



## Biología y performance del predador *Hippodamia convergens*, alimentado con pulgones de col *Brevicoryne brassicae*, *Myzaphis rosarum* y *Myzus persicae*

Biology and performance of the predator *Hippodamia convergens*, reared on cabbage aphids *Brevicoryne brassicae*, *Myzaphis rosarum* and *Myzus persicae*

Amador Valverde Cadillo<sup>1,\*</sup>; Neryling Valverde Apfata<sup>2</sup>; Roberto Solano Porras<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú-Huancayo. Av. Mariscal Castilla 3909 – Ciudad Universitaria, Huancayo, Perú.

<sup>2</sup> Compañía Minera Chungar SAC, Cerro de Pasco, Perú.

ORCID de los autores

A. Valverde Cadillo: <https://orcid.org/0000-0001-6009-9821>

N. Valverde Apfata: <https://orcid.org/0000-0002-0252-3548>

R. Solano Porras: <https://orcid.org/0000-0001-9627-8338>

### RESUMEN

El pulgón *Brevicoryne brassicae* es plaga de importancia en varias plantas de la familia Brassicaceae a nivel mundial. En el valle del Mantaro-Perú, causa pérdidas económicas en cultivos de col y brócoli. *Myzus persicae* es como la plaga más importante en cultivo de papa. *Myzaphis rosarum* coloniza rosales y árboles tanto silvestres como cultivados. Los agricultores para controlarlo utilizan insecticidas químicos tóxicos que generan problemas para la salud. Ante este problema, el biocontrol es un componente importante de la producción sostenible para controlar plagas. *Hippodamia convergens* es predador de pulgones, por lo que es necesario conocer su biología y predación en sus diferentes presas. El objetivo fue determinar la duración de los estados de desarrollo, longevidad, fecundidad y performance del predador *H. convergens* criado con pulgón de col *B. brassicae*, *Myzaphis rosarum* y *Myzus persicae*. Se aplicó el diseño completamente al azar, con 10 repeticiones y tres tratamientos o especies de pulgones. La especie de pulgón utilizado como alimentación del predador influyó en la duración del desarrollo preimaginal y adulto. El desarrollo huevo-adulto fue más prolongado con 34,1 días con *B. brassicae* y más corto con *M. rosarum* y *M. persicae* con 22,8 y 22,5 días respectivamente. Los glucosinolatos de la col absorbidos por *B. brassicae* afectaron en forma negativa la tasa de crecimiento, desarrollo, ganancia de peso, supervivencia, fecundidad y capacidad de predación de *H. convergens*.

**Palabras clave:** *Brevicoryne brassicae*; *Hippodamia convergens*; predador; biología; control biológico.

### ABSTRACT

The *Brevicoryne brassicae* aphid is an important pest of several plants of the Brassicaceae family worldwide. In the Mantaro Valley-Peru, it causes economic losses in cabbage and broccoli crops. *Myzus persicae* is the most important pest in potato cultivation. *Myzaphis rosarum* colonizes both wild and cultivated rose bushes and trees. To control it, farmers use toxic chemical insecticides that cause health problems. Faced with this problem, biocontrol is an important component of sustainable production to control pests. *Hippodamia convergens* is a predator of aphids, so it is necessary to know its biology and predation in its different prey. The objective was to determine the duration of the development stages, longevity, fecundity and performance of the predator *H. convergens* reared with cabbage aphids *B. brassicae*, *Myzaphis rosarum* and *Myzus persicae*. The completely randomized design was used, with 10 repetitions and three treatments or species of aphids. The aphid species used as food for the predator influenced the duration of preimaginal and adult development. Egg-adult development was longer with 34.1 days with *B. brassicae* and shorter with *M. rosarum* and *M. persicae* with 22.8 and 22.5 days respectively. Cabbage glucosinolates absorbed by *B. brassicae* negatively affected the growth rate, development, weight gain, survival, fecundity and predation capacity of *H. convergens*.

**Keywords:** *Brevicoryne brassicae*; *Hippodamia convergens*; predator; biology; biologic control.

## 1. Introducción

El pulgón *Brevicoryne brassicae* es la plaga más importante de col a nivel mundial (Fidelis et al., 2018). En el valle del Mantaro Perú causa pérdidas económicas en col, brócoli y coliflor. Para su control los agricultores utilizan insecticidas químicos muy tóxicos que produce efectos colaterales negativos para el medioambiente y la salud humana. Estos hechos desconocen los agricultores y utilizan insecticidas tradicionales para el control de los pulgones (Cevallos et al., 2021; Gajger & Dar, 2021). Ante esta problemática el control biológico es un componente importante (Perez-Alvarez & Poveda (2019) y evitar las desventajas de los insecticidas químicos (Michaud, 2018; Mendoza, 2020). Los Coccinélidos constituyen uno de los agentes más eficientes de control biológico de plagas (Jessie et al., 2019; Matos & Andrade, 2020). *H. convergens* es un predador especializado de pulgones (Stowe et al., 2021) conocido como mariquita (Omkar & Pervez, 2016). Tanto en estado adulto y larval es un predador económicamente importante, se alimenta de una variedad de presas (Grenier et al., 2019; Mercer et al., 2020) y también se puede utilizar para controlar plagas en invernadero (Riddick, 2017). En el Perú se encuentra en diversos agro ecosistemas y es de importancia (Bustamante-Navarrete, 2020), se alimenta de varias especies de pulgones (Abbas et al., 2020), mosca blanca, chinches, cochinillas y ácaros de plantas (Mendoza, 2020).

La duración de los estados de desarrollo y predación varían con los factores ambientales y biológicos. Rashed (2020) investigó algunos parámetros biológicos de *H. convergens* alimentados con *Aphis craccivora* a  $25 \pm 2$  °C., el periodo larval y pupal fueron 4,48; 9,25 y 4,39 días, respectivamente. Delgado-Ramírez et al. (2019) evaluaron la tasa de consumo de larvas y adultos de *H. convergens* a diferentes densidades de pulgones *Melanaphis sacchari* en 24 h; la tasa de consumo a diferentes densidades no mostró diferencias. Milléo et al. (2019) estudiaron la respuesta predadora de *H. convergens* a diferentes densidades de *B. brassicae*; el consumo de pulgones aumentó con el intercambio de instares larvales.

Jackson (2016) reporta que algunas cepas de *Aphis craccivora* son tóxicas para *Harmonia axyridis*; los adultos ovopositaron menor cantidad de huevos con pulgones tóxicos que con no tóxicos. En un experimento realizado por Jackson

et al. (2017), *H. convergens* tuvo una supervivencia baja al consumir cepa tóxica de *A. craccivora*. Los pulgones *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae* demostraron preferencia alimenticia a las diferentes estructuras de la planta, atribuible a la concentración de Glucosinolatos (GLS) y cada especie tuvo diferentes mecanismos de tolerar la química defensiva de las plantas. Cuando *H. convergens* se alimentó de pulgones criados en estructuras de canola con concentraciones bajas de GLS el desarrollo fue más rápido que cuando se alimentaron de pulgones con mayor GLS (Cibils-Stewart et al., 2018). Los simbioses facultativos no esenciales de los pulgones les proporcionan protección contra parasitoides, patógenos y depredadores (Kovacs et al., 2017).

Los depredadores tienen preferencia por una determinada presa. Navarrete (2016) reporta que *H. convergens* demostró idoneidad por el pulgón *Uroleucon ambrosiae* para su crianza, otros utilizan una combinación de dietas para equilibrar su ingesta de macro y micronutrientes (Ugine et al., 2021). Hinkelman & Tenhumberg (2013) examinaron el efecto del pulgón de baja calidad, *Aphis fabae* y de alta calidad *Acyrtosiphon pisum* sobre el comportamiento larvario de *H. convergens*; la proporción de larvas que sobrevivieron hasta la etapa adulta fue menor con la dieta *A. fabae*. Abbas et al. (2020) evaluaron el desarrollo y fecundidad de *Cheilomenes sexmaculata* en cuatro especies de pulgones: *L. erysimi*, *M. persicae*, *Aphis nerii* y *Diuraphis noxia* a  $25 \pm 2$  °C, el desarrollo larvario fue más prolongado cuando se alimentó con *M. persicae* y más corto con *D. noxia*. Arshad et al. (2020) estudiaron el efecto de pulgones *Lipaphis erysimi* y *Aphis gossypii* en algunos parámetros demográficos de *H. convergens*; con *L. erysimi* como presa las etapas de desarrollo fueron más cortas.

El estudio de la biología del predador en diferentes especies de presas ayuda a utilizar el controlado biológico de forma adecuada en el control de plagas (Rejan et al., 2018). Pero la información sobre *H. convergens* es limitada para realizar incremento artificial con fines de liberación en campo, por lo que se realizó esta investigación con el objetivo de determinar la duración de los estados de desarrollo, longevidad, capacidad de ovoposición y potencial de predación de larvas y adultos *H. convergens* criados con los pulgones *B. brassicae*, *Myzaphis rosarum* y *Myzus persicae* en condiciones de laboratorio.

## 2. Material y métodos

### Lugar de ejecución

El experimento se realizó de noviembre 2020 a marzo 2021 en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro del Perú, El Mantaro-Jauja (12° 03'19 "S, 75° 16 '33" W), a una altitud de 3320 msnm, con una temperatura media anual de 13,0 °C. y una precipitación que alcanzó 13 mm en marzo.

### Materiales

Los materiales biológicos en estudio fueron el predador *Hippodamia convergens* y sus presas el pulgón de la col (*Brevicoryne brassicae*), pulgón del quinal (*Myzaphis rosarum*) y pulgón de la rosa (*Myzus persicae*). Los pulgones de la col se obtuvieron de una crianza sobre su hospedero col. Mientras que los pulgones de quinal (*Polylepis* sp.) y rosa (*Rosa* sp.) se colectaron directamente de sus hospedantes.

### Crianza de *Brevicoryne brassicae*

Se inició con la siembra de col en una bandeja almaciguera. A los 30 días de siembra se realizó el trasplante en 20 maceteros de material plástico de dos litros de capacidad. Cuando las plántulas tenían 50 días se realizó la infestación con pulgones *B. brassicae*, colectados de yuyo (*Brassica rapa* subsp. *Oleifera*) conjuntamente con las ramas y acondicionados en tapers para ser llevados al sitio de crianza. Porciones de ramillas con pulgones se colocaron sobre las plantas de col, los que se establecieron y multiplicaron satisfactoriamente para ser utilizados como presa de *H. convergens*.

### Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar, con 10 repeticiones y tres tratamientos como presa: pulgones de col, quinal y rosa. La unidad experimental estuvo conformada por una larva o un adulto de *H. convergens* confinado en una placa Petri de nueve centímetros de diámetro. La variable independiente estuvo constituida por las tres especies de pulgones como presa; en tanto que la variable dependiente por la duración de los estados e instares de desarrollo de *H. convergens*, número de pulgones predados tanto por larvas como adultos, peso de pupas, longevidad y número de huevos por hembra.

### Biología de *H. convergens*

Periodo de incubación. El estudio se inició con una postura de más de 60 huevos de una misma hembra y de un mismo día de ovoposición

colectada en un campo de alfalfa. Para determinar este periodo, la postura se acondicionó en una placa Petri de 9 cm de diámetro, en cuyo interior se colocó una porción de algodón humedecido para proporcionar la humedad necesaria. En estas condiciones permanecieron los huevos hasta la eclosión, observándose diariamente y registrándose el periodo de incubación.

Periodo larval. Inmediatamente después de la emergencia las larvas fueron individualizadas y confinadas en tres grupos de 10 placas Petri o repeticiones para ser alimentadas con pulgones de las tres especies en estudio. Previamente se colocó en el interior de cada uno de los tres grupos de placas una hoja infestada con pulgones de col, quinal o rosa de acuerdo a los tratamientos, como presa para la alimentación de las larvas de *H. convergens*. La cantidad de pulgones de col, quinal y rosa suministrado a cada larva fue de 50 para los dos primeros estadios y 100 pulgones para los dos últimos estadios por cada 24 horas. Los peciolos de las hojas con pulgones fueron envueltos con algodón humedecido para mantener la turgencia de las hojas y los pulgones no sufran estrés. Las observaciones de las larvas se realizaron todos los días y a la misma hora, con especial interés en detectar la presencia de exuvias como única evidencia de la ocurrencia de una muda, lo cual permitió determinar el número de instares y la duración de los mismos. Seguidamente se cambió la hoja con los pulgones a la densidad correspondiente.

Periodo de pupa. Para determinar la duración de este periodo, las pupas se acondicionaron individualmente en placas Petri limpias con una porción de algodón humedecido. Las observaciones se realizaron diariamente hasta que el insecto alcanzó el estado adulto.

Desarrollo adulto y longevidad. Cuando los insectos alcanzaron el estado adulto fueron sexados y confinados en parejas de hembra y macho en placas Petri. Se tuvo tres grupos, uno para cada uno de los tratamientos con cinco parejas o repeticiones, en las que previamente se colocó una hoja de col, quinal o rosa infestada con 100 pulgones acondicionados en forma similar que en el caso de larvas. Las observaciones y cambio de hojas con pulgones se realizaron diariamente hasta que los insectos murieron al culminar su longevidad. En esta determinación se registró el periodo de madurez sexual, pre ovoposición, ovoposición y longevidad de adultos.

Fecundidad. Se determinó en las mismas hembras utilizadas en los estudios de longevidad; la cual tuvo como base los adultos provenientes de la crianza individual. Para el caso de no poder completar las cinco parejas de hembra y macho para las repeticiones, se condujo paralelamente tres pequeñas crianzas masales del predador alimentados con pulgones de acuerdo a los tratamientos. La hoja infestada con pulgones para la alimentación de los adultos sirvió como sustrato de ovoposición. Las observaciones para detectar posturas fueron diarias, contabilizándose el número y registrándose la cantidad de huevos por hembra. Los huevos se colectaron y acondicionarán en placas Petri para determinar la viabilidad de los mismos.

Potencial de predación de *H. convergens*. Para determinar el potencial de depredación tanto de larvas como de adultos, se utilizó los mismos individuos de la determinación del ciclo biológico; de manera que se tuvo 10 repeticiones para larvas y cinco parejas para adultos. La cantidad de pulgones para la predación fue la misma que se utilizó en el periodo larval y longevidad. Los pulgones utilizados como presa fueron ninfas de último estadio o adultas no grávidas. Las observaciones se realizaron cada 24 horas y se contabilizó el número de pulgones presentes en la placa y por diferencia se determinó el número de pulgones predados por día.

Comportamiento. El estudio de comportamiento se realizó en los mismos individuos de la determinación de la biología del insecto y fue complementada con observaciones de campo en lugares aledaños al experimento.

Análisis estadístico. Para determinar la significación de las variables dependientes se realizó el análisis de varianza utilizando el software SAS v 9,4 y para la comparación de medias la prueba de Tukey ( $p < 0,01$ )

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Biología

##### Desarrollo inmaduro

También llamado desarrollo preimaginal, en un insecto de metamorfosis completa como *Hippodamia convergens* comprende los estados de huevo, larva y pupa. El periodo de incubación de la única postura de huevos con que se dio inicio el estudio para evaluar tres especies de pulgones en la biología de *H. convergens* fue de 7 días. De esta manera las larvas de cada una de las tres crianzas del predador con diferentes especies de pulgones como presa fueron hermanos, esto se

realizó con el propósito de reducir la variabilidad genética (Alvarado-Canche et al., 2019). En la Tabla 1 de análisis de varianza se observa que el efecto de las especies de pulgones utilizado como presa en la alimentación del predador es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), de modo que se rechaza la hipótesis nula en que las medias de las tres poblaciones alimentadas con diferentes presas son iguales y se acepta la alternativa admitiendo que hay suficiente evidencia estadística para afirmar que el efecto medio de las diferentes especies de pulgones utilizados en la crianza de *H. convergens* produjeron diferentes efectos en la duración del periodo larval, pupal y ciclo de desarrollo huevo-adulto. Los coeficientes de variabilidad registrados para los tres parámetros en estudio son relativamente muy bajos, lo que nos indica una homogeneidad de las unidades experimentales utilizadas.

**Tabla 1**

Cuadrado medio del análisis de varianza y significación para duración en días de estados de *Hippodamia convergens* en tres especies de pulgones

Fuentes de variación	G.L.	Estados inmaduros		
		Larva	Pupa	Huevo-adulto
Pulgones	2	437,2**	48,1**	756,40**
Error	27	1,2	1,6	1,46
Total	29			
	CV	4,1%	13,8%	2,8%

\*\* Altamente significativo.

En base a las diferencias significativas del análisis de varianza se procedió a realizar la prueba de comparación de medias que se muestra en la Tabla 2, en donde se comparan la duración de cada uno de los parámetros de desarrollo con las tres especies de pulgones. El periodo larval de *H. convergens* pasando por cuatro instares o estadios fue más corto cuando tuvo como presa pulgones *Myzus persicae* y *Myzaphis rosarum*, cuya diferencia no es significativa entre estas especies; mientras que fue más prolongada cuando tuvo como presa pulgones *Brevicoryne brassicae*, cuya diferencia con las dos especies anteriores es altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Por lo que el pulgón de la col fue de baja calidad o no idóneo para el predador; esto en razón de que las plantas de la familia Brassicaceae como la col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) contienen glucosinolatos que son compuestos naturales del metabolismo secundario que al hidrolizarse dan lugar isotiocianatos que son moléculas activas y constituyen la defensa activa de la planta hacia

plagas y enfermedades (Chaplin-Kramer et al., 2011; Sun et al., 2020). Pero los pulgones de la col retienen los glucosinolatos de la planta y lo almacenan en su hemolinfa para utilizarlo en su propia defensa, evitando sus efectos tóxicos al producir su propia enzima mirosinasa que al combinarse con los glucosinolatos libera isotiocianatos de alilo que no solo disuaden a sus predadores sino que los dañan (Bridges et al., 2002; Hopkins et al., 2009). El periodo de pupa, también fue más corto cuando el predador se alimentó en su estado larval con los pulgones *M. persicae* y *M. rosarum*; mientras que fue más prolongado con pulgones *B. brassicae*, siendo significativa la diferencia con las dos especies anteriores. Este hecho también demuestra que el pulgón de la col es presa de mala calidad para la crianza de *H. convergens*, lo que dificulta el desarrollo pupal del predador. En cuanto a la duración del ciclo huevo-adulto o desarrollo preimaginal, igualmente fue más corto con los pulgones *M. persicae* y *M. rosarum*; en tanto que con el pulgón de la col fue más prolongado, con una diferencia de más de dos semanas con las otras especies que se utilizaron como alimento del predador. De los resultados obtenidos podemos afirmar que, aunque *H. convergens* es capaz de completar su ciclo y llegar a estado adulto con el pulgón de la col, ya que no se observó muerte de ninguno de los predadores en estudio, las sustancias tóxicas que retienen los pulgones reducen el crecimiento, desarrollo y la supervivencia de larvas, lo que coincide con lo manifestado por Jessie et al. (2015) y Jackson et al. (2017). Aunque *H. convergens* es un predador generalista o polífago, bajo condiciones de campo no es frecuente observar devorando pulgones sobre campos de col, lo que sugiere que no tiene preferencia por *B. brassicae*.

**Tabla 2**

Promedios y significación para duración en días de los estados inmaduros de *Hippodamia convergens* criados con tres especies de pulgones

Especies de pulgones	Estados inmaduros*		
	Larva	Pupa	Huevo-adulto
<i>Brevicoryne brassicae</i>	34,1 a	11,6 a	52,7 a
<i>Myzaphis rosarum</i>	22,8 b	8,4 b	38,5 b
<i>Myzus persicae</i>	22,5 b	7,4 b	36,9 b

\*Promedios con una misma letra no son significativos.

### Peso de pupas

Con respecto a la variable peso de pupas, la Tabla 3 de análisis de varianza muestra una alta significación, lo que quiere decir que hay

suficiente evidencia estadística para afirmar que el efecto medio de las tres especies de pulgones como presa produjeron diferente ganancia de peso a nivel de pupa de *H. convergens*.

**Tabla 3**

Cuadrado medio del análisis de varianza y significación para peso de pupas en mg y predación de *Hippodamia convergens* con tres especies de pulgones

Fuentes de variación	GL	Peso de pupas	Nº de pulgones predatados	
			Larva	adulto
Pulgones	2	192,8**	17896**	7380673**
Error	27	2,5	111	203276
Total	29			
	CV	8,36%	4,80%	12,76%

En la Tabla 4 se observa el peso promedio de pupas del predador en miligramos, la menor ganancia de peso se registró con la presa *B. brassicae* y la mayor con los pulgones *M. persicae* y *M. rosarum*. Esto también es explicable por los glucosinolatos (GLS) de la col que capta el pulgón para producir mirosinasa y utilizarlo en su propia defensa ante el predador (Sun et al., 2020), por lo que el desarrollo y peso del predador estará en función de la concentración de GLS (Cibils-Stewart et al., 2018).

**Tabla 4**

Promedios y significación para el peso de pupas en mg y predación de *Hippodamia convergens* criados con tres especies de pulgones

Especies de pulgones	Peso de pupas*	Nº de pulgones predados*	
		Larva	Adulto
<i>Brevicoryne brassicae</i>	14,04 a	171,5 a	2130,4 a
<i>Myzaphis rosarum</i>	21,39 b	249,3 b	4294,4 b
<i>Myzus persicae</i>	21,88 b	239,2 b	4169,6 b

\*Promedios con una misma letra no son significativos.

### Desarrollo adulto, longevidad y fecundidad

Después que el insecto alcance el estado adulto aún no es sexualmente maduro, en ellos la actividad espontánea, la velocidad de movimiento y la tasa metabólica es reducido (Arnold et al., 2016) y en *H. convergens* como vírgenes muestran una baja actividad de vuelo (Abdel-Wahab et al., 2017). En el presente estudio, como se puede observar en la Tabla 5 de análisis de varianza no hubo diferencias estadísticas en la madurez sexual del predador criado con tres especies diferentes de pulgones. Después de la cópula hasta el inicio de la ovoposición transcurrió un periodo denominado pre ovoposición que en este estudio para las presas *B. brassicae*, *M.*

*rosarum* y *M. persicae* fueron de 5,4; 5,0 y 4,6 días respectivamente, cuya diferencia no es significativa.

El siguiente parámetro dentro del estado adulto es la ovoposición y se refiere a la puesta de los huevos en un lugar adecuado para el desarrollo de las larvas. En el análisis de varianza para el periodo de ovoposición (Tabla 5), el efecto de las diferentes especies de pulgones utilizados como presa en la alimentación cuando larva y adulto del predador es altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Lo que indica el efecto de las especies de pulgones en la duración del periodo de ovoposición; por lo que se realizó prueba de comparación de medias para ver las especies de pulgones que difieren (Tabla 6).

**Tabla 5**

Cuadrado medio del análisis de varianza y significación para determinaciones del adulto de *Hippodamia convergens* con tres especies de pulgones

Fuentes de variación	GL	Determinaciones de adulto hembra		
		Madurez sexual	Ovo-posición	Fecundidad
Pulgones	2	1,40 ns	450**	7380673**
Error	12	0,47	7	203276
Total	14			
	CV	9,52%	8,84%	1,75%

**Tabla 6**

Promedios y significación para madurez sexual y ovoposición en días y fecundidad en número de huevos de *Hippodamia convergens* con tres especies de pulgones

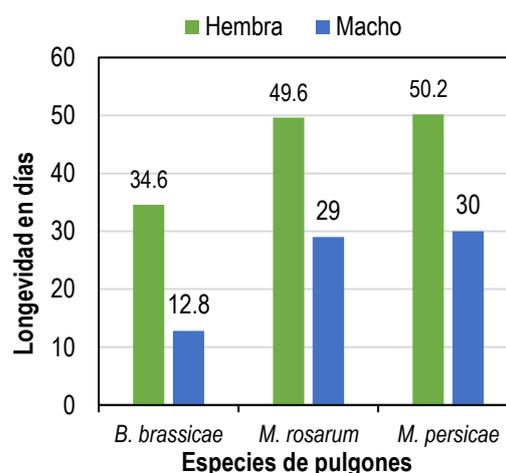
Especies de pulgones	Determinaciones de adulto hembra*		
	Madurez sexual	Ovo-posición	Fecundidad
<i>Brevicoryne brassicae</i>	7,8 a	19,8 a	257,6 a
<i>Myzaphis rosarum</i>	7,0 a	35,8 b	324,4 b
<i>Myzus persicae</i>	6,8 a	36,0 b	321,8 b

\*Promedios con una misma letra no son significativos.

El periodo de ovoposición fue más corto cuando *H. convergens* se alimentó con pulgones *B. brassicae*; mientras que más prolongado con las especies *M. rosarum* y *M. persicae*. La diferencia entre estas dos especies no es significativa, pero en relación al pulgón de la col fue altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Lo cual se explica por la toxicidad de los pulgones de la col que los hace no idóneos para el predador (Cibils-Stewart et al., 2018); tal como reporta también Jackson et al. (2017), que *H. convergens* demostró una

supervivencia baja al consumir cepa tóxica de *A. craccivora*.

La longevidad o vida del insecto adulto, también fue influenciada por las especies de pulgones utilizado como alimento y por el sexo. Como se puede ver en la Figura 1, la longevidad del predador alimentado con pulgones *B. brassicae* fue más corta; mientras que más prolongado con pulgones *M. rosarum* y *M. persicae*. La diferencia estadística entre estas dos especies no fue significativa, pero si con *B. brassicae*. En relación al sexo, las hembras resultaron ser más longevas que los machos.



**Figura 1.** Influencia de las especies de pulgones como alimento en la longevidad de *Hippodamia convergens* (C.V. hembras = 6,79% y C.V. machos = 16,30%).

La fecundidad expresada en número de huevos por hembra, como se muestra en la Tabla 5 de análisis de varianza es altamente significativa ( $p < 0,01$ ), lo que quiere decir que las especies de pulgones utilizados en la alimentación de *H. convergens* tuvieron efecto de en su fecundidad. Por lo que se realizó la prueba de medias (Tabla 6). La fecundidad fue menor cuando el predador se alimentó con pulgones *B. brassicae*; por el contrario, fue mayor con pulgones *M. rosarum* y *M. persicae*, por lo que de acuerdo al criterio de Abbas et al. (2020) se concluye que fueron las presas más adecuadas. La diferencia entre estas dos especies no fue significativa; en tanto que con el pulgón de la col fueron altamente significativas. La fecundidad promedio para las tres especies de pulgones utilizados como presa de 10,60 huevos por hembra y por día es ligeramente menor a lo reportado por Mallma & Eraso (2015) de 13,73 huevos con *Aphis gossypii*. La especie de pulgones utilizado en la alimentación del predador no tuvo influencia en la relación de sexos, en promedio se registró una proporción de sexos

macho hembra de 1:1,2. Igualmente, las especies de pulgones utilizados como alimento no afectaron la fertilidad de los huevos que en general fue de 96%, lo que es ligeramente menor a lo registrado por otros autores y se explica por el efecto de consanguinidad (Charlesworth & Willis, 2009), ya que el estudio se inició con huevos de una misma hembra.

### 3.2 Potencial de predación

En la Tabla 3 se presenta el análisis de varianza para la predación tanto de larvas como de adultos. Para los dos parámetros el efecto de las tres especies de pulgones utilizado como presa en la alimentación del *H. convergens* es altamente significativo ( $p < 0,01$ ), lo que indica que los efectos medios de las tres especies de pulgones produjeron diferente tasa de consumo por el predador tanto en estado de larva como adulto, por lo que se realizó la prueba de medias. Las larvas predataron menor cantidad de pulgones de la col *B. brassicae* y mayor cantidad de pulgones de las especies *M. persicae* y *M. rosarum*. La diferencia entre estas dos especies no es significativa, pero si son altamente significativas con el resultado obtenido con el pulgón de la col (Tabla 4). En esta misma tabla se muestra la predación de adultos, donde igualmente se observa que la menor cantidad de pulgones predatados corresponde a pulgón de la col *B. brassicae* y la mayor a *M. persicae* y *M. rosarum*, cuya diferencia de estas dos especies con el pulgón de la col es altamente significativa. Esto es explicable como se mencionó anteriormente por que el pulgón de la col retiene los glucosinolatos de su hospedero para utilizarlos en su propia defensa (Chaplin-Kramer et al., 2011; Sun et al., 2020), de manera que los pulgones tóxicos son menos apetecibles para *H. convergens*.

### 3.3 Comportamiento

*H. convergens* es un predador polífago de pulgones y otros insectos de ectoesqueleto blando, tanto en estado adulto como larval. Los adultos se encuentran en jardines y diversos agroecosistemas en busca de pulgones para alimentarse; cuando adquieren el estado adulto aún no son sexualmente maduros y pasan por un periodo denominado madurez sexual, desde la emergencia a partir de la pupa hasta el inicio de la cópula, durante este tiempo se alimentan principalmente de pulgones o huevos de fitófagos y también de polen de las flores. Después de iniciada las cópulas hasta la ovoposición pasan por un breve periodo de pre ovoposición, en la

cual siguen alimentándose y pueden copular varias veces y con diferentes machos. La ovoposición ocurre generalmente cuando la población de pulgones es alta, los huevos son colocados en las hojas del hospedero de su presa, ya que la elección materna debe de asegurar el alimento de su descendencia (Sicsú et al., 2020), ovoposita en grupos de 20 a 30 aunque hay posturas de más de 50 huevos. El canibalismo es un fenómeno común en esta especie, siendo más susceptibles los huevos y larvas pequeñas que son devorados sobre todo por hembras grávidas y más aún cuando hay escases de alimento (Bayoumy & Michaud, 2015; Khan & Yoldas, 2018). Los adultos en los meses de frío migra hacia agregaciones de hibernación para entrar en diapausa, orientados por la feromona de seguimiento de huellas n-tricosano (C23) (Wheeler & Cardé, 2014; Stowe et al., 2021) y es necesario que antes acumulen reservas energéticas, de tal manera que la reproducción no disminuya en la primavera posterior y se mantenga la población (Mercer et al., 2020); por lo que en el invierno es común encontrarlos en el suelo debajo de la vegetación, debajo de troncos, rastrojos o rajaduras de la corteza de los árboles como eucalipto. Después de la eclosión de los huevos emergen las larvas y buscan su presa para alimentarse impulsado por caïromonas. El consumo de presas aumenta con el intercambio de los estadios larvales; siendo más voraz el cuarto estadio. El canibalismo es influenciado principalmente por la escasez de presas; todos los instares larvales, especialmente el cuarto y tercer consumen una cantidad sustancial de huevos incluso en presencia de presas. El canibalismo dentro de las larvas de la misma edad muestra un aumento sucesivo con la etapa larvaria sucesiva y es mínimo por las larvas de primer instar y máximo por las larvas de cuarto instar, tal como reporta Khan & Yoldas (2018). Cuando completan su estado larval buscan un lugar adecuado y previa muda se convierten en pupas, de la cual emergerá el adulto.

### 4. Conclusiones

La especie de pulgón que se utiliza como presa en la alimentación de *H. convergens* influye en la duración del periodo larval y pupal; por consiguiente, en el desarrollo huevo a adulto, el cual resultó más prolongado cuando fue alimentado con pulgones *B. brassicae* y más corto con pulgones *M. rosarum* y *M. persicae*. El periodo de ovoposición, fecundidad, peso de pupas, predación y longevidad fue menor cuando

el predador tuvo como presa el pulgón de la col *B. brassicae* que es presa no idónea; mientras fue mayor con *M. rosarum* y *M. persicae*, estos resultados sugieren que estas dos especies de pulgones son adecuados para realizar crías de *H. convergens* con fines de control biológico e incremento artificial, ya que con estas especies tuvo mejor performance. En la madurez sexual, relación de sexos y fertilidad de huevos no hubo diferencias significativas con respecto a las especies de pulgones como presa. En general, las hembras fueron más longevas que los machos. Se conoce que la col al igual que otras Brassicaceae tiene una alta concentración de glucosinolatos que normalmente es tóxico para los fitófagos que los atacan y son defensa constitutiva. Sin embargo, sus niveles están influenciados por factores abióticos y bióticos, por lo que sería necesario investigar su rol exacto para aumentar la resistencia de los cultivos de *Brassica* hacia plagas mediante el mejoramiento.

#### Agradecimientos

Al estudiante de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Nacional del centro del Perú, Hamilton Valverde Apfata por su colaboración en el desarrollo del experimento y análisis estadístico.

#### Referencias bibliográficas

- Abbas, K., Zaib, M. S., Zakria, M., Hani, U. E., Zaka, S. M., & Ane, M. N. U. (2020). *Cheilomenes sexmaculata* (Coccinellidae: Coleoptera) as a potential biocontrol agent for aphids based on age-stage, two-sex life table. *PLoS ONE*, 15(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228367>
- Abdel-Wahab, A. H., Michaud, J. P., Bayoumy, M. H., Awadalla, S. S., & El-Gendy, M. (2017). Differences in Flight Activity of *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) Following Emergence, Mating, and Reproduction. *Environmental Entomology*, 46(6), 1359–1364. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx136>
- Alvarado-Canche, C. N., Castillo Reyes, F., González-Vázquez, V. M., García-Martínez, O., Aguirre-Urbe, L. A., Tiscareño-Iracheta, M. A., ... & Rodríguez-Herrera, R. (2019). Population genetics of lepidopteran (noctuidae) collected on transgenic and non-transgenic maize in Mexico. *Acta Universitaria*, 29, 1–12. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1926>
- Arnold, P. A., Cassey, P., & White, C. R. (2016). Maturity matters for movement and metabolic rate: Trait dynamics across the early adult life of red flour beetles. *Animal Behaviour*, 111, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.10.023>
- Arshad, M., Ullah, M. I., Shahid, U., Tahir, M., Khan, M. I., Rizwan, M., ... & Niaz, M. M. (2020). Life table and demographic parameters of the coccinellid predatory species, *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) when fed on two aphid species. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 79. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00280-7>
- Bayoumy, M. H., & Michaud, J. P. (2015). Egg Cannibalism and Its Life History Consequences Vary with Life Stage, Sex, and Reproductive Status in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 1665–1674. <https://doi.org/10.1093/jeet/108.4>
- Bridges, M., Jones, A. M. E., Bones, A. M., Hodgson, C., Cole, R., Bartlett, E., ... & Rossiter, J. T. (2002). Spatial organization of the glucosinolate-myrosinase system in brassica specialist aphids is similar to that of the host plant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1487), 187–191. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1861>
- Bustamante-Navarrete, A. (2020). Algunos coccinellidos (Coleoptera: Coccinellidae) predadores de importancia económica en el departamento del Cusco, Perú. *The Biologist*, 18(2), 287–314. <https://doi.org/10.24039/rb2020182801>
- Cevallos Cevallos, D., Santana Cedeño, J., & Chirinos, D. T. (2021). Predators and the management of some agricultural pests in Ecuador. *Manglar*, 18(1), 51–59. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.007>
- Chaplin-Kramer, R., Kliebenstein, D. J., Chiem, A., Morrill, E., Mills, N. J., & Kremen, C. (2011). Chemically mediated tritrophic interactions: opposing effects of glucosinolates on a specialist herbivore and its predators. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 880–887. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01990.x>
- Charlesworth, D., & Willis, J. H. (2009). The genetics of inbreeding depression. *Nature Reviews Genetics*, 10, 783–796. <https://doi.org/10.1038/nrg2664>
- Cibils-Stewart, X., Nechols, J., Giles, K., & McCormack, B. P. (2018). Feeding location of aphid prey affects life history traits of a native predator. *BioRxiv*, pp. 1–28. <https://doi.org/10.1101/429415>
- Delgado-Ramírez, C. S., Salas-Araiza, M. D., Martínez-Jaime, O. A., Guzmán-Mendoza, R., & Flores-Mejía, S. (2019). Predation capability of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) feeding of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Florida Entomologist*, 102(1), 24–28. <https://doi.org/10.1653/024.102.0104>
- Fidelis, E. G., Santos, A. A., Sousa, F. F., Silva, R. S. da, Dângelo, R. A. C., & Picanço, M. C. (2018). Predation is the key mortality factor for *Brevicoryne brassicae* in cabbage crops. *Biocontrol Science and Technology*, 28(12), 1164–1177. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1516735>
- Gajger, I. T., & Dar, S. A. (2021, March 1). Plant allelochemicals as sources of insecticides. *Insects*, Vol. 12, pp. 1–21. <https://doi.org/10.3390/insects12030189>
- Grenier, C., Summerhays, B., Cartmill, R., Martínez, T., Saisho, R., Rothenberg, A., ... & Sethuraman, A. (2019). Lack of phenotypic variation in larval utilization of pea aphids in populations of the ladybeetle *Hippodamia convergens*. *BioRxiv*, p. 740506. <https://doi.org/10.1101/740506>
- Hinkelman, T. M., & Tenhumberg, B. (2013). Larval performance and kill rate of convergent ladybird beetles, *Hippodamia convergens*, on black bean aphids, *Aphis fabae*, and pea aphids, *Acyrtosiphon pisum*. *Journal of Insect Science*, 13. <https://doi.org/10.1673/031.013.4601>
- Hopkins, R. J., Van Dam, N. M., & Van Loon, J. J. A. (2009). Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 54, 57–83. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090623>
- Jackson, K. (2016). Variable Consequences of Toxic Prey on Generalist Insect Predators. *Theses and Dissertations--Entomology*. <https://doi.org/10.13023/ETD.2016.374>
- Jackson, K. A., McCord, J. S., & White, J. A. (2017). A window of opportunity: Subdominant predators can use suboptimal prey. *Ecology and Evolution*, 7(14), 5269–5275. <https://doi.org/10.1002/ece3.3139>
- Jessie, C. N., Giles, K. L., Royer, T. A., Payton, M. E., Elliott, N. C., & Jessie, W. P. (2019). Suitability of *Schizaphis graminum* Parasitized by *Lysiphlebus testaceipes* as Intraguild Prey for *Chrysoperla rufilabris*. *Southwestern Entomologist*, 44(1), 21. <https://doi.org/10.3958/059.044.0103>
- Jessie, W. P., Giles, K. L., Rebek, E. J., Payton, M. E., Jessie, C. N., & McCormack, B. P. (2015). Preference and Performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from Winter-Adapted Canola. *Environmental Entomology*, 44(3), 880–889. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv068>
- Khan, M. H., & Yoldaş, Z. (2018). Cannibalistic behavior of aphidophagous coccinellid, *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) (Coleoptera: Coccinellidae). *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 42(3): 175–184. <https://doi.org/10.16970/entotod.397666>
- Kovacs, J. L., Wolf, C., Voisin, D., & Wolf, S. (2017). Aphid secondary symbionts do not affect prey attractiveness to two species of

- predatory lady beetles. *PLOS ONE*, 12(9), e0184150. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184150>
- Mallma Goyes, Ana y Eraso Gómez, R. (2015). Determinación del ciclo biológico de *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae) y su capacidad predadora de áfidos (*Aphis* sp.) en condiciones de laboratorio.
- Matos, Sidnéia T., & Andrade, Daniel J. (2020). Potencial de *Eriopis connexa* e *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) no controle de ácaros tetranychídeos e do pulgão-verde-do-pessegueiro. Tesis Maestría. Universidade Estadual Paulista.
- Mendoza P, & Tatiana E. (2020). Cria y reproducción de coccinélidos con la utilización de distintas fuentes de alimentación en la granja experimental La Prodera. Tesis para título. Universidad del Norte. Ibarra. Ecuador.
- Mercer, N. H., Teets, N. M., Bessin, R. T., & Obyrcki, J. J. (2020). Supplemental Foods Affect Energetic Reserves, Survival, and Spring Reproduction in Overwintering Adult *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 49(1), 1–9. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz137>
- Michaud, J. P. (2018). Problems Inherent to Augmentation of Natural Enemies in Open Agriculture. *Neotropical Entomology*, Vol. 47, pp. 161–170. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0589-4>
- Milléo, J., Moral, R. de A., Fernandes, F. S., & Godoy, W. A. C. (2019). Resposta funcional comparada entre *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Hippodamia convergens* Guérin Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae). *EntomoBrasilis*, 12(2), 70–76. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v12i2.796>
- Navarrete Bernando. (2016). Rearing of *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville 1842 (Coleoptera: Coccinellidae). <https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.1.2954.3284>
- Omkar, & Pervez, A. (2016). Ladybird Beetles. In *Ecofriendly Pest Management for Food Security* (pp. 281–310). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00009-9>
- Perez-Alvarez, R., Nault, B. A., & Poveda, K. (2019). Effectiveness of augmentative biological control depends on landscape context. *Scientific Reports*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45041-1>
- Rejan, J., Latha, S., Rhagavendra, V., & Sreenivasa, R. (2018). Biology and feeding potential of *Coccinella transversalis* (Fab.) on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linn.). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(6), 51–56.
- Riddick, E. W. (2017). Identification of conditions for successful aphid control by ladybirds in greenhouses. *Insects*, Vol. 8. <https://doi.org/10.3390/insects8020038>
- Rashed, H. (2020). Efficiency of the convergent ladybird beetle *Hippodamia convergens* against the legume aphid *Aphis craccivora* in laboratory and semi-felid conditions. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 58(3), 655–664. <https://doi.org/10.21608/assjm.2020.131640>
- Sicsú, P. R., Macedo, R. H., & Sujii, E. R. (2020). Lady Beetle Oviposition Site Choices: Maternal Effects on Offspring Performance. *Florida Entomologist*, 103(2), 228. <https://doi.org/10.1653/024.103.0212>
- Stowe, H. E., Michaud, J. P., & Kim, T. (2021). The Benefits of Omnivory for Reproduction and Life History of a Specialized Aphid Predator, *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 50(1), 69–75. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa154>
- Sun, R., Jiang, X., Reichelt, M., Gershenzon, J., & Vassão, D. G. (2020). The selective sequestration of glucosinolates by the cabbage aphid severely impacts a predatory lacewing. *Journal of Pest Science*, 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01319-2>
- Ugine, T. A., Gill, H. K., Hernandez, N., Grebenok, R. J., Behmer, S. T., & Losey, J. E. (2021). Predator Performance and Fitness Is Dictated by Herbivore Prey Type Plus Indirect Effects of their Host Plant. *Journal of Chemical Ecology*, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01251-4>
- Wheeler, C. A., & Cardé, R. T. (2014). Following in Their Footprints: Cuticular Hydrocarbons as Overwintering Aggregation Site Markers in *Hippodamia convergens*. *Journal of Chemical Ecology*, 40(5), 418–428. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0409-1>

