ una proporción sexual diferente a 1:1, pero en este caso esta dieta afectó a la proporción de machos. Posiblemente este resultado, contrario a lo que consiguieron los autores que estudiaron a *M. caliginosus* y *D. tamaninii*, se deba al bajo número de individuos (n = 36) de este tratamiento que lograron completar el desarrollo ninfal, puesto que hubo una alta mortalidad de ninfas durante el tiempo en que se llevó a cabo el experimento.

El periodo de preoviposición de las hembras de *E. varians* (< 12 h de edad) alimentadas con cualquiera de las tres dietas evaluadas fue de ~ 3 días. Esto contrasta a lo registrado en hembras de *D. tamaninii* y *M. caliginosus* que tuvieron un periodo de ~ 6 días cuando se alimentaron con una dieta artificial a base de hígado de res (Iriarte y Castañé

2001; Castañé y Zapata 2005). Probablemente, esta diferencia se relacione con las diferencias entre especies, aunque también puede atribuirse a que los autores proporcionaron la dieta artificial a estos depredadores sólo durante el desarrollo ninfal, mientras que en el presente estudio se les proporcionó la dieta artificial tanto a las ninfas como a los adultos. Por su parte, Vandekerkhove *et al.* (2006) experimentaron que cuando las hembras de *M. caliginosus* se mantuvieron sobre hojas de tabaco, *Nicotiana tabacum* L., el periodo de preoviposición fue de 7 días, pero cuando se le proporcionó en su dieta hojas de tabaco y huevos de *E. kuehniella* este periodo se redujo a 4.1 días. Esto sugiere que la calidad del alimento influye fuertemente en el periodo de preoviposición de estos míridos depredadores.

La fecundidad más alta se encontró en hembras alimentadas con la DA-primatone (114.8 ± 6.1 ninfas/hembra). Este valor fue 0.6 y 1.9 veces la fecundidad registrada en esta misma especie por Palma-Castillo *et al.* (2019) cuando las hembras se alimentaron con una mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* + agua con azúcar al 5%, y con una mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella*, respectivamente (180.5 ± 8.5 y 58.4 ± 8.5 huevos/hembra, respectivamente) en plantas de jitomate, con la diferencia de que estos autores registraron el número de huevos ovipositados por las hembras y no el número de ninfas emergidas, como lo fue en el presente estudio. Lo anterior indica que la DA-primatone presentó el valor más alto en fecundidad en comparación a las otras dos dietas artificiales evaluadas, pero ésta no proporcionó la misma calidad de alimento como lo hizo la dieta natural complementada con solución de azúcar al 5% de Palma-Castillo *et al.* (2019), la cual produjo más huevos. No obstante, en este estudio se puede constatar que la fecundidad presentada por hembras alimentadas con DA-primatone superó la fecundidad de hembras alimentadas con la mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* (sin solución de azúcar al 5%) de Palma-Castillo *et al.* (2019). Esto coincide con lo registrado en *D. tamaninii*, el cual tuvo 2.5 veces más descendencia cuando las hembras se alimentaron durante su desarrollo ninfal con la dieta artificial a base de hígado (72.45 ± 4.08 ninfas/hembra) que cuando se alimentaron de la dieta natural de huevos de *E. kuehniella* (28.34 ± 14.43 ninfas/hembra) en plantas de tabaco (Iriarte y Castañé 2001). Contrario a lo obtenido en *D. tamaninii*, y en el presente estudio, las hembras de *M. caliginosus* ovipositaron 2.4 veces más huevos cuando

se alimentaron con huevos de *E. kuehniella* (265 ± 21.4 huevos/hembra) que cuando se alimentaron con la dieta artificial a base de Primatone (109.8 ± 14.8 huevos/hembra) (Vandekerkhove *et al.* 2006). Probablemente, esto último pudo deberse a que los huevos de *E. kuehniella* proporcionaron a las hembras los requerimientos nutricionales necesarios para producir más huevos. Esto último es sustentado por Bueno y Van Lenteren (2012), quienes mencionan que dentro de los alimentos facticios que se utilizan en la producción comercial de chinches depredadoras (géneros *Orius*, *Macrolophus* y *Nesidiocoris*), destacan los huevos de *E. kuehniella* debido a que poseen altos valores nutricionales.

El número promedio de ninfas/hembra conseguido en este estudio con la DA-primatone (114.8 ± 6.1 ninfas/hembra) fue similar a lo registrado en hembras de *N. tenuis* alimentadas con huevos de *E. kuehniella* + solución azucarada al 0.5M (17.1%) (103.0 ± 8.6 ninfas/hembra) (Urbaneja-Bernat *et al.* 2013). Las hembras de *E. varians* alimentadas con cualquiera de las tres dietas artificiales presentaron la producción máxima de descendencia a los 12 días de edad, pero la DA-primatone fue la que produjo más descendencia a partir de esta edad y hasta los 56 días. Esto último permite visualizar que dicha dieta artificial es capaz de mantener la cría de *E. varians* en ausencia de su alimento natural y de conseguir mayor número de oviposiciones (114.8 ± 6.1 ninfas/hembra) que cuando se alimentaron con la dieta natural a base de ninfas de *B. cockerelli* y huevos de *S. cerealella* (58.4 ± 8.5 huevos/hembra; Palma-Castillo *et al.* 2019). El pico de producción máxima de descendencia de *E. varians* para las tres dietas artificiales evaluadas (12 días) fue similar a lo registrado para esta misma especie cuando las hembras se alimentaron con una mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* (Palma-Castillo *et al.* 2019), pero diferente a lo registrado por los mismos autores cuando las hembras se alimentaron con una mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* + agua con azúcar al 5% (~20 días). La razón por la cual hubo esta diferencia puede relacionarse con la presencia del azúcar en la dieta, puesto que Palma-Castillo *et al.* (2019) observaron que la adición de una solución de azúcar al 5% a la dieta natural postergó el periodo de máxima producción de huevos y mantuvo oviposiciones hasta los 60 días de edad. Por su parte, Vandekerkhove *et al.* (2006) registraron el pico de máxima fecundidad a los 21 días de edad (23 huevos/hembra) en hembras de *M. caliginosus* alimentadas con una

dieta artificial elaborada con base de Primatone, mismas que registraron oviposiciones hasta los 63 días de edad.

En este estudio se puede constatar que las hembras (47.12 ± 2.29 días) y machos (47.50 ± 2.29 días) de *E. varians* alimentados con la DA-primatone vivieron más tiempo que las hembras y machos alimentados con las otras dos dietas artificiales. En términos prácticos, con esta dieta artificial se puede mantener más tiempo con vida a los individuos de *E. varians* y tener más descendencia, lo que traería como resultado un aumento de la población de este insecto depredador en la cría. La longevidad encontrada en hembras (47.12 ± 2.29) y machos (47.50 ± 2.29) de *E. varians* alimentados con la DA-primatone fue diferente a lo que registraron Pineda *et al.* (2016) en hembras (22.16 días) y machos (17 días) de esta misma especie cuando se alimentaron únicamente con huevos de *S. cerealella*.

La longevidad de las hembras de *E. varians* alimentadas con la DA-primatone fue similar a lo que registraron Palma-Castillo *et al.* (2019) cuando se alimentaron con una mezcla de ninfas de *B. cockerelli*, huevos de *S. cerealella* y la adición de una solución de azúcar al 5% (46.6 ± 2.4 días), aunque en machos fue diferente (47.50 ± 2.29 vs. 37.3 ± 2.4 días). Por su parte, Dimas-Mora (2017) observó que cuando los adultos de *E. varians* se alimentaron con huevos de *E. kuehniella* + solución azucarada, las hembras alcanzaron una longevidad de 35 días, mientras que los machos 23 días. Castañé y Zapata (2005) registraron en el mírido depredador *M. caliginosus* una longevidad de 41.07 ± 3.70 días cuando las hembras se alimentaron con una dieta artificial a base de hígado. Por su parte, Vandekerkhove *et al.* (2006) registró en esta misma especie una longevidad de 54.6 ± 6.3 días cuando las hembras se alimentaron con una dieta artificial a base de Primatone.

La supervivencia de las hembras y machos de *E. varians* estuvo relacionada con el tipo de dieta artificial. La DA-primatone mantuvo con vida el 50% de las hembras y machos hasta los días 50 y 53, respectivamente, mientras que la DA-garbanzo y DA-hígado los mantuvo hasta los días 26 y 33 y 28 y 28, respectivamente, sin diferencia significativa entre individuos del mismo sexo en las dos últimas dietas. La supervivencia del 50% en hembras de *E. varians* alimentadas con DA-primatone fue similar a lo que registraron Palma-Castillo *et al.* (2019), cuando éstas se alimentaron con una mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* + solución de azúcar al 5% (48 días), aunque en machos fue diferente (53 vs. 37 días). Similarmente, las hembras de *D. maroccanus*

alimentadas con huevos de *E. kuehniella* mantuvieron el 50% de los individuos sometidos a esta dieta hasta el día 46 (Mena-Mociño 2016).

El tipo de dieta artificial afectó los parámetros demográficos de este depredador. Los valores estimados de r_m y R_0 en las tres dietas evaluadas indicaron que la DA-primatone reflejó el mejor crecimiento poblacional para *E. varians*, probablemente como consecuencia del incremento en la fecundidad y longevidad conseguida en esta dieta. En las tres dietas artificiales evaluadas fue positivo el valor obtenido para la r_m , aunque en la DA-primatone se encontró el valor más alto, el cual indicó que con esta dieta el número de hembras de *E. varians* podría aumentar a una tasa de crecimiento poblacional cercano al 9% (0.098 ± 0.00007 hembra/día). Por su parte, el valor de R_0 conseguido con la misma dieta sugirió que por cada hembra se producirían 65 hijas (65.24 ± 0.12 huevos hembra/hembra). De acuerdo a Mollá (2013) un valor $r_m \leq 0$ y $R_0 < 1$ indicaría que una población estaría en riesgo de decrecer hasta la extinción. En este estudio, ninguna de las dietas evaluadas presentó dichos parámetros con valores negativos, por lo que se sugiere que cualquiera de las tres dietas artificiales podría mantener una población de *E. varians*.

Los valores de T estimados para las tres dietas evaluadas indicaron que las hembras alimentadas con la DA-garbanzo tuvieron una duración más larga en tiempo, entre el nacimiento de los padres y el de la descendencia, que las hembras que se alimentaron con la DA-primatone o aquellos alimentados sólo con la DA-hígado. Aunque los valores de T conseguidos para las tres dietas son significativamente diferentes entre ellos (42.76 ± 0.019 , 42.59 ± 0.019 y 41.55 ± 0.019 días, respectivamente) en términos biológicos la diferencia solo representaría $\sim < 1$ día. En un estudio previo, se determinó los parámetros demográficos en esta misma especie depredadora, en este caso las hembras que se alimentaron únicamente con 15 N₂-N₃ de *B. cockerelli* tuvieron una r_m de 0.07 ± 0.0001 hembra/día, R_0 de 13.3 ± 0.2 huevos hembra/hembra, y una T de 33.7 ± 0.01 días, mientras que cuando las hembras se alimentaron con 15 N₂-N₃ de *B. cockerelli* + ~ 180 huevos de *S. cerealella* + agua con azúcar al 5% los mismos parámetros fueron 0.11 ± 0.0001 hembra/día, 107.8 ± 0.2 huevos hembra/hembra y 39.6 ± 0.01 días, respectivamente (Palma-Castillo *et al.* 2019). Si se compara nuestro estudio con lo realizado por Palma-Castillo *et al.* (2019) se puede visualizar que la segunda dieta de estos autores tiene los

valores demográficos más altos que la DA-primatone, pero dicha dieta podría elevar los costos de producción de este enemigo natural por considerar presas naturales y facticias.

Por otra parte, Mena-Mociño (2016) estimó los mismos parámetros en hembras de *D. maroccanus* alimentadas con una mezcla de ninfas N₂-N₃ de *B. tabaci* en plantas de jitomate. Excepto por el valor de T (51.47 días), los valores de r_m (0.04 hembra/día) y R_0 (11.55 huevos hembra/hembra) estimados por este autor fueron más bajos que los conseguidos con la DA-primatone. Cabe mencionar que tener un tiempo más grande entre el nacimiento de los padres y el de la descendencia implica un incremento de la población con más tiempo, por lo tanto lo conseguido con la DA-primatone indicaría un incremento de la población de este depredador en menos tiempo. Esto mismo ocurrió en *D. hesperus* cuando las hembras se alimentaron de huevos de *E. kuehniella* (dieta facticia) o ninfas de *B. cockerelli* (dieta natural), cuyos valores de r_m (0.078 y 0.069 hembra/día, respectivamente) y R_0 (49.4 y 31.1 huevos hembra/hembra, respectivamente) fueron menores a los registrados por las hembras de *E. varians* alimentadas con la DA-primatone, mientras que el valor de T (49.7 y 49.5 días, respectivamente) para las dos dietas fueron valores más altos (Calvo *et al.* 2018). Bajo este contexto, se puede percibir que las hembras de *E. varians* alimentadas con la DA-primatone exhibieron una mayor capacidad reproductiva que los míridos depredadores *D. maroccanus* y *D. hesperus*.

Diversos autores han experimentado el efecto del alimento sobre el tiempo de desarrollo de los insectos (De Clercq y Degheele 1992; Iriarte y Castañé 2001; Calvo *et al.* 2018), en donde se deduce que la calidad nutricional del alimento es lo que marca la diferencia del efecto. El tiempo de desarrollo ninfal de *E. varians* fue más corto en individuos alimentados con la DA-primatone (18.44 ± 0.47 días) que en individuos alimentados con DA-hígado (22.75 ± 0.69 días) y DA-garbanzo (25.64 ± 0.47 días). Según Slansky y Rodríguez (1987), un incremento en la duración del tiempo de desarrollo ninfal en heterópteros puede indicar una inadecuada nutrición de ellos, lo que supondría que la DA-primatone (proteína hidrolizada) fue la mejor dieta en este estudio. Estudios anteriores sobre la biología de este depredador reportaron un tiempo de desarrollo entre 16.9 y 17.4 días cuando las ninfas de *E. varians* se alimentaron con ninfas de *B. cockerelli* + huevos de *S. cerealella* (Mena-Mociño 2016, Pineda *et al.* 2016). Por su parte, Dimas-Mora (2017) registró un tiempo de desarrollo ninfal de ~15 días cuando las hembras de este depredador

se alimentaron con huevos de *E. kuehniella* + solución azucarada al 5%. En *D. hesperus* también se observó que el tipo de alimento afectó significativamente el tiempo de desarrollo ninfal, en este caso cuando las ninfas se alimentaron con huevos de *E. kuehniella* o ninfas de *B. cockerelli* la duración del estado ninfal fue de ~19 y ~21 días, respectivamente (Calvo *et al.* 2018). Como se puede observar el tiempo de desarrollo ninfal de *E. varians* es más alto cuando se alimentan con dietas artificiales, sobre todo con la DA-hígado y la DA-garbanzo, que cuando se alimentan con dietas naturales o facticias. Este incremento en la duración del desarrollo ninfal con dieta artificiales también se pudo constatar en *D. tamaninii* (Iriarte y Castañé 2001) y *M. caliginosus* (Vandekerkhove *et al.* 2006), los cuales tuvieron el tiempo de desarrollo ninfal más alto cuando los individuos se alimentaron con dieta artificial que cuando se alimentaron con dieta natural (~23.7 vs. ~18.8 días y 23.4 vs. 17.8 días, respectivamente).

Finalmente, aunque la DA-primatone presentó los valores más altos en todos los parámetros biológicos y demográficos evaluados en este estudio, su uso como dieta principal para mantener la cría en laboratorio de *E. varians* aún debe tomarse con reserva. Primero, porque faltan evaluaciones de los mismos parámetros en generaciones posteriores que valoren si esta dieta artificial es capaz de mantener individuos vigorosos a través del tiempo, dado que las deficiencias nutricionales se podrían manifestar después de varias generaciones. Segundo, por la mortalidad alta encontrada en ninfas de la segunda generación en las tres dietas artificiales evaluadas (especialmente en ninfas alimentadas con la DA-hígado), es necesario conocer hasta que generación los individuos alimentados con DA-primatone tendrían menos mortalidad. Según Cohen (1992) es normal encontrar mortalidades altas en los depredadores cuando cambian su alimentación a una dieta artificial nueva o una presa nueva (efecto conocido como “cuello de botella” [bottleneck]), como ocurrió con *E. varians*. Al respecto, Iriarte y Castañé (2001) encontraron este efecto en *D. tamaninii*, cuya mortalidad mayor se presentó en las primeras dos generaciones cuando las ninfas se alimentaron con una dieta a base de hígado, pero en generaciones posteriores dichas mortalidades disminuyeron significativamente.

Sin duda, las dietas tienen un rol importante en las crías de enemigos naturales (Lundgren 2011), pero para decidir qué dieta utilizar hay que considerar que estas sean atractivas sensorialmente, cumplan con los requerimientos nutricionales en el desarrollo y

reproducción de estos insectos y que sean económicamente viables (Cohen 2005). En relación a la DA-primatone, esta se considera que fue la mejor dieta, pero tiene como limitante incluir los ingredientes más costosos (\$748.18/Kg de dieta), por lo que se sugiere que se puede hacer uso de esta bajo situaciones especiales, como cuando haya escasez de *B. cockerelli* (dieta natural) o *S. cerealella* (dieta facticia).

9. CONCLUSIONES

- Las tres dietas artificiales evaluadas permitieron el desarrollo y reproducción del depredador *E. varians*, lo que indica que se puede mantener la cría de *E. varians* con cualquiera de estas dietas, sin depender de *B. cockerelli* (dieta natural) o *S. cerealella* (dieta facticia).
- La DA-primatone registró los valores más elevados de los parámetros biológicos (fecundidad, longevidad y supervivencia) y demográficos (tasa intrínseca de crecimiento poblacional y tasa neta reproductiva), aunque dicha dieta incluyó los ingredientes más costosos.
- En las tres dietas evaluadas hubo mortalidad de ninfas de la segunda generación, pero con la DA-hígado fue más alta la mortalidad. El tiempo de desarrollo de las ninfas de la segunda generación de *E. varians* fue más corta en la DA-primatone que en DA-hígado o DA-garbanzo.

10. LITERATURA CITADA

- Agustí N. y R. Gabarra. 2008. **Efecto de la alimentación polífaga sobre la reproducción y otros parámetros biológicos de *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae).** *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*. 34: 247-256.
- Alarcón, M. S. 1993. **Impacto del manejo integrado de plagas en cultivos de tomate industrial en Sinaloa.** En: Resumen del Primer Congreso Internacional de Manejo de Plagas. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp. 18-35.
- Alonso-Valiente, M. 2014. **Desarrollo biológico e instalación del mírido depredador *Nesidiocoris tenuis* en el cultivo del tomate con quistes desencapsulados de *Artemia* sp. como alimento alternativo.** Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica de Valencia. 33 pp.
- Arce R. F. 2010. **Evaluación biológica de *Tupiocoris cucurbitaceus* (Hemiptera: Miridae) con miras a su uso como potencial agente de control biológico del complejo de moscas blancas presentes en cultivos hortícolas en la Argentina (*Trialeurodes vaporariorum* – *Bemisia tabaci*).** Informe de titulación. Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Arnó, J. y R. Gabarra. 2011. **Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae).** *Journal of Pest Science*. 84 (4): 513-520.
- Arnó, J., C. Castañé, J. Riudavets y R. Gabarra. 2010. **Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae).** *Bulletin of Entomological Research*. 100: 105- 115.
- Badii, M. H. Flores A. E. Quiroz H. Foroughbakhch R. y Torres R. 2000. **Manejo integral de plagas (MIP),** pp. 417-432. En: Badii, M. H., A. E. Flores, L. J. Galán W. (eds). **Fundamentos y perspectivas de control biológico.** Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. pp. 417-432.
- Bernal Ruiz C. R. 2011. **Manejo integrado de *Paratrioza (Bactericera) cockerelli*.** En: curso de plagas y enfermedades en hortalizas (memoria) SAGARPA. Sinaloa, México. 19-25.

<http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/874/Curso%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20hortalizas.pdf> (Ingresado en Abril de 2017).

- Bextine, B., A. Arp, E. Flores, E. Aguilar, L. Lastrea, F.S. Gomez-Powell, A. Rueda. 2013. **First report of zebra chip and ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ on potatoes in Nicaragua.** *Plant Disease*. 97 (8): 1109.
- Bravo, M. E., L. P. López. 2007. **Principales plagas del chile de agua en los valles centrales de Oaxaca.** *Agro produce*. Abril 2007. pp. 12-15.
- Bueno V. H. P., J. C. van Lenteren, J. C. Lins Jr, A. M. Calixto, F. C. Montes, D. B. Silva, L. D. Santiago y L. M. Pérez. 2013. **New records of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) predation by Brazilian Hemipteran predatory bugs.** *Journal of Applied Entomology*. 137: 29-37
- Bueno, V. H. y J. C. Van Lenteren. 2012. **Predatory bugs (Heteroptera).** In *Insect bioecology and nutrition for integrated pest management* (pp. 557-588). CRC Press.
- Bujanos M. R., J. A. Garzon y A. M. Jarillo. 2007. **Manejo integrado del pulgón saltador *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Psyllidae) en los cultivos de solanáceas en México.** En: Memoria técnica No. 23. Conferencias
- Bujanos, M. R. y C. Ramos. 2015. **El psílido de la papa y tomate *Bactericida* (=Paratrioza) *cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA.** Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. San Salvador, El Salvador.
- Bujanos, M. R., T. J. A. Garzón y J. A. Marin. 2005. **Manejo integrado del pulgón saltador *Bactericera* (=Paratrioza) *cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) en los cultivos de solanáceas en México.** En: Segunda Convención Mundial del Chile, Zacatecas, México. 93-98 pp.
- Butler D. C., T. J. Trumble. 2012. **The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies.** *Terrrestrial Arthropod Reviews*. 5: 87-111.
- Calvo, F. J., A. Torres, E. J. González, y M. B. Velázquez. 2018. **The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and**

- sweetpotato whitefly in tomato.** *Bulletin of entomological research.* 108(6), 765-772.
- Calvo, F. J., A. Torres, E. J. González, y M. B. Velázquez. 2018. **The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweetpotato whitefly in tomato.** *Bulletin of entomological research.* 108 (6): 765-772.
- Calvo, F. J., A. Torres-Ruiz, J. C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva y J. R. Lomeli-Flores. 2016. **Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweet potato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato.** *BioControl.* 61 (4): 415-424.
- Cassis G. y R. T. Schuh. 2012. **Systematics, biodiversity, biogeography, and host associations of the Miridae (Insecta: Hemiptera: Heteroptera: Cimicomorpha).** *Annual review of entomology.* 57: 377-404.
- Castañé, C. y R. Zapata. 2005. **Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat-based diet.** *Biological Control.* 34: 66-72.
- Castañé, C., J. Arnó, R. Gabarra y R. Alomar. 2011. **Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators.** *Biological Control.* 59 (1): 22–29.
- Castañé, C., O. Alomar, M. Goula y R. Gabarra. 2004. **Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*.** *Biological Control.* 30: 591-597.
- Castillo-Carrillo, C., Z. Fu y D. Burckhardt. 2019. **First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America.** *Bulletin of Insectology.* 72 (1): 85-91.
- Castineiras A. 1995. **Natural Enemies Of *Bemisia Tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae) In Cuba.** *Florida Entomologist.* 78 (3): 538-540.
- Caudillo, R. K. B. 2010. **Descripción morfológica, biología y susceptibilidad de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: triozidae), a diferentes insecticidas.** Tesis de Maestría. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 48 pp.

- Chérot, F. y D. L. Carpintero. 2016. **New and little-known miridae from French Guyana and neighbouring areas (Hemiptera: Heteroptera)**. *Entomologica Americana*. 122(1): 82-96.
- Cohen A. C. 1985. **Simple method for rearing the insect predator *Geocoris punctipes* (Heteroptera: Lygaeidae) on a meat diet**. *Journal of economic entomology*. 78(5): 1173-1175.
- Cohen, A. C. 1992. **Using a systematic approach to develop artificial diets for predators**. In “Advances in Insect Rearing for Research and Pest Management” (T. E. Anderson and N. C. Leppla, Eds.), pp. 77–91. Westview Press, New Delhi.
- Cohen, A. C. 2005. **Insect diets: science and technology**. CRC Press. Boca Raton, Florida. 312 p.
- Cortez M .E. 2011. **Capacitacion en el manejo y control de zebra chip (*Candidatus Liberibacter solanacearum*) y su vector el psilido de la papa *Bactericera cockerelli***. INIFAP-C.E Valle del fuerte Nicaragua.
- De Clercq, P. y D. Degheele. 1992. **A meat-based diet for rearing the predatory stinkbugs *Podisus maculiventris* and *Podisus sagitta* [Het.: Pentatomidae]**. *Entomophaga*. 37(1), 149-157.
- De Clercq, P., 2004. **Culture of natural enemies on factitious foods and artificial diets**. In: Capinera, J.L. (Ed.), *Encyclopedia of Entomology*, vol. I. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 650–652.
- Dimas-Mora D. T. 2017. **Influencia del alimento sobre las características biológicas del depredador *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae)**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 38 pp.
- Dougherty, E.C. 1959. **Introduction to axenic culture of invertebrate metazoan: a goal**. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 77 (1): 27–54.
- EPPO 2013. (EPPO Reporting service Pest & Diseases) **Data sheets on pests recommended for regulation fiches informatives sur les organismes recommandés pour réglementation ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’**. *Bulletin OEEP/EPPO*. 43 (2): 197-201.
- Esparza-Díaz, G. y R. T. Villanueva. 2014. **Actividad fitófaga de *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) en cultivos de jitomate en el sur de texas**. En: *Memorias*

- XXXVII Congreso Nacional de Control Biológico, Mérida, Yucatán, México. 247-252.
- Franco V. K. 2010. **Biología de la reproducción de los míritidos depredadores *Macrolophus pygmaeus* y *Nesidiocoris tenuis***. Tesis Doctoral. Facultad de biología, Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 132 pp.
- Garzón T. J. A. 2002. **Asociación de *Paratrioza cockerelli* Sulc. con enfermedades en papa (*Solanum tuberosum*) y tomate (*Lycopersicon lycopersicum* Mil. Ex. Fawnl) en México**. En: Memoria del Taller sobre *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa, México. 79–87.
- Garzón T. J. A. 2005. **La paratrioza o pulgón saltador del tomate y la papa**. Boletín técnico. Bayer de México, S. A. de C.V. México, Distrito Federal.
- Garzón T. J. A., O. G. Cárdenas, R. Bujanos, A. Marín, A. Becerra, S. Velarde, C. Reyes, M. González y J. L. Martínez. 2009. **Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad “Permanente del tomate” en México**. *Agricultura Técnica en México*. 35 (1): 58-69.
- Goula M. y O. Alomar. 1994. **Míritidos (Heteroptera Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guía para su identificación**. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*. 20: 131-143.
- Grenier, S., De Clercq, P. 2003. **Comparison of artificially vs. Naturally reared natural enemies and their potential for use in biological control**. In: Van Lenteren, J.C. (Ed.), *Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures*. Wallingford, CAB International, pp. 115–131.
- Hansen A. K., J. T. Trumble, R. Stouthamer, T. D. Paine. 2008. **A new Huanglongbing species, "*Candidatus Liberibacter psyllaourous*", found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericerca cockerelli* (Sulc)**. *Applied and Environmental Microbiology*. 74 (18): 5862 - 5865.
- Hernández L. M. y T. J. Henry. 2010. **The plant bugs, or Miridae (Hemiptera: Heteroptera) of Cuba**. Pensoft Series Faunistica No. 92, Sofia and Moscow. pp. 212.
- Hernández Q. O. 2015. **Capacidad de consumo del depredador *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae) sobre dos especies de nóctuidos de importancia**

- agrícola**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 41 pp.
- Illingworth, J. F. 1937. **Observations on the predaceous habits of *Cyrtopeltis varians* (Dist.) (Hemiptera)**. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*. 9: 448-449.
- Iriarte, J. y C. Castañé. 2001. **Artificial rearing of *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on a meat-based diet**. *Biological Control*. 22: 98-102.
- Lacey, L. A., F. De La Rosa, y D. R. Horton. 2009. **Insecticidal activity of entomopathogenic fungi (Hypocreales) for potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae): development of bioassay techniques, effect of fungal species and stage of the psyllid**. *Biocontrol Science and Technology*. 19 (9): 957-970.
- Lacey, L. A., T. X. Liu, J. L. Buchman, J. E. Munyaneza, J. A. Goolsby y D. R. Horton. 2011. **Entomopathogenic fungi (Hypocreales) for control of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in an area endemic for zebra chip disease of potato**. *Biological Control*. 56: 271-278.
- Liefting L.W., P.W. Southerland, L.I. Ward, K.L. Paice, B.S. Weir, G.R.G. Clover. 2009. **A new "*Candidatus Liberibacter*" species associated with diseases of solanaceous crops**. *Plant Disease*. 93 (3): 208 - 214.
- Lin H., H. Doddapaneni, J. E. Munyaneza, E. L. Civerolo, V. G. Sengoda, J. L. Buchman, D. C. Stenger. 2009. **Molecular characterization and phylogenetic analysis of 16S rRNA from a new "*Candidatus Liberibacter*" strain associated with Zebra Chip disease of potato (*Solanum tuberosum* L.) and the potato psyllid (*Bactericera cockerelli* Sulc)**. *Journal of Plant Pathology*. 91 (1): 215 - 219.
- Liu D. y J. T. Trumble. 2006. **Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato-potato psyllid (*Bactericera cockerelli* Sulc) on selected tomato accessions**. *Bulletin of Entomological Research*. 96 (2): 197-204.
- Liu D., J. Trumble y R. Stouthamer. 2006. **La diferenciación genética entre orientales poblaciones y las últimas presentaciones de psílido papa (*Bactericera cockerelli*) en el oeste de América del Norte**. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 118: 177-183.

- Lundgren, J. G. 2011. **Reproductive ecology of predaceous Heteroptera.** *Biological Control*. 59(1), 37-52.
- Maia, A. D. H. N., A. J. B. Luiz y C. Campanhola. 2000. **Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects.** *Journal of Economic Entomology*. 93(2): 511-518.
- Marín J. A., M. R. Bujanos y S. F Delgadillo. 2009. **Psiloideos y cicadelidos en el cultivo de la papa en el bajío, Guanajuato, México.** *Agricultura Técnica en México*. 35: 117-123.
- Martínez A. M., M. Baena, J. I. Figueroa, P. Del Estal, M. Medina, E. Guzmán Lara y S. Pineda. 2014. **Primer registro de *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en México y su depredación sobre *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae): una revisión de su distribución y hábitos.** *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie). 30 (3): 617-624.
- Medina P. M. 2014. **Identificación y biología de *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae): depredación sobre el psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* sulc. (Hemiptera: Triozidae).** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 66 pp.
- Mejía, C. G. M., A. G. Menjivar y E. G. Núñez. 2008. **Evaluación de hongos entomopatógenos como biocontroladores de *Bactericera* (Paratrioza) *cockerelli* (Homoptera: Psyllidae: Triozidae) en papa (*Solanum tuberosum*) a nivel de laboratorio.** Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. 98 pp.
- Mena-Mociño L. V. 2016. **Características biológicas y reproductivas de *Engytatus varians* (Distant) y *Dicyphus maroccanus* Wagner (Hemiptera: Miridae), depredadores zoofitófagos de plagas de solanáceas.** Tesis de maestría. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 74 pp.
- Mena-Mociño L. V., A. M. Martínez, S. Pineda, A. L. Escalante, B. Gómez y J. I. Figueroa. 2015. **Preferencia de depredación de *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae)**

- Dist.) sobre el psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* (Sulc.).** *Boletín sociedad Mexicana de Entomología* (Nueva serie). Número especial 1 (1): 42-46.
- Munyanza J. E., J. M. Crosslin, I. M. Lee. 2007b. **"Phytoplasma diseases and insect vectors in potatoes of the pacific northwest of the United States"**. *Bulletin of Insectology*. 60 (2):181-182.
- Munyanza J. E., J. M. Crosslin y J. E. Upton. 2007a. **Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United State and Mexico.** *Journal Economic Entomology*. 100 (3): 656-663.
- Munyanza, J. E. 2012. **Zebra chip disease of potato: Biology, Epidemiology and Management.** *American Journal Potato Research* 89: 329-350.
- Munyanza, J. E., V. G. Sengoda, E. Aguilar, B. Bextine, K. F. McCue. 2015. **First report of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' associated with psyllid-infested tobacco in Nicaragua.** *Plant Disease*. 97 (9): 1244-1245.
- Palma-Castillo, L. J. 2016. **Efecto de tres dietas alimenticias sobre los parámetros biológicos y demográficos de *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae).** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 37 pp.
- Palma-Castillo, L. J., L. V. Mena-Mociño, A. M. Martínez, S. Pineda, B. Gómez-Ramos, L. M. Chavarrieta-Yáñez, y J. I. Figueroa. 2019. **Diet and growth parameters of the zoophytophagous predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae).** *Biocontrol Science and Technology*, 1-11.
- Pérez H. M. y A. Urbaneja. 2014. **Prospects for predatory mirid bugs as biocontrol agents of aphids in sweet peppers.** *Journal of Pest Science*. 88 (1): 65-73.
- Pérez-Aguilar, D. A., A. M. Martínez, E. Viñuela, J. I. Figueroa, B. Gómez, S. I. Morales, A. Tapia y S. Pineda. 2019. **Impact of the zoophytophagous predator *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae) on *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trioziidae) control.** *Biological Control*. 132: 29-35.
- Pérez-Aguilar, D. A., M. A. Soares, L. C. Passos, A. M. Martínez, S. Pineda, y G. A. Carvalho. 2018. **Lethal and sublethal effects of insecticides on *Engytatus varians***

- (Heteroptera: Miridae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae).** *Ecotoxicology*. 27 (6): 719-728.
- Pineda, S., M. Medina, J. I. Figueroa, T. J. Henry, L. V. Mena-Mociño, J. M. Chavarrieta, B. Gómez, J. M. Valdez, P. Lobit y A. M. Martínez. 2016. **Life history, diagnosis, and biological aspects of *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae), a predator of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae).** *Biocontrol Science and Technology*. 26 (8): 1073-1086.
- Ramírez C. A. y C. C. Llanderal. 2013. **Fecundidad potencial de *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) bajo condiciones de invernadero.** *Revista Colombiana de Entomología*. 39 (1): 170-173.
- Ramírez G. M., E. Santamaría, J. S. Méndez, J. L. Ríos, J. R. Hernández y J. G. Pedro. 2008. **Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratriozia (*Bactericera cockerelli* B. y L.) (Homoptera: Triozidae) en el cultivo de chile jalapeño.** *Revista Chapingo Zonas Áridas*. 76: 47-56.
- Rodríguez H. C. 1996. **Extensión y capacitación en el uso de plaguicidas botánicos.** En: Memoria del I taller Latinoamericano sobre bio-plaguicidas. El Zamorano, Honduras. 1-6.
- Rojas-Rojas P. 2010. **Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae).** Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 48 pp.
- Rosewall, O. W. y C. E. Smith. 1930. **The predaceous of *Cyrtopeltis varians* (Dist.).** *Journal of Economic Entomology*. 23: 464.
- Rubio-Covarrubias, O. A., I. H. Almeyda-León, M. A. Cadena-Hinojosa y R. Lobato-Sánchez. 2011. **Relación entre *Bactericera cockerelli* y presencia de *Candidatus Liberibacter psyllaourous* en lotes Comerciales de papa.** *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2 (1): 17-28.
- Salas-Marina M. A. 2006. **Eficiencia de insectos vectores en la transmisión de fitoplasma de la punta morada de la papa.** Tesis de Maestría. Ingeniería de Sistemas Agrícolas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 49 pp.

- Sánchez, C., J. R. Gallego, M. Gamez, y T. Cabello. 2014. **Intensive biological control in Spanish greenhouses: problems of the success.** *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* 8 (10): 1123-1127.
- Schuh R. T. 1995. **Plant bugs of the world (Insecta: Heteroptera: Miridae). Systematic catalog, distributions, host list, and bibliography.** *New York Entomological Society.* New York. 1329.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. **“Cierre de la producción agrícola por estados cíclicos y perennes “Modalidad riego + temporal”.** Disponible: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (Consultado mayo 2019)
- Slansky, F. y J. G. Rodriguez. (1987). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates: An overview.** pp. 1-69. En: J. Wiley. *Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates.* New York.
- Sulc K. 1909. ***Trioza cockerelli*. A novelty from North America, being also of economic importance.** *Acta Societatis Entomologicae Bohemiae.* 6: 102-108.
- Tamayo-Mejía, F., P. Tamez-Guerra, A. W. Guzmán-Franco, y R. Gomez-Flores. 2015. **Can *Beauveria bassiana* Bals.(Vuill)(Ascomycetes: Hypocreales) and *Tamarixia triozae* (Burks)(Hymenoptera: Eulophidae) be used together for improved biological control of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)?.** *Biological Control.* 90: 42-48.
- Teresani, G., E. Hernández, E. Bertolini, F. Silverio, C. Marroquín, J. Molina, A. Hermoso de Mendoza y M. Cambra. 2015. **Search for potential vectors of *Candidatus Liberibacter solanacearum*: population dynamics in host crops.** *Spanish Journal of Agricultural Research.* 13 (1): e 10.002
- Teulon, D. A. J., P. J. Workman, K. L. Thomas, M. C. Nielsen. 2009. ***Bactericera cockerelli*: Incursion, dispersal and current distribution on vegetable crops in New Zealand.** *New Zealand Plant Protection.* 62: 136-144.
- Thompson, S. N. 1999. **Nutrition and culture of entomophagous insects.** *Annual Review of Entomology.* 44 (1): 561-592.

- Urbaneja A., J. L. Ripollés, R. Abad, J. Calvo, P. Vanaclocha, D. Tortosa, J. A. Jacas y P. Castañera. 2005a. **Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España.** *Boletín Sanidad Vegetal Plagas.* 31 (2): 209-224.
- Urbaneja, A., G. Tapia y P.A. Stansly. 2005b. **Influence of host plant and prey availability in the developmental time and survival of *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae).** *Biocontrol Science and Technology.* 15 (5): 513-518.
- Urbaneja-Bernat, P., M. Alonso, A. Tena, K. Bolckmans y A. Urbaneja. 2013. **Sugar as nutritional supplement for the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*.** *BioControl.* 58 (1): 57-64.
- Urbaneja-Bernat, P., O. Mollá, M. Alonso, K. Bolckmans, A. Urbaneja Y A. Tena. 2015. **Sugars as complementary alternative food for the establishment of *Nesidiocoris tenuis* in greenhouse tomato.** *Journal of Applied Entomology.* 139 (3). 161-167.
- Van Lenteren, J. C., J. Bale, F. Bigler, H. M. T. Hokkanen y A. J. M. Loomans. 2006. **Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests.** *Annual Review of Entomology.* 51: 609-634.
- Vandekerkhove, B., E. Van Baal, K. Bolckmans, P. De Clercq. 2006. **Effect of diet and mating status on ovarian development and oviposition in the polyphagous predator *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae).** *Biological control.* 39 (3): 532-538.
- Vargas, M. H. 2010. **Morfometría y tabla de vida de *Bactericera cockerelli* (Sulc) en dos variedades de jitomate en invernadero.** Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 123 pp.
- Vega-Gutiérrez M. T., J.C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez, R. Bujanos-Muñiz, D. Mota-Sánchez, J.L. Martínez-Carrillo, A. Lagunes-Tejeda y J.A. Garzón-Tiznado. 2008. **Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del Salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae).** *Agrociencia.* 42: 463-471.
- Velázquez R. Y. B. 2015. **Capacidad de consumo de *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Miridae) sobre el psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae), y determinación de la progenie del depredador.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 48 pp.

- Villegas-Rodríguez, F., J. Marín-Sánchez, P. Delgado-Sánchez, J. A. Torres-Castillo y O. G. Alvarado-Gómez. 2014. **Management of *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae) in Greenhouses with Entomopathogenic Fungi (Hypocreales).** *Southwestern entomologist*. 39 (3): 613-624.
- Walker, P. W., G. R. Allen, R. S. Tegg, L. R. White, C. R. Wilson. 2015. **The tomato potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc, 1909) (Hemiptera: Triozidae): a review of the threat of the psyllid to Australian solanaceous crop industries and surveillance for incursions in potato crops.** *Austral Entomology*. 54 (3): 339-349.