



## Discrimination of the parasitoid *Jaliscoa hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae) on a natural host and a factitious one

### Discriminación del parasitoide *Jaliscoa hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre un huésped natural y uno facticio

Nadia S. Gómez-Domínguez<sup>1</sup>; Liliana Cardoso-Aguilar<sup>2</sup>;  
J. Refugio Lomeli-Flores<sup>1</sup>; Esteban Rodríguez-Leyva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, km 36.5, carretera México- Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola, km 38.5, carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230

\*Corresponding author: [jrlomelif@hotmail.com](mailto:jrlomelif@hotmail.com)

#### Abstract

Mass rearing of beneficial organisms on the natural host is usually very expensive. For this reason, easier hosts to cultivate are sought for reducing production costs; however, they may lose their effectiveness in the field. Therefore, the objective of this study was to compare the discrimination capacity of the *Jaliscoa hunteri* parasitoid (Hymenoptera: Pteromalidae) on its natural host (*Anthonomus eugenii* Cano) or a factitious one (*Callosobruchus maculatus* Fabricius). Essays were carried out in artificial oviposition units in the laboratory by using wild females of *J. hunteri* collected in field and females from a colony of 13 generations raised on a factitious host. The origin of the females used in the research did not affect the oviposition preference and the feeding on the host; however, wild and laboratory females preferred the natural host over the factitious one.

**Keywords:** Pepper weevil, parasitic wasp, oviposition, biological control.

#### Resumen

La cría masiva de organismos benéficos sobre el huésped natural suele ser muy costosa. Por lo tanto, huéspedes más fáciles de cultivar se buscan para reducir los costos de producción; sin embargo, ellos pueden perder su efectividad en campo. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue comparar la capacidad de discriminación del parasitoide *Jaliscoa hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre su huésped natural (*Anthonomus eugenii* Cano) o uno facticio (*Callosobruchus maculatus* Fabricius). Los ensayos se realizaron en unidades de ovoposición artificiales utilizando hembras colectadas en campo y hembras obtenidas de una colonia que tenían 13 generaciones, criadas sobre un huésped facticio. La procedencia de las hembras utilizadas en la investigación no afectó la preferencia de ovoposición y la alimentación sobre el huésped; sin embargo, las hembras silvestres y de laboratorio prefirieron más al huésped natural que al facticio.

**Palabras clave:** Picudo del chile, avispa parasítica, ovoposición, control biológico



## Introduction

The mass production of beneficial organisms frequently faces the dilemma of producing organisms on their natural host, although it is expensive, or using a factitious host with the risk of losing efficiency in the field. Previous studies have assessed the preference of parasitoids on different host species and they have mainly focused on determining the range of hosts and which of them is the best option for mass production, as well as on improving the rearing processes and the efficient use of biological and economic resources for their commercial development (Fedde, Fedde, & Drooz, 1982; Grenier, 2009; Leplla, 2014).

*Jaliscoa hunteri* (Crawford) is a solitary, synovigenic and generalist ectoparasitoid that attacks 17 species of Curculionidae and two of Bruchidae (Chesnut & Cross, 1971). Among its hosts of agricultural importance, there is the pepper weevil (*Anthonomus eugeni* Cano). Several studies highlight that, due to its biology and behavior, this parasitoid has potential as a biological control agent of that pest (Murillo-Hernández, García-Martínez, Rodríguez-Leyva, & Lomeli-Flores, 2019; Rodríguez-Leyva, Leyva, Gómez, Bárcenas, & Elzen, 2000; Rodríguez-Leyva, Stansly, Schuster, & Bravo-Mosqueda, 2007; Schuster, 2007).

Among the hosts *J. hunteri* attacks, there are some larvae of bean weevil of stored grains. This favored the development of their pups in the laboratory on the factitious host *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Reyes-Rosas, Loera-Gallardo, & López-Arroyo, 2010; Rodríguez-Leyva, Gómez-Tovar, Bárcenas Ortega, & Leyva-Vázquez, 2002; Vásquez, Dean, Schuster, & Van Etten, 2005). However, laboratory studies have showed that rearing continues from the parasitoids on alternative hosts for several generations, it can favor the loss of some desirable characteristics that wild or raised insects keep on their natural host (Joyce et al., 2010; Iqbal et al., 2019; Martínez, 1994; Morales-Ramos, Rojas, & Shapiro-Ilan., 2013). Therefore, the aim of this study was to determine if the *J. hunteri* parasitoid loses its ability to discriminate among its natural host and a factitious host, after being raised in the laboratory for thirteen generations.

## Materials and methods

This study was carried out in the Biological Control Laboratory of the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México. The laboratory colony of *J. hunteri* used in the research, was obtained from a raised population on the factitious host *C. maculatus*, under controlled conditions (25 °C, 60 % RH, 12:12 L:O), in accordance with the method of Rodríguez Leyva, E., et al. (2002) and Vásquez, E., et al. (2005). The wild parasitoid population was obtained from the pepper fruit infected by *A. eugeni* in a natural way, in

## Introducción

La producción masiva de organismos benéficos frecuentemente se enfrenta a la disyuntiva de producir organismos sobre su huésped natural, aunque sea costoso, o utilizar un huésped facticio con el riesgo de perder eficiencia en campo. Estudios previos han evaluado la preferencia de los parasitoides sobre diferentes especies de huéspedes y se han enfocado principalmente a determinar el rango de huéspedes y cuál de ellos es el mejor candidato para la producción masiva, así como a mejorar los procesos de cría y aprovechar eficientemente los recursos biológicos y económicos para su desarrollo comercial (Fedde, Fedde, & Drooz, 1982; Grenier, 2009; Leplla, 2014).

*Jaliscoa hunteri* (Crawford) es un ectoparasitoide solitario, sinovigénico y generalista que ataca a 17 especies de Curculionidae y dos de Bruchidae (Chesnut & Cross, 1971); entre sus huéspedes de importancia agrícola se encuentra el picudo del chile (*Anthonomus eugeni* Cano). Diversos estudios destacan que, por su biología y comportamiento, este parasitoide tiene potencial como agente de control biológico de esa plaga (Murillo-Hernández, García-Martínez, Rodríguez-Leyva, & Lomeli-Flores, 2019; Rodríguez-Leyva, Leyva, Gómez, Bárcenas, & Elzen, 2000; Rodríguez-Leyva, Stansly, Schuster, & Bravo-Mosqueda, 2007; Schuster, 2007).

Entre los huéspedes que *J. hunteri* ataca, se encuentran algunas larvas de brúquidos de granos almacenados. Ello propició el desarrollo de su cría en laboratorio sobre el huésped facticio *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Reyes-Rosas, Loera-Gallardo, & López-Arroyo, 2010; Rodríguez-Leyva, Gómez-Tovar, Bárcenas Ortega, & Leyva-Vázquez, 2002; Vásquez, Dean, Schuster, & Van Etten, 2005). No obstante, estudios de laboratorio han demostrado que la crianza continua de los parasitoides en huéspedes alternativos por varias generaciones, puede inducir la pérdida de algunas características deseables que mantienen los insectos silvestres o criados sobre su hospedante natural (Joyce et al., 2010; Iqbal et al., 2019; Martínez, 1994; Morales-Ramos, Rojas, & Shapiro-Ilan., 2013). Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue determinar si el parasitoide *J. hunteri* pierde su capacidad de discriminar entre su huésped natural y un huésped facticio, después de criarse en laboratorio por trece generaciones.

## Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México. La colonia de laboratorio de *J. hunteri* utilizada en la investigación se obtuvo de una población criada en el huésped facticio *C. maculatus*, en condiciones controladas (25 °C, 60 % HR, 12:12 L:O), de acuerdo con el método de Rodríguez

San Miguel Tolimán, Querétaro, México, in June 2019 (20° 45' LN; 99° 47' LW, 1 600 meters above sea level). Those fruits were collected on paper bags and placed in a cooler for transport to the laboratory. Once in the laboratory, they were placed in a breeding cage to wait for the emergence of weevils or parasitoids.

The female parasitoid, both wild and the laboratory one used in tests, were twelve days old. When they became adults, females fed on a water and honey solution (1:1), which was replaced each 48 hours; the tenth day they were confined with males (2 males per each female) during a period of 48 h in order to assure the copulation. Each female was considered as a repetition and there were seven repetitions per each treatment, which are described below.

The experiment was carried out with females from two origins: wild (from the field and emerged from the natural host *A. eugenii*); and from the laboratory, raised during 13 successive generations in the factitious host *C. maculatus*. Females were individually placed on an observation arena, which consisted of a Petri dish (10 x 10 x 2.5 cm) with four artificial oviposition devices (Parafilm bubbles), similar to those describe by Rodríguez-Leyva, E., et al. (2000). Two of the four devices had two larvae at 3rd instar of *A. eugenii* (natural host), these were selected based on the characteristics described by Torres-Ruíz & Rodríguez-Leyva (2012); on the other two remaining devices, two larvae of the fictitious host susceptible to parasitism (4th instar of *C. maculatus*) were placed. In this way, the experiment consisted of four treatments by taking into account the two origins of the females and the two types of hosts (natural and factitious).

Females individually stay in a Petri dish for 30 minutes (11:30 to 12:00 h), during this period, the parasitoid shows a greater activity (unpublished data). At the end of the set time, females were removed and the oviposition devices were observed with a Ve-Lab® stereomicroscope version VE-S6 in order to record the number of bites and eggs in each device.

The experiment was developed in pairs of treatments distributed completely at random. With the aim of comparing the parasitism and feed capacity on the host of wild and cultured in the laboratory females, the oviposition data and the total number of bites per repetition were initially analyzed with a Student's t-test, without considering the host offered. Subsequently, in order to determine if there was a difference in the parasitic and feed (bites) activity between wild or laboratory females on one of the two types of hosts offered, a factorial analysis of variance and a mean comparison test (Tukey  $\alpha = 0.05$ ) were carried out by using the program Statistix® software version 8.1 (2006).

Leyva, E., et al. (2002) y Vásquez, E., et al. (2005). La población de parasitoides silvestre se obtuvo de frutos de chile infestado de manera natural por *A. eugenii*, en San Miguel Tolimán, Querétaro, México, en junio de 2019 (20° 45' LN; 99° 47' LW, 1 600 msnm). Los frutos fueron recolectados en bolsas de papel y colocados en una hielera para su transporte al laboratorio. Una vez en el laboratorio se colocaron en jaulas de cría para esperar la emergencia de los picudos o los parasitoides.

Las hembras del parasitoide, tanto silvestres como de laboratorio, utilizadas en los ensayos, tuvieron doce días de edad. Al emerger como adultos, las hembras se alimentaron con una solución de agua y miel (1:1), la cual era reemplazada cada 48 horas; el décimo día fueron confinadas con machos (2 machos por cada hembra) por un periodo de 48 h para asegurar la copula. Cada hembra se consideró como una repetición y se tuvieron siete repeticiones por cada tratamiento, los cuales se describen enseguida.

El experimento se realizó con hembras de dos orígenes: silvestres (provenientes de campo y emergidas del huésped natural *A. eugenii*); y de laboratorio, criadas por 13 generaciones sucesivas en el huésped facticio *C. maculatus*. Las hembras se colocaron individualmente en una arena de observación, la cual consistió en una caja Petri (10 x 10 x 2.5 cm) con cuatro dispositivos artificiales de ovoposición (burbujas de Parafilm), similares a los descritos por Rodríguez-Leyva, E., et al. (2000). Dos de los cuatro dispositivos contenían dos larvas de 3er instar de *A. eugenii* (huésped natural), las cuales fueron seleccionadas con base en las características descritas por Torres-Ruíz & Rodríguez-Leyva (2012); en los otros dos dispositivos restantes se colocaron dos larvas del huésped facticio susceptibles a parasitación (4to instar de *C. maculatus*). De esta manera, el experimento constó de cuatro tratamientos considerando los dos orígenes de las hembras y los dos tipos de huésped (natural y facticio).

Las hembras de manera individual permanecieron dentro de cada caja Petri durante 30 min (11:30 a 12:00 h), periodo en que el parasitoide presenta la mayor actividad (datos sin publicar). Al finalizar el tiempo establecido se retiraron las hembras y los dispositivos de ovoposición se revisaron con un estereomicroscopio Ve-Lab® modelo VE-S6 para registrar el número de picaduras y el número de huevos en cada dispositivo.

El experimento se realizó por pares de tratamientos distribuidos completamente al azar. Para comparar la capacidad de parasitación y alimentación sobre el huésped, por hembras silvestres y cultivadas en laboratorio, los datos de ovoposición y número de picaduras totales por repetición se analizaron inicialmente con una prueba de t de Student, sin considerar el hospedero ofrecido. Posteriormente,

## Results and discussion

When checking each experimental arena and without taking into account the type of host, females of *J. hunteri* regardless of their origin, wild or from laboratory, perform the same average number of bites on the parafilm bubbles to feed ( $t=0.84$ ,  $P=0.43$ ) during the exposure time. There were also no differences in the number of eggs deposited on the host ( $t=1.69$ ,  $P=0.14$ ); wild females and those from the laboratory deposited an average of  $6.4 \pm 0.5$  y  $8.1 \pm 0.8$  eggs·female<sup>-1</sup> in each experimental arena, respectively. On the other side, when considering the results including the origin factors of the female and the type of host, the oviposition preference of *J. hunteri* was influenced by the type of host (natural or factitious), but not due to the origin of the females (field and laboratory); this was observed for both, the number of bites and the number of eggs. Devices containing the natural host (*A. eugenii*), showed a greater number of bites in both types of females [field ( $15.6 \pm 1.2$ ) and laboratory ( $14.7 \pm 1.1$ )] compared with those containing the factitious host (*C. maculatus*), [ $F_{3, 24} = 22.27$ ;  $P < 0.001$ ] (Figure 1A). This suggests that the origin of females proved to be a non-determining factor for the preference of the parasitoid, but the type of host was. Devices with the factitious host showed half of the bites than those found in the devices with the natural host.

The oviposition preference of *J. hunteri* depended on the type of host and not on the origin of the females [ $F_{3, 24} = 29.07$ ;  $P < 0.001$ ]. Both, females from the field and those from the laboratory recorded a highest average number of eggs in the devices that offered the natural host *A. eugenii*. i.e.  $5.1 \pm 0.5$  and  $4.9 \pm 0.8$  eggs per female, respectively. On the contrary, the devices with larvae of *C. maculatus* correspond to the smallest number of oviposition; laboratory females deposited  $3.0 \pm 0.2$  eggs and those from the field  $1.6 \pm 0.4$  (Figure 1B). For this variable, it was observed that larvae of *A. eugenii* (natural host) were preferred in comparison with the larvae of the factitious host *C. maculatus* [ $F_{1, 27} = 5.15$ ;  $P = 0.033$ ]. In the arenas with field females, the 70 % of oviposition was in the devices with natural host, while the laboratory females oviposited almost 50% on each type of host, natural or factitious (Figure 1B).

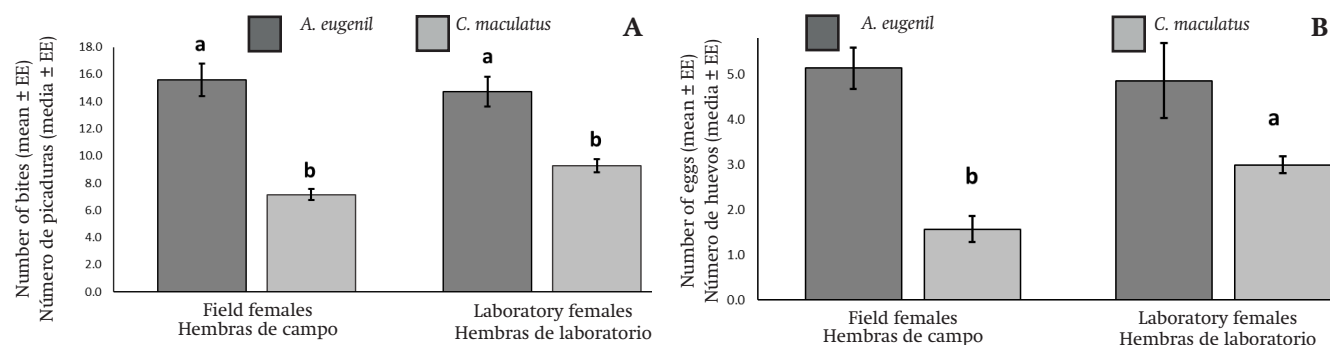
The results of this study allow to suggest that the production quality of *J. hunteri* raised for thirteen generations on a factitious host, has not been lost, although it has been pointed out that, in the mass production of natural enemies in laboratory, certain parameters are desirable to achieve a greater success when they are freed in the field. Among them, their search capacity and their discrimination of the host are highlighted (Grenier & De Clercq, 2003). In this study, it was found that field and laboratory females of *J. hunteri* showed a greater preference for eating and

para determinar si existió diferencia en la actividad parasítica y de alimentación (picaduras) entre hembras silvestres o de laboratorio sobre alguno de los dos tipos de huésped ofrecidos, se realizó un análisis de varianza factorial y una prueba de comparación de medias (Tukey  $\alpha = 0.05$ ) utilizando el programa Statistix® software versión 8.1 (2006).

## Resultados y discusión

Al revisar cada una de las arenas experimentales y sin considerar el tipo de huésped, las hembras de *J. hunteri* independientemente de su procedencia, silvestres o de laboratorio, realizaron durante el tiempo de exposición el mismo número promedio de picaduras sobre las burbujas de parafilm para alimentarse ( $t=0.84$ ,  $P=0.43$ ). Tampoco hubo diferencias en el número de huevos depositados sobre el huésped ( $t=1.69$ ,  $P=0.14$ ); las hembras silvestres y de laboratorio depositaron un promedio de  $6.4 \pm 0.5$  y  $8.1 \pm 0.8$  huevos·hembra<sup>-1</sup> en cada arena experimental, respectivamente. Por otro lado, al considerar los resultados incluyendo los factores origen de la hembra y tipo de hospedero, la preferencia de ovoposición de *J. hunteri* estuvo influenciada por el tipo de huésped (natural o facticio), pero no por la procedencia de las hembras (campo y laboratorio); esto se observó tanto para el número de picaduras como para el número de huevos. Los dispositivos que contenían el huésped natural (*A. eugenii*), presentaron el número mayor de picaduras en ambos tipos de hembras [campo ( $15.6 \pm 1.2$ ) y laboratorio ( $14.7 \pm 1.1$ )] en comparación con los que contenían al huésped facticio (*C. maculatus*), [ $F_{3, 24} = 22.27$ ;  $P < 0.001$ ] (Figura 1A). Esto sugiere que el origen de las hembras resultó ser un factor no determinante en la preferencia del parasitoida, pero sí el tipo de huésped; los dispositivos con el huésped facticio presentaron la mitad de las picaduras que las encontradas en los dispositivos con el huésped natural.

La preferencia de ovoposición de *J. hunteri* dependió del tipo de hospedero y no del origen de las hembras [ $F_{3, 24} = 29.07$ ;  $P < 0.001$ ]. Tanto las hembras provenientes de campo como las de laboratorio registraron un número promedio mayor de huevos en los dispositivos que ofrecieron el huésped natural *A. eugenii*. i.e.  $5.1 \pm 0.5$  y  $4.9 \pm 0.8$  huevos por hembra, respectivamente. Por el contrario, a los dispositivos con larvas de *C. maculatus* corresponden los números menores de ovoposturas; las hembras de laboratorio depositaron  $3.0 \pm 0.2$  huevos y las de campo  $1.6 \pm 0.4$  (Figura 1B). Para esta variable se observó que las larvas de *A. eugenii* (huésped natural) fueron más preferidas que las larvas del huésped facticio *C. maculatus* [ $F_{1, 27} = 5.15$ ;  $P = 0.033$ ]; en las arenas con hembras de campo, el 70 % de las ovoposturas estuvieron sobre los dispositivos con huésped natural, mientras que las de laboratorio ovopositaron casi el 50 % en cada tipo de huésped, natural o facticio



**Figure 1. Means ( $\pm$  ES) of (A) Number of bites per Parafilm capsule (or bubble), and (B) Number of eggs deposited by *Jaliscoa hunterii* depending on the type of host, natural (*Anthonomus eugenii*) or factitious (*Callosobruchus maculatus*) (Tukey,  $P < 0.05$ ).**

**Figura 1. Medias ( $\pm$  ES) del (A) Número de picaduras por cápsula (o burbujas) de Parafilm, y (B) Número de huevos depositados por *Jaliscoa hunterii* dependiendo del tipo de huésped, natural (*Anthonomus eugenii*) o facticio (*Callosobruchus maculatus*) (Tukey,  $P < 0.05$ ).**

reproducing on their natural host, *A. eugenii*, although the laboratory colony came from a population raised during 13 generations on a factitious host. Significantly, the type of host was a factor that influenced this discrimination. Reyes-Rosas, et al. (2010) pointed out that during the mass production of parasitoids *Jaliscoa grandis* Burks and *J. hunterii* to control the boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman), the preference for the natural host (*A. grandis*) was unaffected despite having been reproduced for more than 10 generations on an alternative host.

Results suggest that the preference of the natural host for both types of females of *J. hunterii* could be related to the host size. In this case, the larvae of *A. eugenii* sized between 5 and 6 mm long, while the larvae of *C. maculatus* showed a shorter length (from 2.5 to 3.0 mm). The preference for large females was also documented in the generalist parasitoid of fruit flies, *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead); this species, even after being massively raised for over 156 generations, was able to discriminate and prefer large hosts (Ovruski, Bezdjian, Van Nieuwenhove, Albornoz-Medina, & Schliserman, 2011). Likewise, Krimmel and Morse (2019) indicated that the choice in size of the host is a critical factor for the success of the parasitoids of hidden hosts, as in the case of *J. hunterii*. The information obtained in this study showed that the semi-massive raising of this parasitoid in the laboratory, developed on a factitious host during 13 generations, did not affect the election and preference for its natural host. However, this type of studies shall be reproduced at least once a year for mass raisings, in order to assure the quality of the organisms freed in field.

## Conclusions

Wild females of *J. hunterii*, coming from their natural host and raised in the laboratory for at least 13 generations on a factitious host, maintained a basic discrimination

(Figura 1B).

Los resultados del presente trabajo permiten sugerir que no se ha perdido calidad en la producción de *J. hunterii* criados por 13 generaciones en un huésped facticio, aunque se ha señalado que, en la producción masiva de enemigos naturales en laboratorio, ciertos parámetros son deseables para lograr un mayor éxito cuando sean liberados en campo. Entre ellos destacan su capacidad de búsqueda y la discriminación del huésped (Grenier & De Clercq, 2003). En este trabajo se encontró que las hembras de campo y laboratorio de *J. hunterii* mostraron una preferencia mayor por alimentarse y reproducirse en su huésped natural, *A. eugenii*, a pesar de que la colonia de laboratorio provino de una población criada durante 13 generaciones en un huésped facticio. Notablemente, el tipo de huésped fue un factor que influyó en esta discriminación. Reyes-Rosas, et al. (2010) señalaron que durante la producción masiva de los parasitoides *Jaliscoa grandis* Burks y *J. hunterii* para el control del picudo del algodón (Anthonomus grandis Boheman), la preferencia por el huésped natural (*A. grandis*) resultó no afectada a pesar de haber sido reproducidos por más de 10 generaciones en un huésped alternativo.

Los resultados sugieren que la preferencia del huésped natural por ambos tipos de hembras de *J. hunterii* podría estar relacionada con el tamaño del huésped. En este caso, las larvas de *A. eugenii* midieron entre 5 y 6 mm de largo, mientras que las larvas de *C. maculatus* presentaron una longitud menor (entre 2.5 a 3.0 mm). La preferencia por hembras grandes también se documentó en el parasitoide generalista de moscas de la fruta, *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead); esta especie, aun después de criarse masivamente por más de 156 generaciones, fue capaz de discriminar y preferir hospederos grandes (Ovruski, Bezdjian, Van Nieuwenhove, Albornoz-Medina, & Schliserman, 2011). Asimismo, Krimmel y Morse (2019) indicaron que la elección del tamaño del huésped es un factor crítico

and preference behavior on the natural host. This trend could be associated with the natural host size (larva of the pepper weevil) because it represents more resources than the factitious host for the development of its progeny.

### Acknowledgements

The first author thanks the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for the full scholarship to support the doctoral studies and the program to stimulate research, technological development and innovation, modality INNOVAPYME-CONACYT, project No. 154411 assigned to Koppert México S.A. de C.V.

### End of English version

### References / Referencias

- Chesnut, T. L., & Cross, W. H. (1971). Arthropod parasites of the boll weevil, *Anthonomus grandis*: 2. Comparisons of their importance in the United States over a period of thirty-eight years. *Annals of the Entomological Society of America*, 64(3), 549–557. <https://doi.org/10.1093/aesa/64.3.549>
- Fedde, V. H., Fedde, G. F., & Drooz, A. T. (1982). Factitious hosts in insect parasitoid rearings. *Entomophaga*, 27(4), 379–386. <https://doi.org/10.1007/BF02372060>
- Grenier, S. (2009). *In vitro* rearing of entomophagous insects—past and future trends: a minireview. *Bull. Insectol*, 62, 1–6. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.543.8180&rep=rep1&type=pdf>
- Grenier, S., & De Clercq, P. (2003). Comparison of artificially vs. naturally reared natural enemies and their potential for use in biological control. In *Quality control and production of biological control agents* (pp. 115–131), CABI Publishing. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/1854/LU-209013>
- Iqbal, A., Chen, Y. M., Hou, Y. Y., Zhang, L., Desneux, N., & Zang, L. S. (2019). Factitious host species impact on the outcome of multiparasitism between egg parasitoids. *Journal of Pest Science*, 92(3), 1261–1269. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-019-01122-8#article-info>
- Joyce, A. L., Aluja, M., Sivinski, J., Vinson, S. B., Ramírez-Romero, R., Guillen, L. (2010). Effect of continuous rearing on courtship acoustics of five braconid parasitoids, candidates for augmentative biological control of *Anastrepha* species. *BioControl*, 55(5), 573–582. <https://doi.org/10.1007/s10526-010-9321-y>
- Krimmel, B. A., & Morse, D. H. (2019). Host-size decisions of female parasitoid wasps seeking hidden hosts. *Ecological Entomology*, 44(4), 552–559. <https://doi.org/10.1111/een.12733>
- Leppla, N. C. (2014). Concepts and methods of quality assurance for mass-reared parasitoids and predators. en el éxito de los parasitoides de huéspedes ocultos, como es el caso de *J. hunteri*. La información obtenida en este trabajo demostró que la cría semimasiva en laboratorio de este parasitoides, desarrollado en un huésped facticio durante 13 generaciones, no afectó la elección y preferencia por su huésped natural; sin embargo, este tipo de estudios debe repetirse al menos una vez al año en crías masivas para asegurar la calidad de los organismos que se liberen en campo.

### Conclusiones

Las hembras de *J. hunteri* silvestres, provenientes de su huésped natural y criadas en laboratorio por al menos 13 generaciones en un huésped facticio, mantuvieron un comportamiento básico de discriminación y preferencia sobre el huésped natural. Esta tendencia podría estar asociada al tamaño del huésped natural (larva del picudo del chile) porque representa más recursos que el huésped facticio para el desarrollo de su progenie.

### Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca completa para apoyar los estudios de doctorado y al programa de estímulo a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación, modalidad INNOVAPYME-CONACYT, proyecto No. 154411 asignado a Koppert México S.A. de C.V.

### Fin de la versión en español

In *Mass Production of Beneficial Organisms* (pp. 277–317). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00009-1>

Martínez, M. L. (1994). El control de calidad en la cría de insectos. In M. N. Bautista, C. G. Vejar & S. J. Carrillo (Eds.), *Técnicas para la cría de insectos* (pp. 25–37). Montecillo, Texcoco, Estado de México. Colegio de Postgraduados.

Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., & Shapiro-Ilan, D. I. (Eds.). (2013). *Mass production of beneficial organisms: invertebrates and entomopathogens*. Academic Press.

Murillo-Hernández, J. E., García-Martínez, Y., Rodríguez-Leyva, E., & Lomeli-Flores, J. R. (2019). Host Feeding by *Jaliscoa hunteri* on Immature Stages of Pepper Weevil2. *Southwestern Entomologist*, 44(3), 775–778. <https://doi.org/10.3958/059.044.0323>

Ovruski, S. M., Bezdjian, L. P., Van Nieuwenhove, G. A., Albornoz-Medina, P., & Schliserman, P. (2011). Host preference by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 94(2), 195–200. <https://doi.org/10.1653/024.094.0211>

- Reyes-Rosas, M. A., Loera-Gallardo, J., & López-Arroyo, J. I. (2010). Modificación al proceso de producción masiva de los parasitoides *Catolaccus grandis* y *Catolaccus hunteri*. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 95–101. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000100010](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100010)
- Rodríguez-Leyva, E., Leyva, J. L., Gómez, V., Bárcenas, N. M., & Elzen, G. W. (2000). Biology of *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of pepper weevil and boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93(4), 862–868. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[0862:BOCHHP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[0862:BOCHHP]2.0.CO;2)
- Rodríguez Leyva, E., Gómez Tovar, V., Bárcenas Ortega, N. M., & Leyva Vázquez, J. L. (2002). Efecto de diferentes factores sobre la cría de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) para la producción de *Catolaccus* spp. (Hymenoptera: Pteromalidae). *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, (86), 87–101. <https://www.redalyc.org/pdf/575/57508605.pdf>
- Rodríguez-Leyva, E., Stansly, P. A., Schuster, D. J., & Bravo-Mosqueda, E. (2007). Diversity and distribution of parasitoids of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) from Mexico and prospects for biological control. *Florida Entomologist*, 90(4), 693–703. [http://dx.doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[693:DAD OPO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[693:DAD OPO]2.0.CO;2)
- Schuster, D. J. (2007). Suppression of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) pepper fruit infestation with releases of *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Biocontrol Science and Technology*, 17(4), 345–351. <https://doi.org/10.1080/09583150701211970>
- Statistix (2006). Statistix analytical software. Barland. International Inc. Tallase, Florida USA
- Torres-Ruíz, A., & Rodríguez-Leyva, E. (2012). Guía para el manejo integrado de plagas del pimiento bajo invernadero, con énfasis en el picudo del chile. *Koppert México SA de CV*. 48p. DOI:10.13140/RG.2.1.2688.4009
- Vásquez, E., Dean, D., Schuster, D., & Van Etten, P. (2005). A laboratory method for rearing *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*, 88(2), 191–194. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2005\)088\[0191:ALMFRC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)088[0191:ALMFRC]2.0.CO;2)