

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Respuesta funcional y capacidad predadora de
Chrysoperla externa (Neuroptera: Chrysopidae) en el
control de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae).

Ayacucho – Perú, 2010.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES

PRESENTADO POR EL:

Bach. JERÍ ROJAS, Juan Carlos

AYACUCHO - PERÚ

2016

A Dios todo poderoso.
A mis padres y hermanos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a la Escuela de Formación Profesional de Biología por haberme brindado conocimientos, enseñanzas y forjado como profesional.

A los maestros, docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas por sus enseñanzas, orientaciones e incesantes esfuerzos en formar profesionales competentes.

Mi más sincero agradecimiento al Blgo. MCs. Yuri Ayala Sulca, por su asesoramiento, orientación y aliento permanente en la culminación y elaboración del presente trabajo.

A todos aquellos personas que me brindaron su apoyo para cristalizar este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Marco conceptual	4
2.2.1 Respuesta funcional	4
2.2.2 Tiempo de manipuleo	4
2.2.3 Capacidad de búsqueda	4
2.2.4 Tasa de ataque	5
2.2.5 Depredador	5
2.2.6 Presa	5
2.2.7 Larva	5
2.2.8 <i>Chrysoperla externa</i>	5
2.2.9 Afido (pulgón)	5
2.3 Bases teóricas	5
2.3.1 Familia Aphididae	6
2.3.2 Familia chrysopidae	13
2.3.3 Respuesta funcional predador – presa	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Área de estudio	23
3.2 Población y muestra	23
3.3 Metodología	24
3.4 Diseño de investigación	28
3.5 Análisis estadístico	29
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIONES	43
VI. CONCLUSIONES	53

VII.	RECOMENDACIONES	55
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía de afidos.	6
Tabla 2. Taxonomía de los crisópidos.	13
Tabla 3. Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de larvas de I instar de <i>Chrysoperla externa</i> en el consumo de <i>Aphis gossypii</i> a diferentes densidades, en ambientes controlados.	34
Tabla 4. Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de larvas de II instar de <i>Chrysoperla externa</i> en el consumo de <i>Aphis gossypii</i> a diferentes densidades, en ambientes controlados.	37
Tabla 5. Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de larvas del III instar de <i>Chrysoperla externa</i> en el consumo de <i>Aphis gossypii</i> a diferentes densidades, en ambientes controlados.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Características morfológicas relevantes de pulgones ápteras y aladas.	7
Figura 2.	Ciclo biológico de un pulgón holocíclico y heteroécico	8
Figura 3.	Ciclo biológico de <i>Chrysoperla externa</i> .	15
Figura 4.	Adulto de <i>Chrysoperla externa</i>	15
Figura 5.	Larva de <i>Chrysoperla externa</i> (Neuroptera: <i>Chrysopidae</i>) consumiendo pulgones.	16
Figura 6.	Los tres tipos de respuesta funcional más comunes	20
Figura 7.	Respuesta funcional tipo II desarrollada por larvas del I instar de <i>Chrysoperla externa</i> en el consumo del pulgón <i>Aphis gossypii</i> a diferentes densidades, en ambientes controlados.	32
Figura 8.	Comprobación del tipo de Respuesta Funcional (tipo II) desarrollado por larvas del I instar de <i>Chrysoperla externa</i> mediante la relación de la proporción de <i>Aphis gossypii</i> consumidos (N_a/N_o) vs la densidad de pulgones administrados (N_o).	33
Figura 9.	Respuesta funcional tipo III desarrollada por larvas del II instar de <i>Chrysoperla externa</i> en el consumo del pulgón <i>Aphis gossypii</i> a diferentes densidades, en ambientes controlados.	35
Figura 10.	Comprobación del tipo de Respuesta Funcional (tipo III) desarrollado por larvas del II instar de <i>Chrysoperla externa</i> mediante la relación de la proporción de <i>Aphis gossypii</i> consumidos (N_a/N_o) vs la densidad de pulgones administrados (N_o).	36
Figura 11.	Respuesta funcional tipo III desarrollada por larvas del III instar de <i>Chrysoperla externa</i> en el consumo del pulgón <i>Aphis gossypii</i> a diferentes densidades, en ambientes controlados.	38
Figura 12.	Comprobación del tipo de Respuesta Funcional (tipo III) desarrollado por larvas del III instar de <i>Chrysoperla externa</i> mediante la relación de la proporción de <i>Aphis gossypii</i> consumidos (N_a/N_o) vs la densidad de pulgones administrados (N_o).	39

- Figura 13. Valores de la media y desviación típica del número de pulgones consumidos en los tres instar de las larvas de *Chrysoperla externa*. 41
- Figura 14. Valores de la media y desviación típica del número de pulgones consumidos por larvas de *Chrysoperla externa* según la densidad de pulgones administrados. 42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza de efectos principales para comparar tres instar de larvas de <i>Chrysoperla externa</i> y cinco densidades de pulgones administrados.	60
Anexo 2. Test de Tukey para comparar las medias del número de pulgones consumidos en por tres instar de larvas de <i>Chrysoperla externa</i> .	61
Anexo 3. Test de Tukey para comparar las medias del número de pulgones consumidos por larvas de <i>Chrysoperla externa</i> en cinco densidades de pulgones administrados.	62
Anexo 4. Valores medio y desviación típica del número de pulgones consumidos por tres instar de las larvas de <i>Chrysoperla externa</i> en cinco densidades de pulgones administrados.	63
Anexo 5. Valores medio y desviación típica del número de pulgones consumidos en cinco densidades de pulgones administrados por tres instar de las larvas de <i>Chrysoperla externa</i> .	64
Anexo 6. Solución madre o stock para aplicación de soluciones nutritivas en sustrato sólido (Formulación de la solución "La Molina").	65
Anexo 7. Diagrama psicométrico para Ayacucho, para determinar % HR y humedad.	66
Anexo 8. Valores de temperatura [bulbo húmedo (B.H) y bulbo seco (B.S.)] y determinación de la humedad relativa por días y horas de evaluación, en ambientes controlados. Ayacucho, 2011.	67
Anexo 9. Colecta de huevos y adultos de <i>Chrysoperla externa</i> en plantas de <i>Caesalpinea spinosa</i> . Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.	68
Anexo 10. Huevos de <i>Chrysoperla externa</i> acondicionados en tapers para su mantención e incubación hasta la obtención de larvas. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010	69
Anexo 11. Almacigo de <i>Lactuca sativa</i> , cultivadas dentro del invernadero de experimentación. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.	70
Anexo 12. Plantulas de <i>Lactuca sativa</i> repicadas en los envases de experimentación. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.	71
Anexo 13. Huevos de <i>Chrysoperla externa</i> acondicionados en tapers para su mantención e incubación hasta la obtención de larvas. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.	72

Anexo 14.	Larvas de <i>Chrysoperla externa</i> listas para las pruebas de experimentación de capacidad predadora. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.	73
Anexo 15.	Invernadero instalado en la Ciudad Universitaria - UNSCH, donde se mantuvieron las plántulas de <i>Lactuca sativa</i> y se llevaron a cabo las pruebas experimentales de respuesta funcional y predación. Ayacucho, 2010.	74
Anexo 16.	Matriz de consistencia	75

RESUMEN

El uso incontrolado de plaguicidas ha ocasionado uno de los grandes problemas de contaminación en el mundo, pues su amplia toxicidad causa gran cantidad de efectos sobre muchas clases de organismos, incluido el hombre, el uso de enemigos naturales como los predadores es una alternativa viable. El objetivo de la investigación fue evaluar el tipo de respuesta funcional que presenta el predador *Chrysoperla externa*, en función del desarrollo larval (I, II y III) en el control de *Aphis gossypii* en ambientes controlados, como también determinar la capacidad de búsqueda y tiempo de manipuleo del predador *Chrysoperla externa* en cada instar de desarrollo (I, II y III) en el control del pulgón *A. gossypii*. La metodología consistió en el diseño experimental fue adecuado a un modelo factorial al azar A x B (3 x 5), donde A representa los tres estadios larvales de *Chrysoperla externa* (I, II y III); y B representa las densidades de (30, 35, 40, 45 y 50 para el primero, segundo y tercer instar), con seis repeticiones y un blanco, estimándose el tipo de respuesta funcional y el índice de determinación (R^2) a través del método de cuadrados mínimos ordinarios; la capacidad de búsqueda (E_b), tiempo de manipuleo (T_h) y tasa de ataque (N_e) fueron evaluados. El estado larval I de *Chrysoperla externa*, para la respuesta funcional, desarrollo una gráfica del tipo II en el consumo del pulgón *Aphis gossypii* a diferentes densidades en ambientes controlados con un ($R^2=0,8293$), las larvas II y III desarrollaron una respuesta funcional del tipo III ($R^2 = 0,9886$) y ($R^2 = 0,9758$) respectivamente de tendencia lineal en el control del pulgón *Aphis gossypii* a diferentes densidades. El comportamiento insaciable de predación que muestra en un momento las larvas II y III de *Chrysoperla externa*, probablemente esté relacionado con la mayor necesidad alimenticia que muestra el predador en comparación al estado larval anterior (larva I de *Chrysoperla externa*). El promedio de pulgones consumidos por larvas I de *Chrysoperla externa*, oscila entre 2,2 a 3,3 pulgones/predador, en la Capacidad de Búsqueda (E_b) captura entre 06 a 09 % de pulgones, el Tiempo de Manipuleo (T_h por minuto), oscila entre (3,98 a 5,68 min.), la Tasa de Ataque (N_e) oscila entre 4,26 a 7,00%. Para el caso de las larvas II de *Chrysoperla externa*, el promedio de pulgones consumidos es de 4,5 a 8,7 pulgones/predador, la Capacidad de Búsqueda (E_b) oscila entre 15 a 17%, el Tiempo de Manipuleo (T_h en min.) tardan entre (0,52 a 0,43 min.), la Tasa de Ataque (N_e) oscila entre 0,92 a 1,54%. En el análisis de los resultados, de pulgones consumidos por larvas III de *Chrysoperla externa*, el promedio de pulgones consumidos va de 3,5 a 8,0 pulgones/predador, la Capacidad de Búsqueda (E_b) oscila entre 12 a 20%, el Tiempo de Manipuleo (T_h por min.), se encuentran entre los rangos de (0,93 a 0,55 min.), la Tasa de Ataque (N_e) oscilan entre 1,27 a 2,11% conforme se incrementan las densidades ofertadas. Los valores de las medias del número de pulgones consumidos por los tres instar de *Chrysoperla externa*, en la que se observa que a medida que el instar cambia a niveles superiores, el número de larvas consumidas se incrementa, Al realizar el análisis de varianza se halló significancia estadística ($p<0,05$) lo que quiere decir que el número de pulgones consumidos es diferente en los instar. Demostrando para cada estadio larval del predador alta capacidad de búsqueda, bajos tiempos de manipuleo, tasa de ataque constante y permanente a la presa. Las larvas de *C. externa* consumen pulgones con características densodependiente - inversa para las larvas del I Instar de *C. externa* y para las larvas del II y III instar de *C. externa* con características densodependiente – directa.

Palabras Claves: respuesta funcional, *Chrysoperla externa*, *Aphis gossypii*.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la resistencia de muchos insectos de importancia agrícola a los insecticidas, con más de 504 especies ya registradas, los entomólogos han propuesto otros métodos alternativos y eficientes de control.¹ El uso de enemigos naturales como los predadores es una alternativa viable dentro de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Los crisópidos como agentes de control biológico, factor que los caracteriza como predadores claves en diversos agroecosistemas, por ser considerados como organismos importantes para el control biológico, presentando buena capacidad de adaptación a las condiciones de laboratorio.¹ Sin embargo características como la respuesta funcional y capacidad predadora de estos organismos en ambientes controlados y de campo frente a plagas de importancia agrícola (ej. el pulgón *Aphis gossypii*), que finalmente determinan si un insecto es un buen predador permanecen poco conocidas en nuestro país y nuestra región.

El pulgón *Aphis gossypii* Glover (1877), de hábito extremadamente polífago, es considerado una plaga importante en diversos cultivos.² Aproximadamente 460 plantas cultivadas y no cultivadas del Perú son afectados por aproximadamente 66 especies de áfidos, estando reportado *A. gossypii* en 51 planta cultivadas y no cultivadas a nivel nacional. En nuestro departamento *Aphis gossypii*, es una plaga importante que afecta y disminuye la productividad de muchos cultivos como las hortalizas, cítricos, alfalfa, tara, etc.

En este contexto, se hace necesario desarrollar trabajos de investigación tendientes a determinar con precisión la respuesta funcional y capacidad predadora de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) en ambientes controlados y que nos permitirá establecer lo eficientes que son estos organismos en el control de plagas en un ambiente que asemeje al campo y en presencia de plantas

hospederas como la “lechuga” (*Lactuca sativa*), por lo que nos proponemos los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el tipo de respuesta funcional y capacidad predadora que desarrollan las larvas de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). Ayacucho – Perú, 2010.

Objetivos específicos

- a. Establecer el tipo de respuesta funcional que presenta el predador *Chrysoperla externa*, en función del desarrollo larval (I, II y III) en el control de *Aphis gossypii* en ambientes controlados.
- b. Evaluar la capacidad de búsqueda y tiempo de manipuleo del predador *Chrysoperla externa* en cada instar de desarrollo (I, II y III) en el control del pulgón *A. gossypii* en ambientes controlados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Experiencias de control de plagas y evaluación de la respuesta funcional en *Chrysoperla externa*

Entre las primeras experiencias de control de plagas que se reportan en el Perú utilizando *Chrysoperla externa*, al cual tipifican a éste neuróptero como una especie con gran voracidad tanto en larva como en estado adulto que predata una gran diversidad de insectos de cuerpo blando como *Spodoptera frugiperda*, *S. eridania* y áfidos en cultivo de maíz, también fueron hallados en “olivos” alimentándose *Orthezia olivícola* y *Palpita persimilis* entre otros.³ La misma autora en el 2002, comenta que *Chrysoperla externa*, es cosmopolita y es utilizado en el Perú, desde 1984 como un agente regulador de plagas de importancia económica como, *Heliothis sp.*, *Cydia pomonella*, *Pecthynophora gossypiella* entre otros. Actualmente junto con *Ceraeochrysa cincta* y *C. asolaris*, además de estar incluidas en programas de manejo integrado de plagas (MIP), agrícolas importantes, se producen masivamente en los diferentes laboratorios del Perú para su distribución y sostenimiento de los programas de MIP.

Según Auad *et al.*,⁴ larvas de *Chrysoperla externa* criadas en laboratorio y que previamente fueron alimentadas con huevos de *Sitotroga cerealella*, tuvieron un consumo de *Uroleucon ambrosiae* (Hemiptera: Aphididae) superior, cuando fueron comparados con larvas del neuróptero alimentadas con el áfido, los cuales mostraron un consumo similar que la crianza previa, denotando una influencia del régimen alimenticio en la respuesta del predador. Así, la dieta utilizada en la crianza masal, puede afectar la eficiencia de este predador como agente de control biológico.

Según Monteiro dos Santos *et al.*,⁵ la relación entre las variadas densidades de presas y consumo diario del pulgón *Aphis gossypii* por larvas de *Chrysoperla*

externa en cultivares de algodón de las variedades de Antares y Deltapine fueron lineales para todos los instares que evaluaron, verificándose que a medida que se aumenta el número de pulgones ofrecidos, la capacidad de predación también se incrementa, pues en altas densidades de presa, el número de encuentros entre predador y presa es mayor, propiciado menor tiempo de búsqueda, tal como lo refieren Isenhour y Yeorgan en 1981.⁵

El consumo medio presentado por las larvas mantenidas en el cultivar Deltapine a la densidad de diez fue menor, una larva de *Chrysoperla externa* predó en promedio 3,4 pulgones, en tanto que aquellas que fueron mantenidas en el cultivar Antares presentaron consumo medio de 5,5 pulgones. Para el primer y segundo instar de *Chrysoperla externa* hubo una tendencia de estabilización en el consumo de larvas alimentadas con pulgones en las densidades de dos a tres, demostrando una respuesta funcional de tipo II, que tiene como característica el aumento del número de presas consumidas con las mayores densidades de la presa, decreciendo sin embargo cuando se alcanza un valor máximo. En el tercer instar, la larva presenta mayor capacidad de predación, el consumo fue ascendente hasta la densidad tres, en ese caso, las tres densidades de presa ofrecidas no fueron suficientes para causar la estabilización en el consumo y ocurrir la disminución del mismo, el predador no se mostró saciado con las densidades ofrecidas. El aumento en la capacidad de predación en función del incremento en las densidades de pulgones ofrecidos al predador evidenció una respuesta funcional lineal positiva para todos los instares de *Chrysoperla externa* cuando fueron mantenidas en las cultivares de las variedades de Antares y Deltapine.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Respuesta funcional

La respuesta funcional se define como el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, y por lo general, el consumo aumenta a medida que aumenta la densidad de la presa, hasta llegar a una asíntota (densidad de saturación).¹⁹

2.2.2 Tiempo de manipuleo

Se define como el tiempo dedicado a perseguir, dominar, consumir y digerir las presas, y a prepararse para la siguiente búsqueda.¹⁹

2.2.3 Capacidad de búsqueda

Es la eficiencia de búsqueda para localizar la presa.

2.2.4 Tasa de ataque

Es el número de presas consumidas o huéspedes atacados.

2.2.5 Depredador

Insecto u otro animal que causa una muerte violenta a su presa y luego se alimenta de ella.¹⁹

2.2.6 Presa

Animal del cual se alimentan los depredadores.¹⁹

2.2.7 Larva

Estado inmaduro, intermedio entre huevo y pupa.¹³

2.2.8 *Chrysoperla externa*

Es un insecto importante como depredador de plagas agrícolas.³

2.2.9 Afido (pulgón)

Nombre común dado a homópteros de la familia aphididae, considerado una plaga importante en los cultivos.²

2.3 Bases teóricas

El pulgón *Aphis gossypii* Glover (1877), insectos hemíptero del suborden Sternorrhyncha, de hábito extremadamente polífagos, es considerado una plaga importante en el cultivo del algodón habiendo sido reportado su presencia, adicionalmente, en 51 planta cultivadas y no cultivadas a nivel nacional como: melocotonero, tabaco, remolacha, frutales, hortalizas y ornamentales.²

Adicionalmente este pulgón es considerada como plaga importante que ataca la lechuga en hidroponía donde ha ocasionado serios problemas. Esta especie, suele actuar como vectores de virus, expele un líquido adhesivo, o honeydew, que favorece el desarrollo del hongo denominado fumagina (*Capnodium spp.*), que dificulta la respiración y fotosíntesis en la planta.⁶

La respuesta funcional de *Chrysoperla externa* ha sido determinada en condiciones de laboratorio,^{4,5} por tanto, no fueron considerados los efectos de la planta hospedera sobre este parámetro.

Segun Monteiro dos Santos *et al*,⁵ demostró que las características externas del cultivo del algodón generaron efectos adversos sobre la capacidad de predación de *Chrysoperla externa* en ambientes controlados, proporcionando un mayor conocimiento sobre la relación predador – presa - planta hospedera. En la presente investigación pretendemos demostrar la eficiencia de este controlador biológico a través de la determinación de su capacidad predadora y respuesta funcional en el control de los pulgones que afectan a hortalizas como la *L. sativa*

(lechuga) en ambiente controlado, cultivo que es ampliamente aprovechado en los valles interandinos de nuestra región. Por otro lado, planta, plaga, enemigo natural y ambiente son cuatro componentes importantes de un sistema interactivo del control biológico que son necesarios ser comprendidos para la realización y promoción de programas de manejo integrado de plagas con sustento.⁵

Por lo que, estudios de respuesta funcional en campo, así mismo, los efectos de otros predadores, la presencia de presas alternativas y condiciones climáticas podrían ser evaluadas como factores influyentes de la eficiencia de *Chrysoperla externa*.

2.3.1 Familia Aphididae

Tabla 1. Taxonomía de afidos.⁷

Reino	:	Animalia
Filo	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Orden	:	Homoptera
Suborden	:	Sternorrhyncha
Super familia	:	Aphidoidea
Familia	:	Aphididae

2.3.1.1 Distribución y morfología

Están distribuidos principalmente por las zonas templadas, habiéndose detectado unas 3 500 especies, de las cuales 500 son plagas de los cultivos. De todas ellas hay algunas que sólo afectan a un solo cultivo (monófagas), y otras que lo hacen a gran número de ellos (polífagas). Generalmente son insectos de cuerpo blando pequeño, aspecto globoso y con un tamaño medio entre 1-10 mm. Hay pulgones ápteros (sin alas y alados). Los primeros tienen el tórax y abdomen unidos, y los segundos perfectamente separados. El color puede variar del blanco al negro, pasando por amarillo, verde y pardo.⁸

Antenas de cuatro a seis segmentos, con antenómero terminal delgado, tres ocelos, tarsomero basal pequeño, alas anteriores, si presentes, con una vena compuesta paralela al margen costal terminado en un pterostigma; alas posteriores usualmente con una vena longitudinal y dos venas oblicuas, en reposo se mantienen en techo de dos aguas. Los pulgones son insectos chupadores. Segregan un líquido azucarado y pegajoso por el ano denominado melaza, e impregna la superficie de la planta impidiendo el normal desarrollo de

ésta. En la zona final del abdomen, se encuentran dos tubitos o sifones (cornículos), de distinto tamaño y forma según especie, por el cual segregan sustancias ceras y azúcares. Otras especies, poseen en el abdomen glándulas productoras de cera pulverulenta con la que se recubren, son los pulgones harinosos o laníferos. El abdomen termina en la cauda algo más clara que los cornículos. Tienen las antenas relativamente cortas y los ojos rojos.⁸

Los áfidos han desarrollado en la evolución una relación simbiótica con hormigas, que no sólo les toleran sobre las plantas, sino que les protegen de sus depredadores especializados, como las mariquitas o las crisomelas, a cambio de la secreción azucarada de sus sifones que les sirven de alimento.

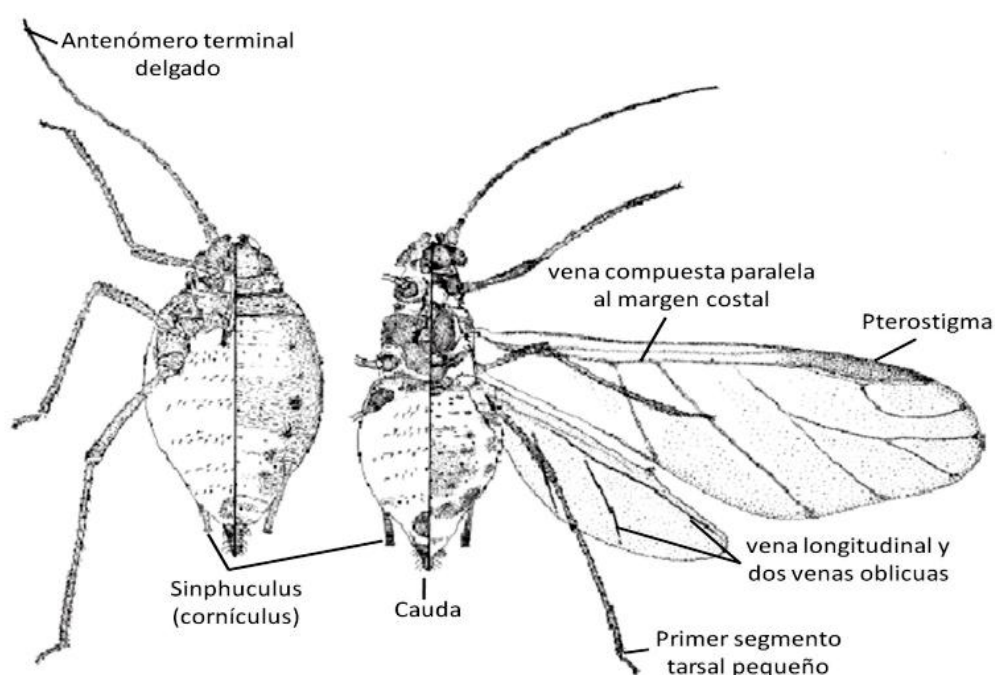


Figura 1. Características morfológicas relevantes de pulgones ápteros y alados.²

2.3.1.2 Ciclos de vida de los pulgones

Los áfidos suelen presentar alternancia de generaciones, sucediéndose a lo largo de la buena estación varias generaciones de hembras partenogenéticas (que se reproducen sin machos) ápteras (sin alas) que crecen rápidamente y multiplican el efectivo de la colonia. Cuando los recursos empiezan a escasear de los huevos salen hembras aladas dotadas de un instinto de migración; echan a volar y se dejan caer sobre las plantas (y también sobre las ropas amarillas o los cabellos rubios, lo que las hace molestosas) expandiendo la población. Cuando se acerca el final de la buena estación, lo que sale de los huevos es una generación mixta, machos y hembras, de individuos fértiles alados que copulan para producir los huevos que han de sobrevivir al invierno.

- **Monoecias:** especies que solo viven sobre una planta hospedante.
- **Heteroecias:** alternan las plantas hospedantes (pasan el invierno en un tipo de planta y en primavera cambian a plantas herbáceas, generalmente cultivadas).

Según la forma de reproducción, se pueden ser:

- **Pulgones vivíparos:** aquellos que dan nacimiento a crías vivas.
- **Ovíparos:** aquellos pulgones que ponen huevos. Aquellos pulgones que pasan el invierno como huevos producidos por hembras sexuales, son referidos como que tienen un ciclo de vida holocíclico.

En función de ello la variedad de ciclos vitales de las especies de pulgones o áfidos es muy compleja, a continuación se describen con más detalle.⁹

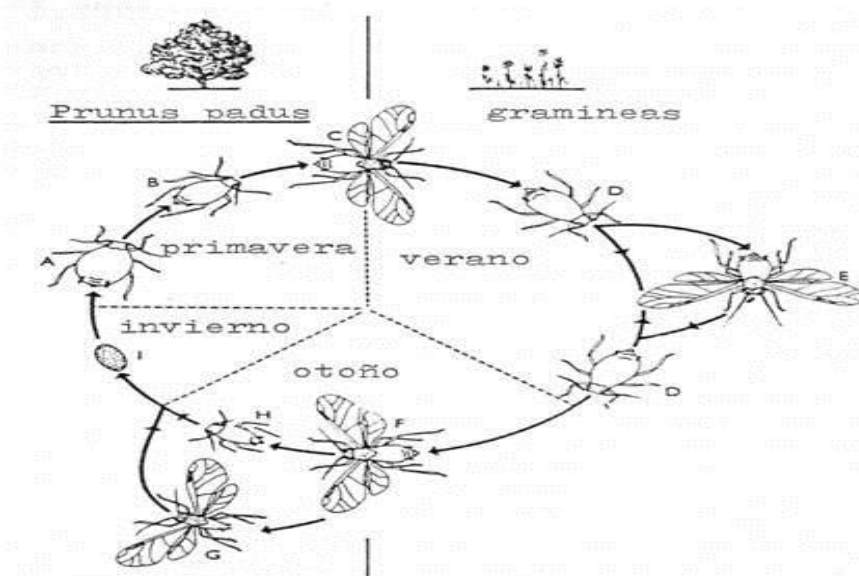


Figura 2. Ciclo biológico de un pulgón holocíclico y heteroecio.¹⁰

a. Ciclo específico

• Ciclo holocíclico y monoecia

Las plagas específicas viven sobre un mismo vegetal y sobre él se produce una generación alternante de reproducción sexuada y asexual, respectivamente. Para describir el ciclo comenzaremos por la reproducción sexuada, que se produce siempre en otoño. Los pulgones sexuados aparecen desde septiembre a noviembre, los machos, en general, van provistos de alas y las hembras son ápteras (sin alas) casi siempre; también se dan casos, como en la filoxera, en que sean ápteros los dos sexos; los órganos bucales son muy pequeños.

La hembra de esta generación sexuada deposita un solo huevo, denominado huevo de invierno. Este huevo permanece sin evolucionar hasta la primavera;

entonces da origen a una hembra, denominada hembra fundadora, de la que se deriva toda la generación de pulgones. La hembra fundadora es siempre áptera y se reproduce por partenogénesis. Frecuentemente es vivípara, pero en algunos casos también puede ser ovípara. De ella se derivan otras muchas hembras ápteras que solo se diferencian de la hembra fundadora en que son algo más pequeñas y de menor fecundidad. De las primeras hembras ápteras se derivan, por partenogénesis, otras iguales y todas juntas constituyen la plaga de insectos que invade las plantas; el número de generaciones anuales puede ser grandísimo, de aquí su rápida propagación. De estas hembras ápteras aparecen otras hembras aladas, también partenogénicas, capaces de invadir otros cultivos de la misma especie vegetal; de estas hembras aladas, en los nuevos cultivos invadidos, se derivan otras ápteras idénticas a las primitivas. A esta forma de aladas se las denomina virginóparas. Al llegar el otoño se producen otras aladas denominadas sexúparas; éstas por partenogénesis depositan huevos, ya machos o hembras, y de éstos nacen los individuos sexuados que depositan el huevo de invierno en la misma planta, cerrando el ciclo biológico. Existen, por tanto, dos formas aladas: una, las virginóparas, que transmiten la plaga a lugares lejanos, y otra, las sexúparas, que aparecen sólo en otoño y dan lugar a la generación sexuada, de las que deriva el huevo de invierno.⁹

b. Ciclo emigrante

• Ciclo holocíclico y heterocia

Se complica el ciclo de las plagas polífagas; el huevo de invierno se deposita sobre una determinada especie vegetal denominada hospedero primario, y sobre esta misma habitan la hembra fundadora y las distintas generaciones de hembras ápteras partenogénicas. La diferencia con el ciclo anterior comienza en las hembras aladas virginóparas, llamadas en este caso emigrantes, por trasladarse a otras especies vegetales diferentes de la anterior, denominadas hospederos secundarios, donde dan lugar a otras hembras ápteras, partenogénicas, diferentes de las que se desarrollan sobre el hospedero primario; a estas hembras se las denomina exiliadas, y dan lugar a otra plaga aparentemente distinta de la primera; generalmente al llegar el otoño aparecen entre las hembras ápteras exiliadas otras aladas sexúparas que regresan al hospedero primario en el llamado vuelo de retorno, dando lugar a la generación sexuada de la que procede el huevo de invierno. La emigración puede ser absoluta o facultativa. En el primer caso toda la colonia del hospedero primario le

abandona y se traslada al secundario, mientras en la emigración facultativa sólo una parte acude al hospedero secundario, continuando el resto sobre el primario como en las especies no emigrantes. Aún puede ocurrir que las generaciones exiliadas continúen reproduciéndose indefinidamente sobre el hospedero secundario por vía agámica, sin retorno al hospedero primario.⁹

2.3.1.3 Daños causados

Los áfidos o pulgones pueden ocasionar distintos tipos de daños al cultivo, que pueden ser.⁹:

a. Directos

Se deben a la alimentación sobre el floema de la planta (existen muy pocas especies que se alimentan del xilema). Las ninfas y los adultos extraen nutrientes de la planta y alteran el balance de las hormonas del crecimiento. Esto origina un debilitamiento de la planta, deteniéndose el crecimiento, las hojas se arrollan y si el ataque es muy severo puede secar la planta. La detención del desarrollo o la pérdida de hojas se traducen en una reducción de la producción final.

b. Indirectos

Como consecuencia de la alimentación pueden generarse los siguientes daños indirectos:

- Reducción de la fotosíntesis. La savia es pobre en proteínas y rica en azúcares, por lo que los áfidos deben tomar gran cantidad de savia para conseguir suficientes proteínas. Así, los pulgones excretan el exceso de azúcar como melaza que se deposita en el envés de las hojas y cayendo al haz de la hoja de abajo. Este exceso de melaza favorece el desarrollo de mohos de hollín, tizne o negrilla (*Cladosporium spp.*), lo que da lugar a una reducción de la actividad fotosintética de la planta y un descenso de la producción. Cuando este hongo mancha los frutos, deprecia su valor comercial.
- Pueden transmitir a la planta sustancias tóxicas.
- Vectores de virus fitopatógenos. Los áfidos pueden transmitir hasta 117 tipos de virus fitopatógenos. Los pulgones son el grupo de insectos más eficaz en cuanto a la transmisión de virosis, normalmente es realizada por las formas aladas. En los cultivos hortícolas destaca la transmisión de los virus CMV y PVY en solanáceas y CMV, WMV-II y ZYMV en cucurbitáceas.

2.3.1.4 Especies más importantes

Los áfidos más importantes que se dan en cultivos de invernadero son.⁹:

- *Myzus persicae* (pulgón verde del melocotonero), que causa daños en solanáceas (patata y plantas próximas) y crisantemo, principalmente.
- *Aphis gossypii* (pulgón del algodón), sobre todo en lechuga, pepino, crisantemo y pimiento.
- *Macrosiphum euphorbiae* (pulgón del tomate), generalmente afecta a solanáceas.
- *Aphis fabae* (el pulgón negro de la judía).
- *Aphis craccivora* (pulgón del fréjol de vaca).

Aphis gossypii es actualmente la especie más habitual en el algodón y en otros cultivos de la misma familia (Malvaceae), y dentro de las Cucurbitaceae, pepino y especies próximas.⁹

2.3.1.5 Métodos preventivos en el control de *Aphi gossypii*

El control del áfidos (ej. *Aphis gossypii*) puede plantearse con métodos preventivos, curativos o erradicantes. No obstante, hay que considerar que en hortalizas como la lechuga (*L. sativa*), “tomate” etc. estos insectos tienen capacidad para transmitir virosis, lo que hace que las poblaciones tolerables sean muy bajas, incluso en ambientes controlados donde debiera ser nula. De manera que la estrategia de control debe diseñarse para evitar la dispersión de las enfermedades producidas por virus. Por ser una tarea muy difícil debe enfocarse principalmente en tomar medidas preventivas, entre las que se recomiendan.¹¹:

a. Control cultural

Se recomienda el uso de mallas antiáfidos en invernaderos con trampas pegantes de color amarilla para atrapar los áfidos alados que intenten ingresar al interior. Vigilar que no existan aberturas en la estructura que permitan el ingreso de los áfidos. Hacer monitoreo, diagnóstico y control de las malezas, tanto dentro como fuera del invernadero, ya que éstas son hospederos de pulgones, en especial las malezas del tipo gramíneas, correhuela, diente de león, lechuguilla. Eliminar las plantas con síntomas, quemándolas o enterrándolas lejos del cultivo.¹¹

b. Control químico

El uso de los insecticidas, conocidos también como aficidas, deben tener las siguientes características:

- Selectividad: ingrediente activo con acción específica para los pulgones y que respeten a los insectos polinizadores e insectos benéficos.
- Mecanismo de acción sistémica: los pulgones se alimentan succionando la savia que se mueve en el floema. Los insecticidas sistémicos se incorporan al torrente savial y así intoxican a los pulgones. Esta propiedad permite mantener un control medio a largo disminuyendo el número de aplicaciones y protegiendo así de transmisión de virosis.
- Largo efecto residual: se refiere a que el producto puede proteger más allá de 21 días del ataque de pulgones desde que se aplica el insecticida.
- Insecticidas de Baja toxicidad son también recomendables en las aplicaciones. Los aceites minerales mezclados con Piretroides pueden inhibir la transmisión de virosis mediadas por pulgones, al recubrir la superficie de la planta con estas sustancias. La dosis de aceite no debe superar el 0,5 % y la planta al momento de la aplicación debe tener suficiente humedad. Se debe aplicar temprano en la mañana o al atardecer para evitar fitotoxicidad, se recomienda su uso en cultivo al aire libre.¹¹

c. Control biológico

En los agroecosistemas se encuentra una gran cantidad de especies que actúan como depredadores o parasitoides de pulgones. Entre los depredadores destacan las chinillas (Coleoptera: Coccinellidae), que tanto al estado de larva, como de adulto consume pulgones, y los sírfidos (Diptera: Syrphidae), o mosca conocida como mosca de las flores, cuya larva se alimenta de pulgones. Otra especie de díptero que se destaca pertenece al género *Aphidoletes* de la familia Cecidomyiidae; en otros países se ha determinado que la especie *Aphidoletes aphidimyza* es una especie que se adapta bien en ambientes controlados. El neuróptero *Chrysoperla sp.* (Crisopa), en su estado de larva, es otro importante depredador de pulgones. Entre los parasitoides, se destacan los microhimenópteros o microavispa del género *Praon Aphidius*. Estas especies colocan un huevo en el interior del cuerpo del pulgón, de allí eclosiona una larva la que se alimenta del pulgón provocándoles la muerte. Es muy fácil reconocer el parasitismo porque los pulgones afectados se hinchan y toman un aspecto que es conocido como momia, de su interior emerge el adulto del parásito, dejando una perforación característica.¹¹

En general en el Perú, el control biológico de los pulgones se da en forma natural, por muchos de los enemigos antes mencionados, siendo *Chrysoperla*

externa (Hagen) y *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) dos especies peruanas, las cuales destacan en sus características predadoras, amplia distribución, presencia de adultos a través de todo el año, fácil crianza en cautiverio, potencial para adaptarse a varios ambientes de cultivos y resistencia a numerosos plaguicidas.³ También existen entomopatógenos que se presentan en condiciones naturales, es el caso de especies de hongos del género *Entomophthora*, los que actúan en un período de humedad y temperaturas altas. En ambientes controlados con humedad relativa superior al 80 %, en el ámbito mundial, existen buenos resultados de control con el hongo *Verticillium lecanii*, pero tiene la desventaja de que sus requerimientos de humedad son similares a la de algunos hongos fitopatógenos.¹¹

2.3.2 Familia chrysopidae

Tabla 2. Taxonomía de los crisópidos.³

Reino	:	Animalia
Filo	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Orden	:	Endopterygota
Suborden	:	Neuroptera
Super familia	:	Hemerobioidea
Familia	:	Chrysopidae

2.3.2.1 Distribución

El género *Chrysopa* es común de las zonas subtropicales y tropicales de América. Además se sabe que *Chrysoperla externa*, es cosmopolita y que junto con *Ceraeochrysa cincta* y *C. asolaris*, además de estar incluidas en programas de manejo integrado de plagas agrícolas importantes, se están produciendo masivamente en laboratorios en países como Perú.¹²

2.3.2.2 Morfología

Los huevos son pedunculados, es decir, se encuentran en el extremo de un largo pedicelo, formado por una secreción del abdomen, que solidifica rápidamente en contacto con el aire y que es fijado a las hojas por su parte inferior. Al principio son de color amarillo - verdoso, pero conforme maduran van adquiriendo una tonalidad grisácea. Se pueden encontrar aislados o en pequeños grupos, fijados sobre la superficie de los vegetales, (huevo maduro y pupa de crisopa). Las larvas son campoideformes (poseen el cuerpo deprimido) con 2 piezas mandibulares muy visibles, finas y curvadas, y desarrolladas las patas. Poseen pelos en el dorso del cuerpo. Su cabeza es de color claro, con dos rayas oscuras

divergentes, y en el dorso se observan un par de bandas oscuras longitudinales, junto a diversas rayas transversales paralelas. El tercer estadio larvario mide aproximadamente 8 mm. La pupa presenta un aspecto sedoso de color blanquecino, de 3 - 4 mm de diámetro.

Los adultos de *Chrysoperla externa*, son de color verde pálido, con el abdomen largo y estrecho y ojos relativamente grandes de color dorado y brillante, sus antenas son filiformes y largas, y poseen dos pares de alas membranosas largas, de color verde transparente y nerviación abundante, de aspecto reticulado.³

2.3.2.3 Ciclo biológico de los Chrysopidae

El estado larval posee tres estadios y dura cerca de tres semanas. Al final del tercer estadio larval, la larva teje una cápsula redonda y se transforma en pupa en la planta en donde se encuentre. La emergencia del adulto ocurre aproximadamente después de una semana; por lo tanto, el ciclo de vida del insecto alcanza de tres a cuatro semanas en verano. Cuando las temperaturas son más bajas, el ciclo se puede alargar de cuatro a seis semanas. En condiciones naturales puede completar hasta tres generaciones anuales. Las hembras generalmente depositan sus huevecillos en forma individual y preferentemente en lugares donde se encuentran insectos como los pulgones, que producen mielecilla que significa una fuente alimenticia para el adulto y que además facilita a las larvas recién emergidas encontrar rápidamente a sus presas. La longevidad del adulto puede ser de varios meses. Los huevos al ser ovipositados son de color verde y antes de la eclosión adquieren un color gris o plomo, están provistos de un pedicelos cuya función es protegerlo de canibalismo, depredación o parasitismo. La larva se caracteriza por una alta capacidad de búsqueda, intensa actividad, movimientos rápidos y por ser muy agresiva. Prefiere insectos de cuerpo blando tales como pulgones, moscas blancas, trips, piojos harinosos, huevecillos y larvas de lepidópteros y ácaros. Comúnmente todas las especies de *Chrysoperla* son consideradas depredadores generalistas, sin embargo, muestran sus preferencias por determinadas presas. Recién emergidas del huevecillo, las larvas pueden diseminarse hasta 25 m en busca de alimento. Algunas larvas pueden recorrer 4 a 5 km, aunque algunos autores indican 11 a 13 Km., antes de convertirse en pupa. Solamente las Chrysopas en estado de larvas son las que realizan el control de plagas y las larvas de tercer instar son las que hacen la mayor parte de la actividad de control biológico.¹³

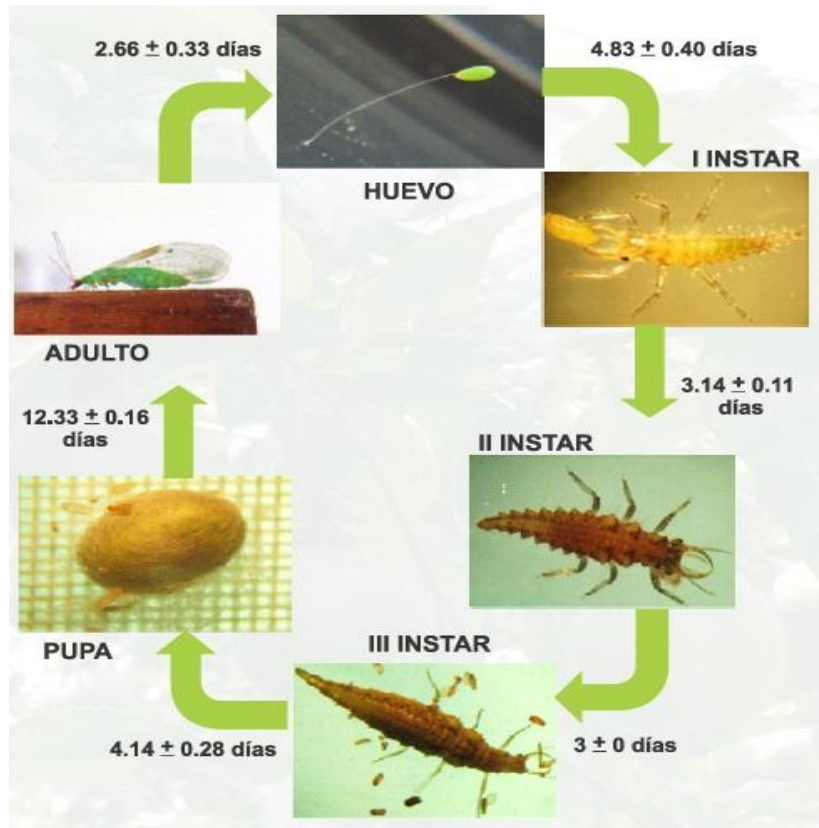


Figura 3. Ciclo biológico de *Chrysoperla externa*.¹⁴

2.3.2.4 Importancia como controladores biológicos

La mayoría de las especies del orden Neuróptera son depredadoras; en casi todos los Neurópteros las larvas poseen mandíbulas largas y curvadas que actúan como pinzas para agarrar y atravesar sus presas y succionar sus fluidos corporales.¹³

La familia Chrysopidae es la más importante de todos los depredadores de este orden. Actualmente se consideran los agentes biológicos decisivos para el control de plagas insectiles, habiéndose difundido su utilización en cultivos comerciales, invernaderos y jardines.³



Figura 4. Adulto de *Chrysoperla externa*.¹⁴

Chrysopidae es una de las familias de insectos más grande de los neurópteros con cerca de 2000 especies descritas que demuestra condiciones de adaptabilidad a diferentes ambientes, lo que les ha permitido una amplia distribución geográfica.¹⁵

Algunos de los géneros de mayor importancia reportados como controladores biológicos a nivel mundial son: *Chrysopa*, *Italochrysa*, *Glenochrysa*, *Meleoma*, *Anisochrysa*, *Notochrysa*, *Anomolochrysa*, *Notida*, *Chrysoperla*, *Ceraeochrysa*. Dentro de los grupos más conocidos por su importancia económica y que están siendo utilizados en varios programas de control biológico se consideran: El grupo “Carnea” con varias especies, grupo “sensustrictu” y el grupo “Cincta” “sensu latu”. El género *Ceraeochrysa*, reclasificado recientemente por Adams; anteriormente clasificado dentro del género *Chrysopa*, siendo las especies más conocidas: *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) y *Chrysopa lateralis*.¹⁶

Chrysoperla externa ha sido considerado de alto potencial para el control biológico por su elevada capacidad de adaptación y amplia distribución en distintos ecosistemas.^{15, 17}



Figura 5. Larva de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) consumiendo pulgones.¹⁴

2.3.3 Respuesta funcional predador - presa

La influencia del comportamiento de los predadores o parasitoides sobre la dinámica de sus poblaciones y de la de sus presas posee su mejor ejemplo en la respuesta funcional. El término, usado originalmente por Solomon en 1949,¹⁸ describe la relación entre el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, en un espacio e intervalo de tiempo fijo. La respuesta funcional es central para cualquier descripción sobre depredación o

parasitismo, precisamente porque el número de presas consumidas determina el desarrollo, supervivencia y reproducción de los depredadores o parasitoides.¹⁸

Sirve también para evaluar la potencialidad de agentes de control biológico de plagas.¹⁹

Por ejemplo, permite conocer la densidad asintótica (de saturación) de presas, más allá de la cual se incrementa la probabilidad de escape.²⁰

También permite entender relaciones coevolutivas predador-presa e inferir acerca de los mecanismos etológicos básicos implícitos en dichas interacciones.²¹

De entre los muchos modelos matemáticos que permiten evaluar la predación que desarrolla un determinado controlador biológico, está el modelo propuesto por Nicholson - Bailey, que incorpora los conceptos de respuesta funcional (T_h = tiempo de manipuleo, aportado por Holling en 1966), e interferencia mutua (aportado por Hassell y Varley en 1969), los cuales producen una ganancia sustancial en la estabilidad en las interacciones predador - presa o parasitoide huésped. Al analizar la estabilidad de los modelos relacionados con el control biológico.¹⁸

Identificaron tres factores importantes en la interacción parasitoide hospedero, todos relacionados con respuestas de parasitoides: (a) La respuesta funcional a cambios en la densidad del hospedero; (b) la respuesta a su propia densidad (interferencia mutua); y (c) la respuesta a la distribución del hospedero.

La potencialidad de un organismo como biocontrolador puede evaluarse a través de la respuesta funcional que expresa la relación entre la tasa individual de consumo del predador y la densidad de alimento disponible localmente. Esta respuesta asume que el predador ocupa su tiempo en dos actividades básicas: búsqueda de la presa (a) y manipulación de la misma (b) que incluye: perseguirla, matarla, comerla y digerirla.¹⁸

Describió tres tipos de respuestas posibles que respondían a ecuaciones de curvas lineales en aumento (tipo I), una curva que desacelera (tipo II), o una relación sigmoidea (tipo III). Las mismas varían en relación a la dependencia de la densidad de presa y si bien su determinación se realiza en un ambiente controlado, dan una idea del comportamiento predatorio pero a la vez permiten establecer comparaciones entre diversos predadores.¹⁸

a. La respuesta de tipo I, en la cual el número de presas consumidas (N_c) por unidad de tiempo de búsqueda del predador (T_b) crece linealmente con el

número de presas disponibles (N_d); la pendiente de esta relación (a') representa la eficiencia de búsqueda del predador (o también llamada tasa de ataque) y es la proporción de presas comidas por unidad de tiempo. Entonces, $N_c = N_d * T_b * a'$ (igual a la Ecuación básica de Holling: $y = a (T - by) x$; Donde: y = cantidad de presas atacadas; x = cantidad de la presa suministrada; T = tiempo total (en días) de exposición del predador y la presa; a = tiempo de búsqueda y b = tiempo de manipuleo). La tasa de consumo de presas por el predador es N_c / T_b .

b. La respuesta de tipo II, en la cual la forma funcional es de tipo cóncavo. Es la más frecuentemente encontrada en la naturaleza. Existe un aumento inicial en la tasa de consumo del predador con el aumento de la densidad de presas pero se produce una desaceleración continua hasta alcanzar un plateau. Esta desaceleración se debe a que el predador tiene una cantidad limitada de su tiempo (T) para invertir en la búsqueda de presas, y que cada presa le demanda un determinado tiempo de manipulación (T_m) para perseguirla, someterla, consumirla y prepararse para una nueva búsqueda. A medida que aumenta la abundancia de presas, es cada vez más fácil ubicarlas pero la manipulación demanda el mismo tiempo. Cuando la abundancia de presas es infinita, el consumidor pasa su tiempo manipulándolas. Esta es la tasa de consumo máxima o plateau de la relación. Entonces, $N_c = N_d * T * a' / (1 + a' * T_m * N_d)$.

c. La respuesta de tipo III o sigmoidea, en la cual existe un aumento inicial en la tasa de consumo con el aumento de la densidad de presas hasta un punto de inflexión en la cual comienza la desaceleración hasta alcanzar un plateau similar al que se da en la respuesta de tipo II. Esta respuesta de tipo III habitualmente se origina en que incrementos en la densidad del alimento lleva a un aumento en la eficiencia de búsqueda del predador o a una disminución de su tiempo de manipulación.

Las curvas de tipo I representan tasas de consumo de los predadores que aumentan linealmente con la densidad de presa, hasta que se alcanza un máximo donde la tasa de consumo permanece constante. Los predadores acuáticos presentan este tipo de curva reportado por Peckarsky en 1984,¹⁸ que precisamente es la que se espera encontrar en la presente investigación. La respuesta funcional de tipo II es curvilínea (cóncava), la tasa de consumo aumenta con la densidad de la presa, pero disminuyendo la velocidad de aumento hasta alcanzar una plataforma en la cual la tasa de consumo permanece constante, independientemente de la densidad de presa. Este tipo de

respuesta funcional ha sido observado frecuentemente en insectos acuáticos, como por ejemplo *Notonecta* alimentándose de larvas de mosquito reportado por Chesson en 1989,²⁰ La respuesta de tipo III es sigmoïdal, y también responde al tipo de comportamiento que muestran los insectos acuáticos reportado por Peckarsky en 1984.¹⁸ Existe un incremento inicial en la tasa de consumo con el aumento de la densidad de presas hasta un punto de inflexión, en la cual comienza una desaceleración hasta alcanzar un plateau similar al que se da en la respuesta de tipo II reportado por Chesson en 1989.²⁰ La información empírica muestra que los sistemas predador - presa son estables, pero los modelos teóricos demuestran que las respuestas funcionales de tipo I y II no son estables (llevan a la extinción de la presa o a escapar del control de los predadores). Muchos autores han intentado explicar estas diferencias proponiendo modelos en los cuales la estabilidad se incrementa con la heterogeneidad espacial, la presencia de refugios o de presas alternativas propuesto por Chesson en 1989.²⁰ Cada una de estas condiciones puede promover estabilidad en la tasa de predación denso - dependiente, en la cual los predadores consumen presas cuando las densidades de las mismas son altas que cuando son bajas. Por lo tanto, el predominio de respuestas funcionales inestables de tipo II reportadas para predadores acuáticos puede ser producto de las condiciones artificiales bajo las cuales fueron medidas por Peckarsky en 1984.¹⁸

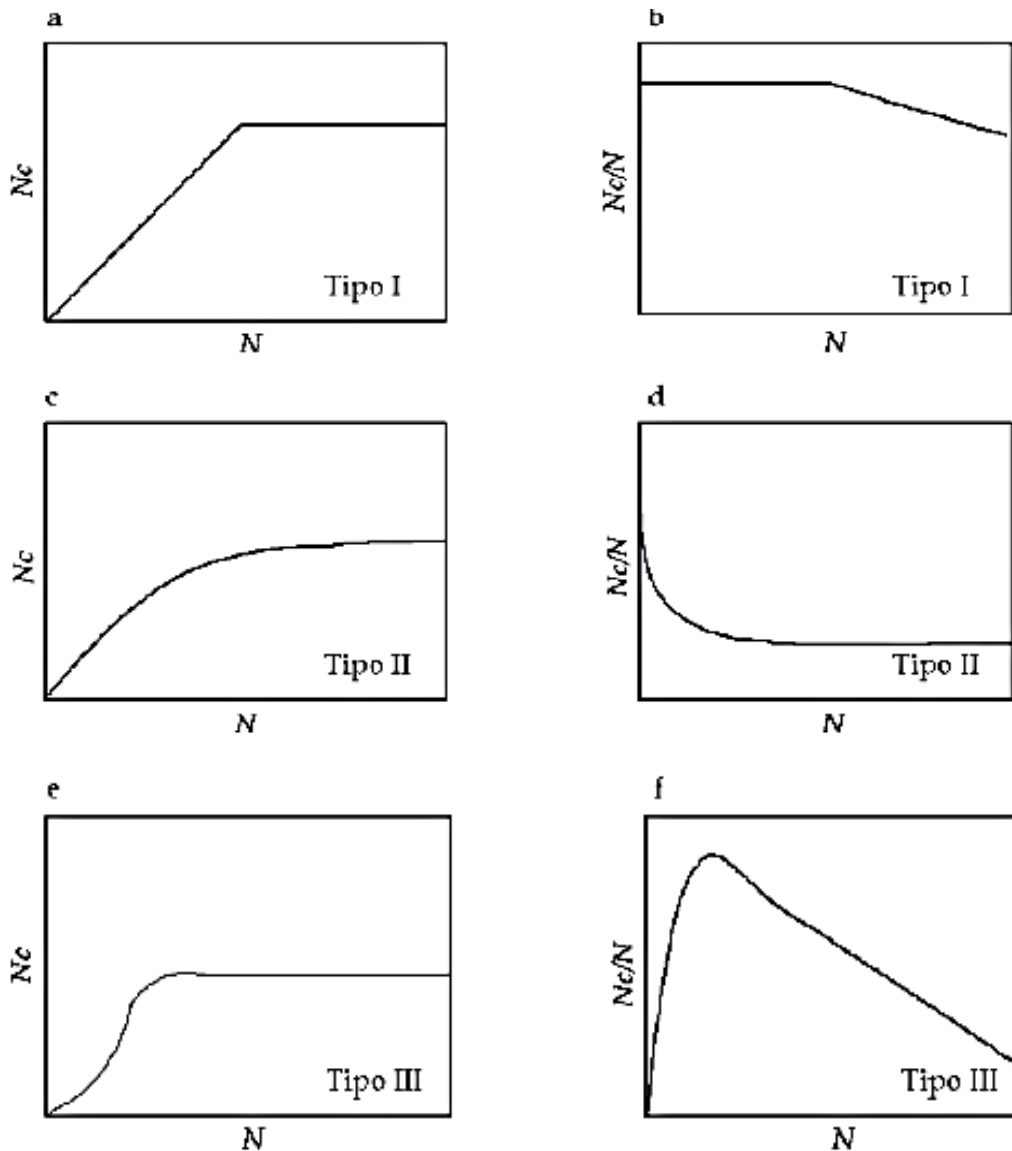


Figura 6. Los tres tipos de respuesta funcional más comunes. En a, c y e se muestra, para cada respuesta, la relación entre el número de presas consumidas por depredador (N_c) y el número de presas ofrecidas al depredador (N), mientras que en b, d y f, se muestra la relación entre la proporción de presas consumidas (N_c/N) y el número de presas ofrecidas al depredador.¹⁹

Por ejemplo, la mayoría de los experimentos de respuesta funcional de insectos acuáticos predadores han sido realizados bajo condiciones de laboratorio en la cual la especie de predador es provista de sólo una especie de presa que es distribuida homogéneamente en el hábitat experimental. Estas condiciones artificiales produjeron curvas de tipo II que son inestables. Sin embargo, información recolectada en la cual las condiciones de laboratorio proveyeron

hábitats heterogéneos, refugios para las presas, o presas alternativas, ajustaron a curvas estables de tipo III Peckarsky.¹⁸

Para estimar la respuesta funcional de un predador, básicamente es necesario estimar cuál es el número de presas consumidas por predador por unidad de tiempo, cuando el predador se enfrenta a distintas densidades de presas. Es muy importante para la estimación, que durante toda la experiencia, la densidad de presas se mantenga constante.

2.3.3.1 Factores que afectan el proceso predatorio de *Chrysoperla externa* en relación a sus presas

El éxito o fracaso de un predador está directamente relacionado con su comportamiento en relación a sus presas propuesto por New en 1981.¹ En el caso específico de *Chrysoperla externa*, podrán ser abordados tres aspectos:

a. Una forma de evitar el problema de la vulnerabilidad de los jóvenes insectos (primera fase posterior a la eclosión de los huevos) es procurando depositar sus huevos en masas, de esta forma la hembra posibilitará el aumento de insectos jóvenes originarios de una masa de huevos. En este caso, la capacidad de defensa será multiplicada por 50 veces en comparación con posturas puestas aisladamente; además de este comportamiento, los crisópidos poseen huevos pedunculados, hecho que incrementa las posibilidades de supervivencia de este insecto.

b. En relación a la oviposición, a pesar de que la mayoría de autores.^{17,1}, afirman que los crisópidos colocan sus huevos siempre próximos a sus presas. Según Fleschner en 1950,¹ afirma que al contrario de algunos grupos de predadores en los cuales las hembras depositan los huevos preferentemente donde haya presa, muchos neurópteros ovipositan alejados. Este factor disminuye significativamente sus oportunidades de sobrevivencia, una vez que emergieron las larvas tendrán que gastar energía para procurar una segunda alimentación, ya que la primera, son los restos de los propios huevos. En este caso, el predador estará expuesto y/o vulnerable a los factores bióticos y abióticos del medioambiente y, consecuentemente, la permanencia e incremento de este predador en el agro ecosistema será afectada. El canibalismo es considerado una estrategia positiva de los crisópidos, posibilitando al predador, sobrevivir en el campo en situación de extrema dificultad, cuando ocurre escasez de sus presas. Por otro lado, ese comportamiento puede interferir negativamente en programas de reproducción masal, cuyos objetivos sean la producción en

amplia escala del predador para liberación inoculativa o inundativa a nivel de campo, aunque, estudios recientes demuestran que al ofertar alimento en cantidad adecuada para el predador (fase joven) la tasa de canibalismo es prácticamente eliminada.¹

La mayoría de los casos de resistencia de plantas, abordada en la literatura, ha sido dirigida casi exclusivamente a las características intrínsecas de resistencia; por otro lado, se aprecia que, en la literatura sobre control biológico, las investigaciones certifican al observar la dinámica de las poblaciones predador-presa y parasitoide - hospedero, sus implicancias y la eficiencia de los enemigos naturales en encontrar su presa en ambos casos, las interacciones entre planta y enemigo natural han sido poco exploradas. Los últimos años, está siendo perceptible y clara la tendencia de una mayor concientización de la importancia de esos estudios y de sus aplicaciones prácticas.¹

Soares *et al.*,¹ afirma que la tasa de oviposición de muchos artrópodos-plaga está positivamente correlacionada con el aumento de la densidad de tricomas presentes en la planta, otros trabajos han demostrado que esas estructuras contribuyen negativamente, afectando, sobremanera, la respuesta funcional de muchos parasitoides y predadores con el cual constataron relación inversa entre la densidad de tricomas y el nivel de parasitismo de huevos de *Heliothis spp.* Por el parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Riley) y de predación por *Chrysopa rufilabris* (Burmeister). Como se verifica, los daños de *Heliothis spp.* han sido reducidos en el algodón glabro, debido a la no preferencia de los lepidópteros por esos materiales (resistencia intrínseca de la planta hospedera) y al aumento del control biológico natural, debido a la acción de los parasitoides y predadores (resistencia extrínseca) comparados a los genotipos pubescentes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo dentro del distrito de Ayacucho, ubicado políticamente en la provincia de Huamanga - Región Ayacucho, teniendo como centro de investigación el Laboratorio de Zoología (FCB - UNSCH) ubicado en la Ciudad Universitaria y como lugar de recolección de las muestras biológicas; pulgones *Aphis gossipii*, los campos de cultivo de hortalizas del Instituto de Investigación y Extensión Agraria-Ayacucho (INIA - Ayacucho) y de *Chrysoperla externa*, las plantas de “tara” (*Caesalpinia spinosa*) ubicados en la Ciudad Universitaria de la UNSCH.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Estuvo constituida por larvas de los instar I, II, y III de *Chrysoperla externa*, recolectadas y reproducidas en condiciones de laboratorio.

3.2.2 Muestra

- 100 Larvas I, II, y III instar de *Chrysoperla externa*, obtenidas de las crianza en laboratorio.
- 3000 ninfas y adultos de *Aphis gossipii* colectadas aleatoriamente de la crianzas masal en invernadero utilizando plántones de “lechuga seda” *Lactuca sativa* como planta hospedera.

3.2.3 Unidad de experimentación

Estuvieron constituidos por tapers donde se colocó un sustrato “lechuga seda” *Lactuca sativa*, en el cual se colocó 30, 35, 40, 45 y 50 *Aphis gossipii*, según al tratamiento al cual pertenecía.

3.3 Metodología

3.3.1 Recolección y mantenimiento del material biológico

a. *Aphis gossipii* “afidos”

Los pulgones fueron colectados de los cultivos de hortaliza de “Haba” *Vicia faba* y “Col común” *Brassica oleracea viridis* y correspondieron a la especie *Aphis gossipii*, identificados previamente, dichos insectos fueron colectados en los campos de cultivo de hortaliza del Instituto de Investigación y Extensión Agraria - Ayacucho (INIA - Ayacucho) y trasladados al laboratorio de Zoología - FCB (UNSCH) para su crianza masal sobre plántones de “lechuga seda” (*Lactuca sativa*) cultivadas en invernadero (Anexo 11.). Esta decisión fue tomada a razón de que en las pruebas preliminares los pulgones se adaptaron y desarrollaron óptimamente sobre dicha planta hospedera (lechuga seda).

b. *Crisoperla externa* “crisopas”

Los adultos de *Chrysoperla externa* fueron colectados con ayuda de una red entomológica en plantas de “tara” (*Caesalpinia spinosa*) presentes en la Ciudad Universitaria -UNSCH, en algunos casos se logró colectar posturas de huevo en hojas de la planta hospedera y posteriormente ambos materiales biológicos fueron llevados al laboratorio de Zoología (FCB - UNSCH) donde se procedió a la crianza de las posturas de huevos y los adultos de crisoperla (Anexo 9 y 10). Las crisopas adultas en parejas sexuales fueron criadas y mantenidas en 10 tapers de PVC de 20 cm de altura por 15 cm de ancho con tapa hermética acondicionada con una perforación en la parte media que fue protegida con tela tul a fin de favorecer la aireación y evitar el escape de los insectos; en la parte inferior de los recipientes se colocaron papel bond de 75 g en dobles, los que fueron cambiados cada dos días a fin de evitar la proliferación de hongos y otros patógenos. Internamente cada envase fue revestido con papel molde para favorecer la oviposición. La alimentación de los adultos fue diariamente con una dieta artificial constituida por levadura de cerveza y miel en proporción 1:1, de consistencia pastosa, pinceladas en tiras de parafilm® y fijadas en las paredes internas de los recipientes. Adicionalmente se colocó agua destilada embebida en algodón acondicionado en vasos descartables pequeños. Una vez se iniciada la postura de huevos, diariamente fueron retirados conjuntamente con el papel molde; el pedicelo de los huevos fue cortado con ayuda de una tijera entomológica. Los huevos de *Chrysoperla externa* fueron individualizados en tubos de vidrio de 2,5 cm de diámetro x 8,5 cm de largo, cubiertos con film de

polietileno y mantenidas en una estufa atemperada entre 25 a 27 °C y H.R. de aproximadamente 60% (generada por algodones embebidos con agua colocadas sobre una placa de Petri). Cada estadio larval fue alimentada diariamente con pulgones de *A. gossypii* obtenidos de la crianza masal hasta el momento de las pruebas experimentales. Los diferentes estadios larvales de *Chrysoperla externa* (I, II y III) fueron mantenidas por separado, así se logró disponer de aproximadamente 60 larvas de los instar I, II y III, los que fueron utilizados en las pruebas experimentales de respuesta funcional y capacidad predadora (Anexo 14).

c. *Lactuca sativa* “lechuga”

La hortaliza *Lactuca sativa*, fue cultivada previamente en dos camas de almacigo de 1 m de largo x 0,5 m de ancho y 0,20 m de altura, conteniendo como sustrato tierra negra (turba) y arena en proporción de 1:1 y una formulación de solución madre o stok propuesta por la Universidad Agraria La Molina (Anexo 6), a fin de conseguir plantones en óptimas condiciones para las pruebas experimentales. Una cama de los plantones fue utilizada para la crianza de pulgones, el cual estuvo aislado de la otra cama con una cubierta cuadrada confeccionada con alambre galvanizado y cubierta con malla tul. La otra cama con plantones de lechuga fue utilizada para las pruebas de respuesta funcional y capacidad predadora (Anexo 11).

De la cama de almacigo libre de pulgones fueron transferidos plantones de “lechuga seda” en óptimas condiciones de crecimiento con buen porte y follaje, de aproximadamente 10 cm de tamaño, a vasos descartables de 1L de capacidad conteniendo sustrato enriquecido con nutrientes, similar al usado en el almacigo (Anexo 12). Estos plantones fueron utilizados para la infestación con *A. gossypii*, para las pruebas de respuesta funcional y capacidad predadora. Las “lechugas seda” fueron mantenidas en promedio una semana luego del trasplante, a fin de permitir que el plantón se desarrolle e implante adecuadamente en los vasos descartables. Tanto las camas de almacigo como las de crianza de pulgones fueron mantenidas en un invernadero construido para este fin con armazón de fierro de tamaño de 5,0 m de largo por 3,0 m de ancho y una altura de 2,0 m revestida con malla rashel, a fin de aislar el ambiente experimental del ambiente externo y evitar la posible invasión de insectos indeseables que se desarrollan en plantas arbóreas y herbáceas presentes en los campos de la Ciudad Universitaria - UNSCH (Anexo 15), y en la que

interiormente se registró la temperatura que osciló entre 11,5 °C a 33 °C y la humedad relativa (entre 34 a 75 % H.R) durante el tiempo que duró el experimento, datos que fueron establecidos utilizando un termómetro de bulbo seco (T° B.S.) y otro de bulbo húmedo (T° B.H) y la gráfica psicométrica referidas en el (Anexo 7 y 8).

3.3.2 Determinación del tipo de respuesta funcional

Se prepararon las unidades experimentales de la siguiente manera:

Plantones de lechuga trasplantados a vasos descartables de polietileno de 1 L de capacidad y con una altura de aproximada de 10 cm, protegidas por vasos descartables revestidas con tela tul en la parte superior (Anexo 13), fueron infestados con ninfas y adultos de *A. gossypii* con densidades de 30, 35, 40 45 y 50 pulgones para el primer, segundo y tercer instar del predador. Cinco horas después de haber sido infestados los plantones de “lechuga” con los pulgones, se liberó una larva de cada instar de *Chrysoperla externa* por planta y por densidad de pulgón administrada. Después de las 24 h se contabilizó el número de pulgones consumidos por instar larvario del predador por tratamiento y su respectivo blanco experimental, para lo cual se hizo el conteo de las exuvias y/o insectos muertos por la actividad predadora de las larvas de las crisopas.

Los resultados del número de pulgones predados en cada una de las densidades evaluadas por día (24 horas), fueron utilizados para gráficamente determinar el tipo de respuesta funcional que mejor se ajuste a los modelos matemáticos propuestos por Pervez,¹⁸ modelo lineal, cóncavo o sigmoideo, para lo cual se realizó un análisis de regresión polinómica, relacionando la densidad de pulgones ofrecidos (X) vs el promedio de pulgones consumidos (Y) por cada instar larvario de *Chrysoperla externa* (I, II y III) evaluado. El coeficiente de determinación, (R^2), se utilizó como criterio de selección de los modelos matemáticos examinados. El R^2 , representa el nivel de relación existente entre las variables evaluadas. Aquellos modelos donde los valores del coeficiente de determinación estuvieron por debajo de 0,50 fueron descartados.²²

Adicionalmente se evaluó la capacidad de búsqueda y tiempo de manipuleo para cada instar larvario de *Chrysoperla externa*, como parámetro de medida de la respuesta funcional del predador en el control del pulgón *A. gossypii*, para lo cual se tomó en cuenta las fórmulas matemáticas propuestas por Holling y que se plantean a continuación.²⁰:

a. Capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque

Tomando en cuenta la ecuación básica de Holling reportado por Fernández *et al.*,¹⁹ se estimaron los parámetros de capacidad de búsqueda o eficiencia de búsqueda (E_b), Tiempo de manipuleo (T_h) y tasa de ataque (N_e) a través del método de cuadrados mínimos ordinarios para modelos no lineales, usando el paquete estadístico EXCEL 2007.¹⁹

A fin de analizar la forma de la respuesta funcional y confirmar entre una curva de tipo II o tipo III se ajustaron los datos a una gráfica de regresión polinómica de segundo grado con su respectiva regresión lineal, entre el número de pulgones ofrecidos (N_o) vs la proporción de presas consumidas (N_a / N_o) para cada estado larvario de *Chrysoperla externa*, generándose posteriormente la ecuación lineal.¹⁹ :

$$y = b x + a$$

Dónde:

y = Cantidad de presas atacadas/consumida

x = Cantidad de presas ofrecidas

b = Pendiente de la recta o eficiencia de búsqueda del predador (tasa de ataque)

a = Término independiente u ordenada al origen (larvas consumidas sobre densidad de larvas administradas)

• Capacidad de búsqueda o eficiencia de búsqueda (E_b)

La eficiencia de búsqueda o capacidad de búsqueda fueron estimadas para cada instar larvario del predador *Chrysoperla externa* (I, II y III) y densidad de pulgones ofrecidas a través de la fórmula propuesta por O'Neil y Stimac en 1988.¹⁹ :

$$E_b = (N_a / N_o)$$

Dónde:

E_b = Eficiencia de búsqueda (capacidad de búsqueda)

N_a = Número de presas (pulgones) consumidos

N_o = Número (densidad) de pulgones ofrecidos

• Tiempo de manipuleo (T_h)

El tiempo de manipuleo (T_h), que es el tiempo que demanda cada predador para perseguir, someter, consumir y prepararse para una nueva búsqueda de presa por un predador, fue calculado para cada instar larvario de *Chrysoperla externa* (I, II y III) a través de la "ecuación del disco" de Holling 1966,¹⁹ por el método no lineal de cuadrados mínimos y la aplicación de la siguiente fórmula propuesto por Rocha y Redaelli en 2004.¹⁹ :

$$\text{Tiempo de manipuleo (T}_h\text{)} = \frac{\text{Coeficiente de regresión o pendiente (b)}}{\text{Capacidad de búsqueda (Eb)}}$$

- **Tasa de ataque (N_e)**

Para las larvas I de *Chrysoperla externa* en la que se encuentra una respuesta funcional de tipo II, se estimó la tasa de ataque mediante la aplicación de la fórmula que se detalla a continuación.¹⁹ :

$$N_e = (a N_o T) / (1 + a N_o T_h)$$

Dónde:

N_e= Número de larvas predadas

N_o= Densidad de la presa

a = Tasa de ataque constante o tasa de búsqueda instantánea (= b)

T = Tiempo para contacto entre la presa y el predador

T_h= Tiempo de manipulación de la presa

Para las larvas II y III de *Chrysoperla externa* en la que se demostró el desarrollo de una respuesta funcional del tipo III (Fig. 9 y 11). La tasa de ataque (N_e) fue estimada mediante la aplicación de la siguiente fórmula propuesta por Fernández *et al.*,¹⁹ propusieron un modelo alternativo, conocido como “ecuación del depredador al azar:

$$N_e = N_o \{1 - \exp[a(T_h N_e - T)]\}$$

Dónde:

N_e= Número de larvas predadas

N_o= Densidad de la presa

a = Tasa de ataque constante o tasa de búsqueda instantánea (= b)

T = Tiempo para contacto entre la presa y el predador

T_h= Tiempo de manipulación de la presa

3.4 Diseño de investigación

El diseño experimental planteado para la presente investigación se adecuó a un modelo factorial al azar A x B (3 x 5), con 6 repeticiones y un blanco, donde A representa los tres estadios larvales de *Chrysoperla externa* (I, II y III); y B representa densidades de (30, 35, 40, 45 y 50 pulgones para el primer, segundo y tercer instar).

3.5 Análisis estadístico

Con la información generada en el experimento, se construyó una matriz de datos en el software Excel, lo que sirvió de base de datos para la construcción de una matriz en IBM SPSS 20, a partir del cual se calculó estadísticos descriptivos que son presentados en tablas y figuras. Asimismo con la finalidad de comparar el número de pulgones consumidos en los tres instar y las cinco densidades de presas, se aplicó un ANVA y posteriormente el Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

IV. RESULTADOS

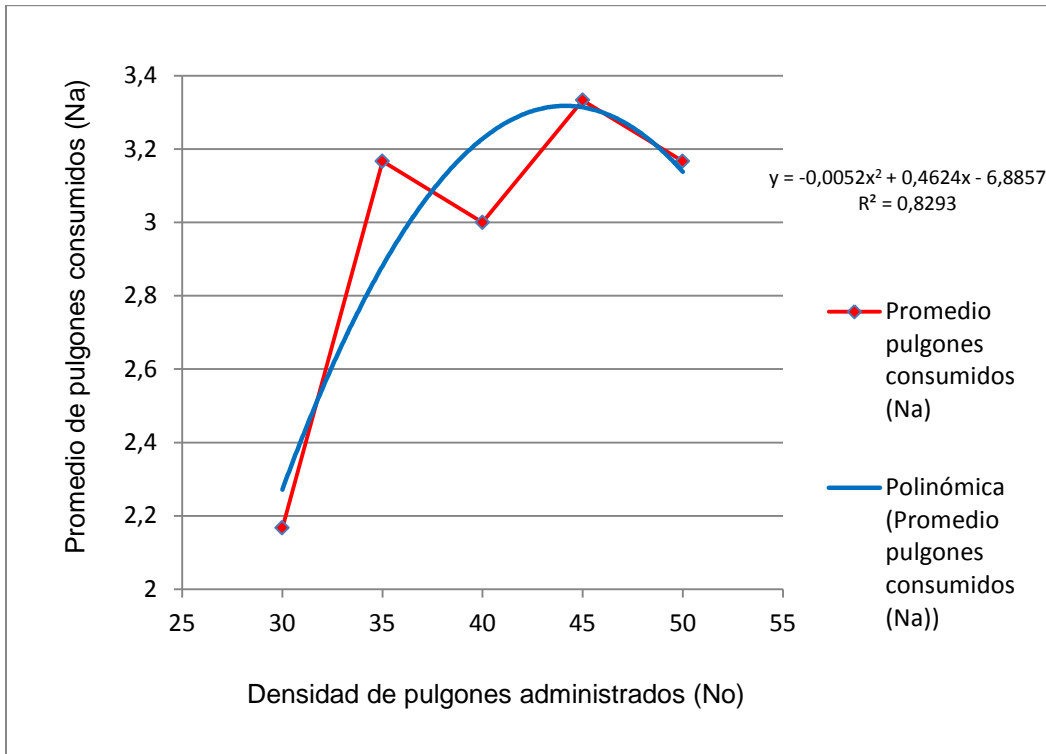


Figura 07. Respuesta funcional tipo II desarrollada por larvas del I instar de *Chrysoperla externa* en el consumo del pulgón *Aphis gossypii* a diferentes densidades, en ambientes controlados.

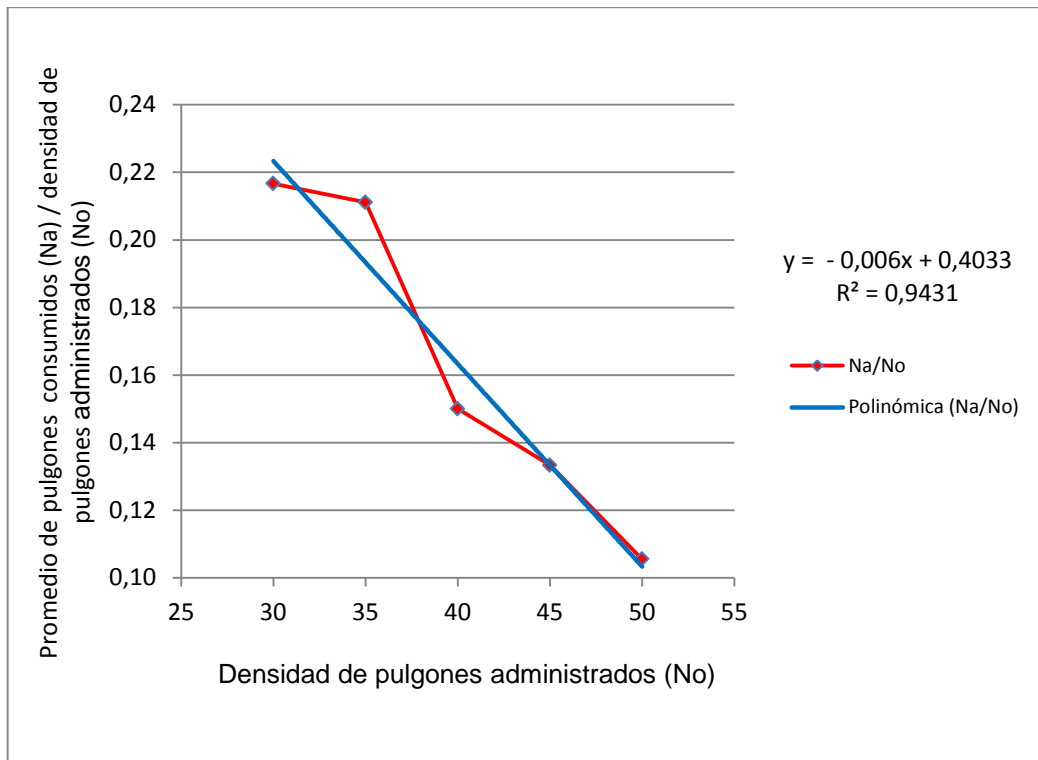


Figura 08. Comprobación del tipo de Respuesta Funcional (tipo II) desarrollado por larvas del I instar de *Chrysoperla externa* mediante la relación de la proporción de *Aphis gossypii* consumidos (N_a/N_o) vs la densidad de pulgones administrados (N_o).

Tabla 03. Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de larvas de I instar de *Chrysoperla externa* en el consumo de *Aphis gossypii* a diferentes densidades, en ambientes controlados.

Densidad de pulgones (No)	Promedio pulgones consumidos (Na)	Capacidad de búsqueda (Eb)*	Tiempo de manipuleo (Th) (por h)	Th (min)	Tasa de ataque (%)
30	2,2	0,07	0,083	4,98	4,26
35	3,2	0,09	0,066	3,98	4,97
40	3,0	0,08	0,080	4,80	5,65
45	3,3	0,07	0,081	4,86	6,34
50	3,2	0,06	0,095	5,68	7,00

(*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales en función al número de presas consumidas del total administrados.

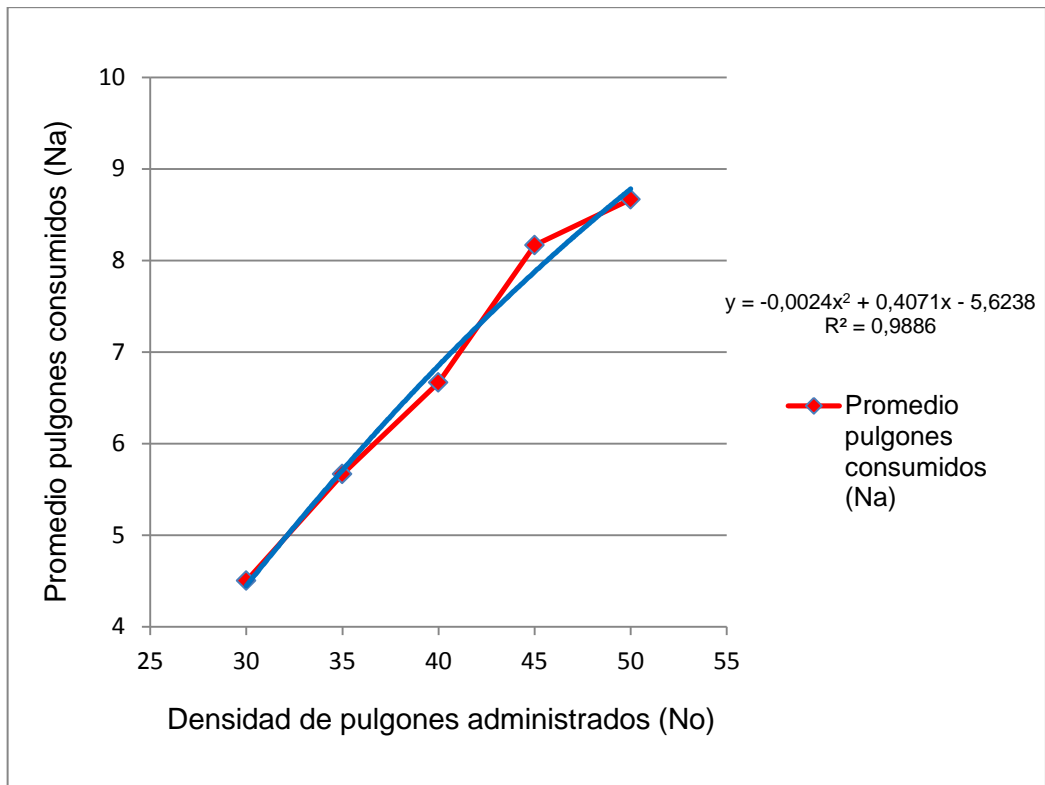


Figura 09. Respuesta funcional tipo III desarrollada por larvas del II instar de *Chrysoperla externa* en el consumo del pulgón *Aphis gossypii* a diferentes densidades, en ambientes controlados.

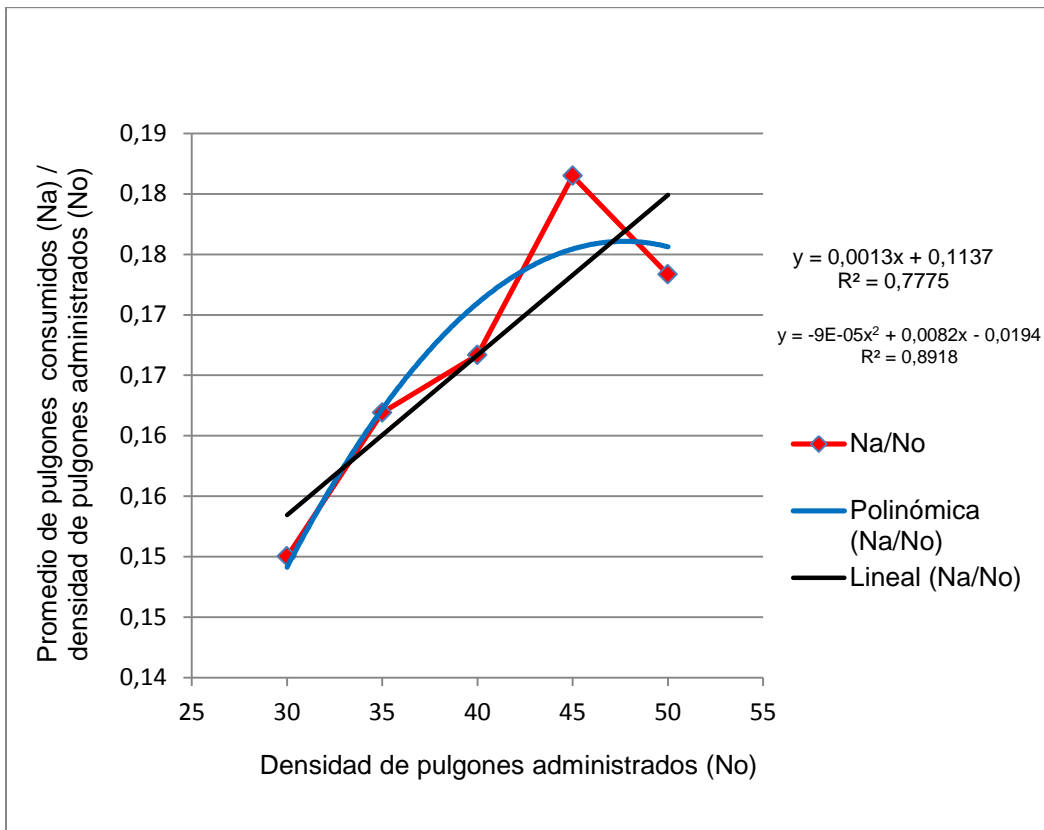


Figura 10. Comprobación del tipo de Respuesta Funcional (tipo III) desarrollado por larvas del II instar de *Chrysoperla externa* mediante la relación de la proporción de *Aphis gossypii* consumidos (N_a/N_o) vs la densidad de pulgones administrados (N_o).

Tabla 04. Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de larvas de II instar de *Chrysoperla externa* en el consumo de *Aphis gossypii* a diferentes densidades, en ambientes controlados.

Densidad de pulgones (No)	Promedio de pulgones consumidos (Na)	Capacidad de búsqueda (Eb)*	Tiempo de manipuleo (Th) por h	Th (min)	Tasa de ataque (%)
30	4,5	0,15	0,009	0,52	0,92
35	5,7	0,16	0,008	0,48	1,07
40	6,7	0,17	0,008	0,47	1,23
45	8,2	0,18	0,007	0,43	1,38
50	8,7	0,17	0,008	0,45	1,54

(*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales en función al número de presas consumidas del total administrados.

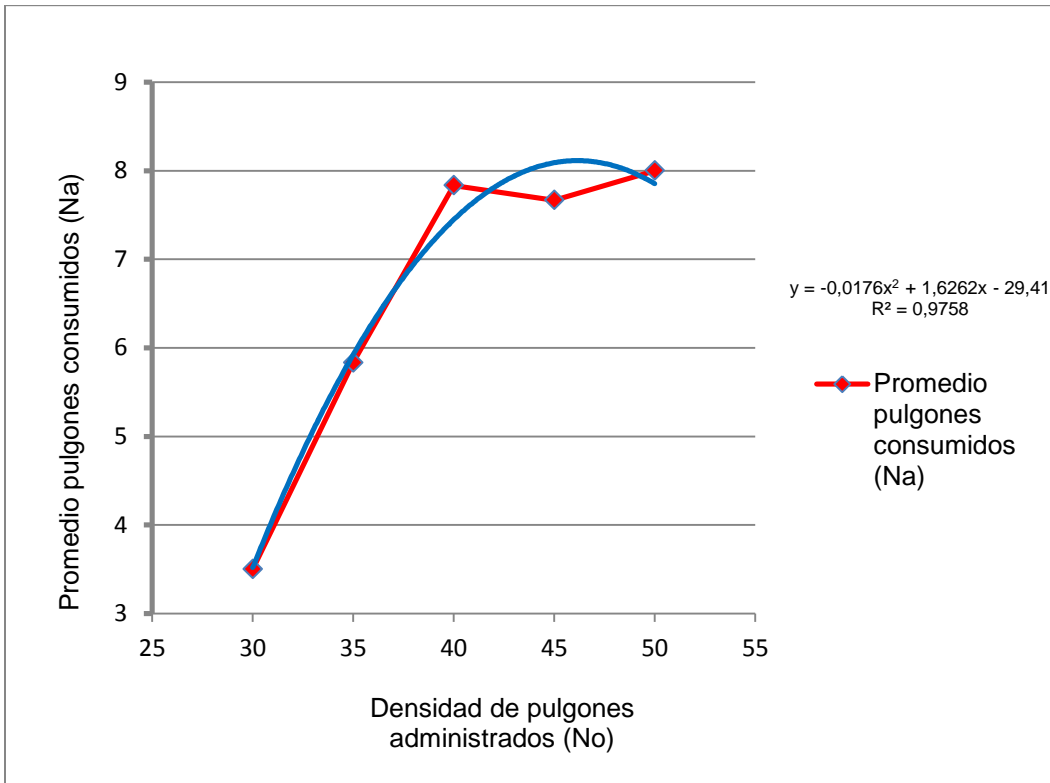


Figura 11. Respuesta funcional tipo III desarrollada por larvas del III instar de *Chrysoperla externa* en el consumo del pulgón *Aphis gossypii* a diferentes densidades, en ambientes controlados.

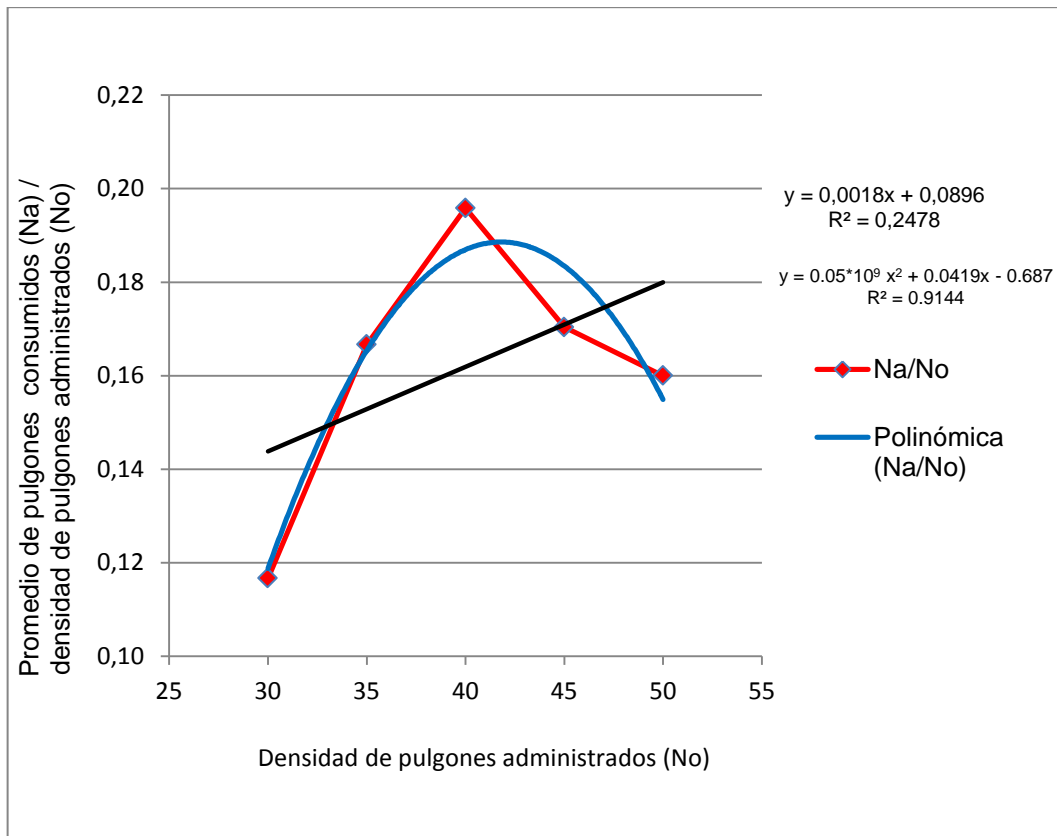


Figura 12. Comprobación del tipo de Respuesta Funcional (tipo III) desarrollado por larvas del III instar de *Chrysoperla externa* mediante la relación de la proporción de *Aphis gossypii* consumidos (N_a/N_0) vs la densidad de pulgones administrados (N_0).

Tabla 05. Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de larvas del III instar de *Chrysoperla externa* en el consumo de *Aphis gossypii* a diferentes densidades, en ambientes controlados.

Densidad de pulgones (No)	Promedio de pulgones consumidos (Na)	Capacidad de búsqueda (Eb)*	Tiempo de manipuleo (Th) por h	Th (min)	Tasa de ataque (%)
30	3,5	0,12	0,015	0,93	1,27
35	5,8	0,17	0,011	0,65	1,48
40	7,8	0,20	0,009	0,55	1,69
45	7,7	0,17	0,011	0,63	1,90
50	8,0	0,16	0,011	0,68	2,11

(*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales en función al número de presas consumidas del total administrados

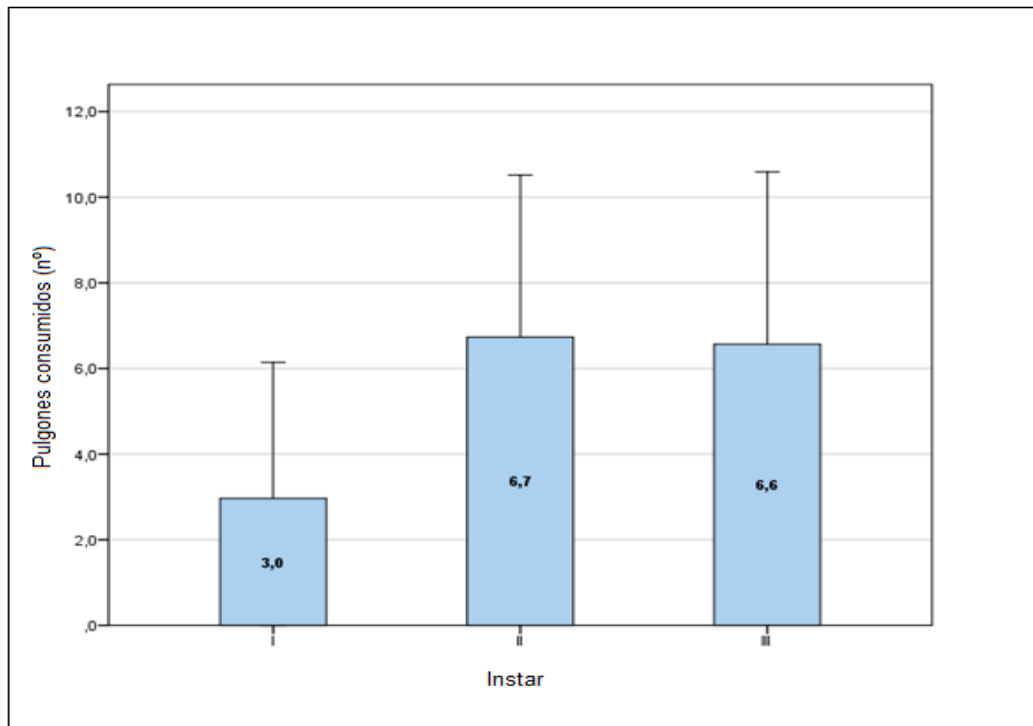


Figura 13. Valores de la media y desviación típica del número de pulgones consumidos en los tres estadios larvales de *Chrysoperla externa*.

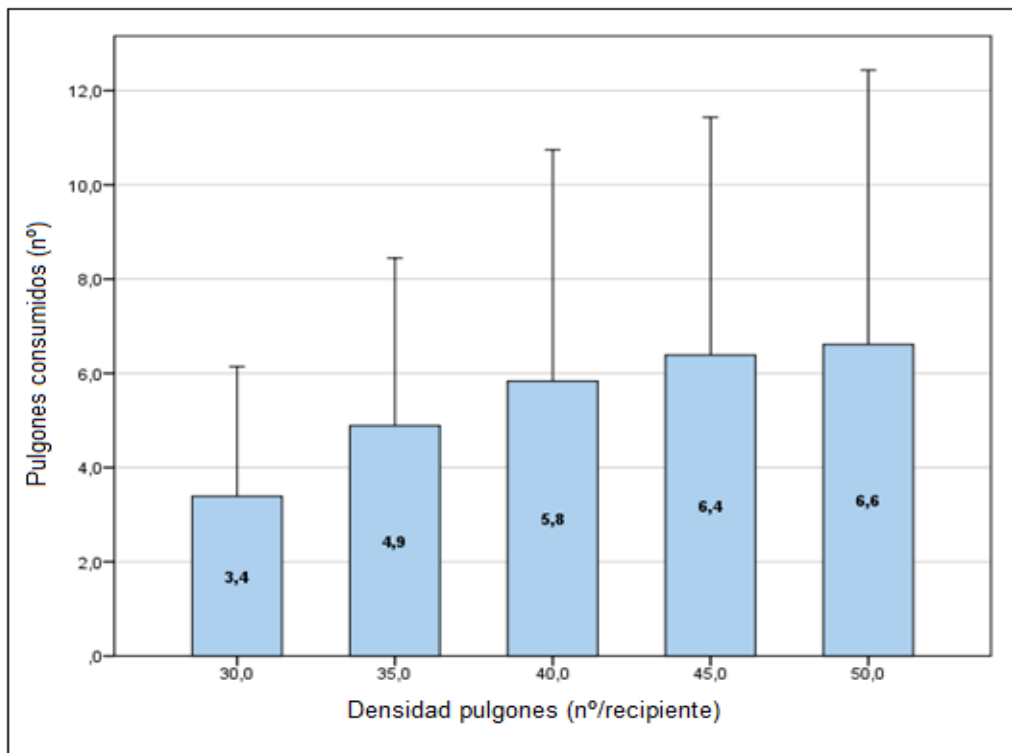


Figura 14. Valores de la media y desviación típica del número de pulgones consumidos en los tres estadios larvales de *Chrysoperla externa* según la densidad de pulgones administrados.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la respuesta funcional y capacidad predatora de *Chrysoperla externa* en el control del pulgón *Aphis gossypii* evaluadas en plántulas de lechuga en ambientes controlados, mostraron el siguiente patrón de comportamiento:

5.1 Respuesta Funcional

El estado larval I de *Chrysoperla externa*, para la respuesta funcional, muestra una gráfica del tipo II en el consumo del pulgón *Aphis gossypii* a diferentes densidades en ambientes controlados (Fig. 07), con un ($R^2=0,8293$), de característica polinómica, tipo de respuesta funcional que se caracteriza por ser curvilínea (cóncava), donde la tasa de consumo de pulgones aumenta con la densidad de presas administradas, hasta alcanzar un nivel de saturación en el cual la tasa de consumo permanece constante con tendencia a su disminución. Al efectuar la gráfica de comprobación de curva ($R^2=0,9431$) (Fig. 08), conforme lo propone Juliano en 1993,¹⁹ relacionando la proporción de presas consumidas (N_a/N_o) y el número de presas ofrecidas al depredador demuestra una tendencia decreciente conforme se incrementa el número de pulgones administrados, característico de la respuesta funcional del tipo II ($R^2=0,9431$).¹⁹

Este tipo de comportamiento probablemente es el que mejor se ajusta al estado larval I de *Chrysoperla externa*, si tomando en cuenta el planteamiento de Morales *et al.*²², quien manifiesta que aquellos modelos donde los valores del coeficiente de determinación (R^2) se aproximen a la unidad, son los que mejor reflejan el comportamiento que desarrolla un predador en el consumo de una presa.

Según Begon *et al.*,²⁰ respuestas funcionales de tipo I y II no son estables ya que llevan a la extinción de la presa o a escaparlas presas del control de los predadores, probablemente esta sea la razón por la que el predador disminuya

su consumo de presas a las mayores densidades, debido a que llega a un estado de saturación que le permite dejar libre a las presas. Este comportamiento, no es propio de insectos predadores terrestres, tal como lo menciona Peckarsky en 1984,¹⁸ quien indica que las curvas de tipo II son las que se esperan encontrar en insectos predadores acuáticos para este tipo de respuesta.

Según Pervez,¹⁸ manifiesta que las respuestas funcionales tipo II son las que frecuentemente se encuentran en la naturaleza, contrariamente a lo planteado por Peckarsky en 1984,¹⁸ existiendo un aumento inicial en la tasa de consumo del predador con el aumento de la densidad de presas pero se produce una desaceleración continua hasta alcanzar una constante. Esta desaceleración se debe a que el predador tiene una cantidad limitada de tiempo (T) para invertir en la búsqueda de presas, y que cada presa le demanda un determinado tiempo de manipulación (T_m) para perseguirla, someterla, consumirla y prepararse para una nueva búsqueda. A medida que aumenta la abundancia de presas, es cada vez más fácil ubicarlas pero la manipulación demanda el mismo tiempo. Cuando la abundancia de presas es infinita, el consumidor pasa su tiempo manipulándolas y no consumiéndola, aparentemente este sería el tipo de comportamiento que está ocurriendo en las larvas I de *Chrysoperla externa*.

Según la tendencia de la curva que muestra la Fig. 09, demuestra una respuesta funcional que se ajusta al modelo tipo III ($R^2=0,9886$), desarrollada por larvas del II instar de *Chrysoperla externa*, donde existe un aumento lineal de la tasa de ataque del predador respecto a la densidad de presas administrados, comportamiento atribuible a predadores insaciables,¹⁸ al comprobar el tipo de respuesta funcional considerando lo propuesto por Juliano en 1993,¹⁹ se demuestra claramente de que desarrollan una respuesta funcional del tipo III ($R^2=0,8918$), donde la proporción de presas consumidas inicialmente es elevado, alcanzando un nivel de saturación con tendencia a su disminución conforme se incrementa las presas administradas (Fig. 10).

Según Pervez,¹⁸ las respuestas funcionales tipo II son frecuentemente encontrados en la naturaleza, que probablemente sería la respuesta que deberíamos encontrar en larvas II de *Chrysoperla externa*, sin embargo nosotros en la presente investigación demostramos que al evaluar a *Chrysoperla externa* en el consumo de pulgones en ambientes controlados, hallamos una respuesta funcional del tipo III, típico de predadores que regulan el consumo de presas.

Este comportamiento según algunos autores, probablemente se debe al tiempo de duración del experimento, donde manifiestan que experimentos en tiempo fijo (preestablecido por el experimentador), producen generalmente respuestas de tipo II, este resultado puede no reflejar el verdadero comportamiento del predador en su ambiente natural. En experimentos de tiempo variable (no preestablecido) tienden a producir respuestas tanto de tipo I como de tipo III,^{3,15,19} así mismo, es posible que la planta hospedera este ejerciendo un efecto limitante en la predación, al permitir que la presa *Aphis gossypii* tenga mayor oportunidad de escape y por consecuencia limitar el encuentro entre predador-presa, dada las condiciones de la prueba fueron realizados en condiciones de ambientes controlados.

Según Monteiro dos Santos *et al*,⁵ la relación entre las variadas densidades de presas y consumo diario del pulgón *Aphis gossypii* por larvas de *Chrysoperla externa* en cultivares de algodón de las variedades Antares y Deltapine fueron lineales para todos los instares que evaluaron, verificándose un comportamiento diferente al hallado en la presente investigación para las larvas II de *Chrysoperla externa*. Los citados autores hallaron que a medida que se aumenta el número de pulgones ofrecidos, la capacidad de predación también se incrementa, pues en altas densidades de presa, el número de encuentros entre predador y presa es mayor, propiciando menor tiempo de búsqueda, tal como lo refieren Isenhour y Yeorgan en 1981,⁵ que para el primer y segundo instar de *Chrysoperla externa*, hallaron una tendencia de estabilización en el consumo de larvas alimentadas con pulgones en las densidades de 2 a 3, demostrando una respuesta funcional de tipo II, que tiene como característica el aumento del número de presas consumidas con las mayores densidades de la presa, decreciendo sin embargo cuando se alcanza un valor máximo lo que corrobora los resultados hallados.

En las larvas III de *Chrysoperla externa*, según la tendencia de la curva hallada en la (Fig. 11) muestra una respuesta funcional del tipo III ($R^2=0,9758$), similar al hallado en larvas II del depredador. Este comportamiento refleja que a menores densidades, existe alta predación, hasta que el depredador satisface su voracidad en la que deja libre a las presas, hecho que ocurre a las mayores densidades de presas administradas. Al comprobar el tipo de respuesta funcional considerando la propuesta de Juliano en 1993,¹⁹ se demuestra claramente de que desarrollan una respuesta funcional del tipo III ($R^2=0,9144$), donde la

proporción de presas consumidas inicialmente es elevado, alcanzando un nivel de saturación con tendencia a su disminución conforme se incrementa las presas administradas (Fig. 12).

Según reportes de Monteiro dos Santos *et al*,⁵ el consumo de pulgones de *Aphis gossypii* por larvas III de *Chrysoperla externa*, presentó mayor capacidad de depredación a la densidad 3 (15 larvas por predador) esta densidad no fue suficiente para causar la estabilización de la presa, el predador no se mostró saciado con las densidades ofrecidas contrariamente a lo hallado en la presente investigación donde pese a tener una mayor cantidad de presas el predador solo alcanzo a consumir en promedio de ocho pulgones a la densidad de cincuenta pulgones administrados.

Según los autores mencionados líneas arriba, el aumento de la capacidad de predación en función del incremento en las densidades de pulgones ofrecidos al predador evidencio una respuesta funcional lineal positiva para todos los instares de *Chrysoperla externa*, cuando fueron mantenidos en cultivares de las variedades de Antares y Deltapine.

El comportamiento insaciable de predación que muestra en un momento las larvas II y III de *Chrysoperla externa*, probablemente esté relacionado con la mayor necesidad alimenticia que muestra el predador en comparación al estado larval anterior (larva I de *Chrysoperla externa*), debido a que su proceso metamórfico hace que demande de una mayor cantidad de nutrientes y energía que compensen los requerimientos de ingresar al último estadio larval (III) y que le permita alcanzar la madurez por medio de grandes cambios estructurales y fisiológicos. En insectos la metamorfosis involucra ruptura de tejidos larvales y el reemplazo por una población diferente de células. No sólo hay cambios de tamaño y un aumento del número de células sino que hay cambios de diferenciación celular.¹⁶

5.2 Capacidad de Búsqueda, Tiempo de Manipuleo, Tasa de Ataque

El promedio de pulgones consumidos por larvas I de *Chrysoperla externa*, oscila entre 2,2 a 3,2 pulgones/predador, rango que está relacionado con la cantidad de presas disponibles en el medio, y que relativamente no difieren entre una densidad de otra. En la Capacidad de Búsqueda (Eb) (Tabla 03), el primer estadio larval de *Chrysoperla externa* captura entre 07 a 09 % de pulgones en los plantones de lechuga a las densidades iniciales de 30 y 35 áfidos respectivamente, en tanto que cuando se incrementa el número de presas

administradas, esta capacidad decrece entre 08 y 06% a densidades de 40 y 50 pulgones por planta en ambientes controlados. Para dichos resultados (Tabla 03), el Tiempo de Manipuleo (Th por minuto), oscila entre 4,98 a 3,98 min. para las dos primeras densidades, incrementándose sustancialmente de 4,80 a 5,68 min. alas mayores densidades, tiempo que demanda al predador (larva I de *Chrysoperla externa*) en perseguir, someter, consumir y prepararse para una nueva búsqueda de presa (pulgones). En cuanto se refiere a la Tasa de Ataque (Ne), es decir al número de áfidos que son atacados en relación al número de pulgones administrados, es evidente que el porcentaje de ataque se incrementa en proporción directa al incremento de las densidades, en un rango que oscila entre 4,26 a 7,00 % y que estos estarían desarrollando un comportamiento denso-dependiente inversa.

Para el caso de las larvas II de *Chrysoperla externa*, el promedio de pulgones consumidos sigue la misma tendencia que las larvas I, ya conforme se incrementa la densidad de presas aumenta el consumo (promedio de 4,5 a 8,7 pulgones/predador). La Capacidad de Búsqueda (Eb) de los pulgones (Tabla 04), oscila entre 15 a 16% a las densidades de 30 y 35 pulgones administrados, porcentajes que sustancialmente no se ven incrementados si los comparamos con los resultados hallados a las densidades de 45 y 50 pulgones, donde los porcentajes de búsqueda alcanzan 18 y 17%, respectivamente. Estos resultados nos muestran que presumiblemente en esta etapa de desarrollo, las larvas II de *Chrysoperla externa*, independientemente del incremento de la densidad de pulgones administrados, mantienen un consumo promedio de presas y una capacidad de búsqueda constante y que si bien se encuentran diferencias numéricas en el consumo y hallazgo de presas, éstas proporcionalmente son idénticas, que nos ayudarían a demostrar el comportamiento insaciable denso-dependiente directa de estos predadores, tal como se analizó en el Tipo de Respuesta Funcional del ítem 5.1. Por otro lado, las proporciones de capacidad de búsqueda de larvas II, no difieren sustancialmente de los resultados hallados en las larvas I de *Chrysoperla externa* (Tabla 03), por lo que asumimos que estos insectos son ávidos buscadores de presas en todos los estadios larvales, un indicador para ser considerados e incluido dentro de los programas de control biológico. Para complementar el análisis de los resultados hallados y reportados en la Tabla 04, en el Tiempo de Manipuleo (Th en min.), las larvas II de *Chrysoperla externa* tardan entre 0,52 a 0,43 min. en perseguir, someter,

consumir y prepararse para una nueva búsqueda de presas, tiempos que guardan relación directa con el promedio de pulgones consumidos y que a su vez son independientes de las densidades administradas, es decir no por disponer de mayor cantidad de presas en el medio las larvas II de *Chrysoperla externa* manipulan más rápido las presas, estos organismos utilizan un tiempo promedio, que para el caso difiere con los resultados hallados en las L I del predador, donde ocupan un mayor tiempo en manipular las presas (entre 4,98 a 5,68 min) y que guarda relación con el incremento de las densidades, justificable si tomamos en cuenta el tamaño relativamente pequeño de las L I de *Chrysoperla externa*. Consecuentemente la Tasa de Ataque (Ne), oscila entre 0,92 a 1,54%, es decir que cuanto menor es la densidad de pulgones en el medio, menor es el ataque que reciben por el predador contrariamente a lo que sucede en caso de disponer de una mayor cantidad de presas, donde las tasas de ataque se incrementan. Este mismo comportamiento apreciamos en caso de las larvas I de *Chrysoperla externa* (Tabla 03). Finalmente, la Capacidad de Búsqueda (Eb) para las larvas II de *Chrysoperla externa*, oscilan entre 1,5 a 1,7% de pulgones en los plantones de lechuga a las densidades de 30 y 50 áfidos respectivamente, valores que se incrementan conforme el predador halla mayor cantidad de presas en las hojas de la planta hospedera, resultados que relativamente difieren al ser comparado con las L I de *Chrysoperla externa*, y que como se dijo anteriormente podría estar relacionado al tamaño corporal de cada uno de los estadios evaluados.

En el análisis de los resultados, de pulgones consumidos por larvas III de *Chrysoperla externa*, podemos apreciar que para las primeras densidades ofertadas (30 a 35) la media oscila entre 3,5 a 5,8, en tanto que para las mayores densidades (45 a 50), el promedio va de 7,7 a 8,0 pulgones por predador (Tabla 05), promedio de consumo que no difiere sustancialmente de las que fueron halladas en caso de las larvas II de *Chrysoperla externa* (Tabla 04), resultados comprensibles si tomamos en cuenta que en ambas etapas de desarrollo el predador resulta ser muy agresivo y voraz por los mismos requerimientos energéticos y nutricionales que presentan las larvas en su preparación para alcanzar el estado de pupa y finalmente la fase adulta. En este caso, la Capacidad de Búsqueda (Eb) que muestran las larvas III de *Chrysoperla externa* oscila entre 12 a 17% de pulgones por planta para las dos primeras densidades, a partir de la densidad 45 de pulgones administrados esta

capacidad se reduce relativamente entre 17 a 16% (Tabla 05). Tan igual como en caso de las L II de *Chrysoperla externa*, la proporción de búsqueda de presas numéricamente es diferente, sin embargo guardan estrecha cercanía en los resultados hallados, demostrando una vez más que la predación es relativamente mayor en las larvas II y III de *Chrysoperla externa*. El Tiempo de Manipuleo (Th por min.), para el caso particular, es mayor a la densidad de 30 pulgones ofertados, alcanzando 0,93 min. en el tiempo que le demanda al predador en perseguir, someter, consumir y prepararse para una nueva búsqueda de pulgones, resultado que difiere de lo alcanzado en las larva I y II del predador (Tablas 03 y 04), y al que no encontramos explicación lógica. Sin embargo cuando analizamos en las demás densidades el Tiempo de Manipuleo (Th por min.), estas se encuentran entre los rangos de 0,55 a 0,68 min. por promedio de pulgones consumidos, resultados que no dependen directamente de las densidades de pulgones ofertados, tan igual como en caso de las larvas I y II de *Chrysoperla externa*, demostrando una vez más que el predador desarrolla su predación con característica denso-dependiente directa, propia de predadores terrestres tal como lo refieren.^{20,19} En cuanto se refiere a la Tasa de Ataque (Ne) que desarrollan las larvas III de *Chrysoperla externa*, estas oscilan entre 1,27 a 2,11% conforme se incrementan las densidades ofertadas, si bien numéricamente son diferentes en las tasas, no difieren de las halladas en caso de las larvas I y II de *Chrysoperla externa*, demostrando su atributo predador una vez más las larvas de *Chrysoperla externa*.

Monteiro dos Santos *et al*,⁵ al llevar a cabo la evaluación de la predación de *Chrysoperla externa* en el consumo medio de pulgones en plantas de algodón de las variedades Deltapine y Antares, demostraron que las larvas mantenidas en el cultivar Deltapine a la densidad de diez predó una menor cantidad de presas; una larva de *Chrysoperla externa* predó en promedio 3,4 pulgones, en tanto que aquellas que fueron mantenidas en el cultivar Antares presentaron consumo medio de 5,5 pulgones. Para el primer y segundo instar de *Chrysoperla externa* hubo una tendencia de estabilización en el consumo de larvas alimentadas con pulgones en las densidades de dos a tres, demostrando una respuesta funcional de tipo II, que tiene como característica el aumento del número de presas consumidas con las mayores densidades de la presa, decreciendo sin embargo cuando se alcanza un valor máximo, resultados que concuerdan plenamente con los alcanzados en la presente investigación.

Según Monteiro dos Santos *et al.*,⁵ para el tercer instar de *Chrysoperla externa*, indica que la larva presenta mayor capacidad de predación, el consumo fue ascendente hasta la densidad tres, en ese caso, las tres densidades de presa ofrecidas no fueron suficientes para causar la estabilización en el medio y ocurrir la disminución de la población de pulgones, el predador no se mostró saciado con las densidades ofrecidas, hecho que difiere con nuestros resultados, en vista que las densidades ofertadas para el tercer estadio de *Chrysoperla externa*, resultaron ser más que suficientes para alcanzar estabilidad en el medio, demostrando un comportamiento lineal positivo y creciente, típico de las respuestas funcionales Tipo III (larva II y III de *Chrysoperla externa*) que fueron halladas en la presente investigación.

En la Figura 13, se muestra los valores de la media del número de pulgones consumidos por tres instar de *Chrysoperla externa*, en la que se observa que a medida que el instar se cambia a niveles superiores, el número de larvas consumidas se incrementa, así por ejemplo en el instar I en promedio se consumió 3 pulgones, mientras que en el instar II y III los promedios fueron de 6,7 y 6,6 respectivamente. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 1) se halló significancia estadística ($p < 0,05$) lo que quiere decir que el número de pulgones consumidos es diferente en los instar, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey (Anexo 2), donde los instar II y III consumen mayor número de pulgones en comparación con el instar I.

En la (Fig. 14) se muestra los valores de la media del número de pulgones consumidos en cinco densidades de presas administradas por larvas de *Chrysoperla externa*, en la que se observa que a medida se incrementa el número de presas, también el número de presas consumidas también se incrementa, es así que para la densidad de 30 pulgones se consumió en promedio 3,4 pulgones, mientras que para una densidad de 50, el consumo promedio fue de 6,6. Al realizar el análisis de varianza (Anexo 1) se halló significancia estadística ($p < 0,05$) lo que quiere decir que el número de pulgones consumidos varía según la densidad de presas ofrecidas, por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey (Anexo 8) en la que se observa que en las densidades 45 y 50 existe mayor consumo, mientras que en la densidad de 30 es menor el consumo.

Finalmente la búsqueda de enemigos naturales para su utilización en programas de control biológico, si bien deben de contar con los atributos de: (a) alta

eficiencia en su capacidad intrínseca de búsqueda, lo cual es necesario para lograr el equilibrio a densidades bajas; (b) poco tiempo de manipuleo (T_h) en relación con el tiempo total de búsqueda (T), lo que minimizará la inestabilidad resultante de la respuesta funcional; (c) un grado de interferencia mutua en el rango de $0 < m < 1$, lo que contribuye a la estabilidad de la interacción, y (d) alto grado de agregación de los predadores o parasitoides con respecto a la distribución del hospedero.¹³, sin embargo, aunque estos atributos tienen un respaldo teórico robusto, es aún difícil predecir el grado de éxito que tendrá en los programas de control biológico. A la luz de los resultados hallados en la presente investigación es alentador considerar a *Chrysoperla externa* como un firme candidato en programas de control biológico de pulgones en ambientes controlados, por sus cualidades de alta capacidad de búsqueda, y bajos tiempos de manipuleo.

VI. CONCLUSIONES

1. La larva I de *Chrysoperla externa* desarrollaron una respuesta funcional Tipo II ($R^2=0,8293$), de características densodependiente inversa, en tanto que las larvas de II y III mostraron una respuesta funcional del Tipo III, (densodependiente directa) en el control del pulgón *A.gossypii* en ambientes controlados.
2. El promedio de pulgones consumidos por estadio larval de *Chrysoperla externa* a diferentes densidades ofertadas, en condiciones de ambiente controlado, no son iguales, existiendo diferencias estadísticas significativas en los resultados ($p<0,05$). Demostrando que tanto larva I, II y III de *Chrysoperla externa* desarrollan alta capacidad de búsqueda, bajos tiempos de manipuleo y tasa de ataque constante en el consumo de los pulgones *A.gossypii*.

VII. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar investigaciones que permitan demostrar la preferencia y selección de presas por parte de las larvas de *Chrysoperla externa* a fin de establecer el tipo de insecto que mejor es controlado por el predador a fin de recomendar su utilización en programas de control biológico de insectos plaga de importancia agrícola.
2. Comparativamente demostrar que plantas hospederas limitan la capacidad de predación de las larvas de *Chrysoperla externa* y por consecuencia el consumo de presas en el control de los insectos plaga.
3. En vista que los predadores como las larvas de *Chrysoperla externa* son sensibles a ser afectados por la aplicación de insecticidas, se recomienda desarrollar investigaciones que permitan establecer la influencia de la aplicación de plaguicidas en la capacidad de predación de las larvas de *Chrysoperla externa* en el control de insectos plagas de importancia agrícola.
4. Aunque estos atributos demostrados por las larvas del predador *Chrysoperla externa* en el consumo de diferentes densidades de pulgones, en ambientes controlados y utilizando como planta hospedera la "lechuga seda" (*Lactuca sativa*) tienen un respaldo teórico y práctico robusto, es aún difícil predecir el grado de éxito que tendría en caso de que fuere utilizado en los programas de control biológico.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Soares J, Cordão-Sobrinho F, Santos M. Factores que afectan a predación de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). [revista en internet]* 2002; [fecha de acceso 27 de febrero de 2010]. Disponible en: <http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2002/DOC100.pdf>.
2. Delfino M. Inventario de las asociaciones áfidos - planta en el Perú. Rev. Ecología Aplicada [revista en internet]* 2005; (4):143-148. Disponible en: <http://www.trebago.com/imagenes/revistas/8/plagas3.jpg>
3. Núñez E. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraerochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). Rev. per. Ent. 1998; 31: p. 76 – 82. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/crisopa>.
4. Auad M, De Freitas S, Borboza R. Influencia de la dieta en la respuesta funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentadas con *Uroleucon ambrosiae* (Tomas) (Hemiptera: Aphididae). Bol. San. Veg. Plagas. 2001; 27: p. 455-463.
5. Monteiro T, Boiça L, Barbosa C, Reposta funcional de *Chrysoperla externa* a *Aphis gossypii* em cultivares de algodoeiro. Rev. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 2005; 74: 41-47.
6. Heneberry J, Jech F. Cotton aphid biology and honeydew production. Arizona Cotton Report. The University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences 2001: [acceso 30 de noviembre del 2012]. Disponible en: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1221/>
7. Nieto N, Durante M. Tratado de Entomología. Barcelon: Omega S.A; 1985; p. 599. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Pulgones>
8. Gillott C. Entomology. 3a Edition. Netherlands. Published by Springer; 2005.
9. Infoagro. Control de áfidos o pulgones; 2009 [fecha de acceso 14 de marzo de 2010].
10. Zamora G, Martínez L, Guerrero A, Fuentes-Guerra U, Hernández A. Sanidad vegetal 2008: [acceso 05 de marzo del 2008]. Disponible en: http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/sanidad-vegetal/Sanidad_vegetal/Tema%2010_HTML/page_17.htm
11. Infoagro. Control de áfidos o pulgones; 2002 [fecha de acceso 16 de marzo de 2010]. Disponible en: <http://www.abcagro.com/hortalizas/pulgones1.asp>.
12. Cuesta A, Guarín H. Estudio de *Chrysoperla externa* bioinsumo para el manejo de Thrips palmi Karny. En Thrips palmi Karny en el Oriente Antioqueño. [revista en internet]* 2003 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Antioquia – Colombia. p. 26-24. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/211200913_28_39.pdf
13. De Bach P. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Madrid, España. Ediciones Mundi Prensa. 1977.
14. Salamanca J, Varón E, Santos O. Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. [revista en internet]* 2010 Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(1): 31-40. Disponible en: <http://cexternacontrolbiologico.blogspot.com/>
15. Giffoni J, Valera N, Diaz F, Vásquez C. Ciclo biológico de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada con diferentes presas. Bioagro. 2007; 19 (2): p. 109-113.
16. Velásquez P. Estudio de la biología de *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada con dos tipos de presa en condiciones de

- laboratorio. Programa de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. 2004. Colombia. p. 35 Disponible en: http://webapp.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/biologia_ceraeochrysa.pdf
17. Albuquerque S, Tauber A, Tauber J. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history and potential for biological control in Central and South America. *Biological Control*. 1994; 4:8-13.
 18. Pervez O. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *J Insec Science*. 2005; 5: p. 1-6. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1283886/pdf/i1536-2442-005-05-0001.pdf>
 19. Fernández V, Corley C. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Sci Technol*. [revista en internet]* [fecha de acceso 16 de diciembre de 2002]. 13:403-413. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0958315031000104523#.U2LLy3kVvIU>
 20. Begon M, Harper L, Townsend R. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona-España. Ed. Omega; 2000.
 21. Houck A, Strauss E. The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation. *Can Entomol*. 1985; 117:617-629. Disponible en: <http://www.carm.es/siga/mnatural/Humedal/publica/mosquito.pdf>
 22. Morales J, Gallardo S, Vásquez C, Ríos Y. Respuesta funcional de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) a los huevos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). 2001; *Bioagro*; 13(2):49-55. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/857/85713201.pdf>.
 23. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). *Apunte curso taller: Hidroponía en las instituciones educativas*. Editorial Imprenta Unión de la Universidad Peruana Unión. Lima; 1996.
 24. Arones Quispe C. *Estudio Experimental para el diseño de un secador solar de café [tesis Pregrado]*. Ayacucho: Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 1987.

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de varianza de efectos principales para comparar tres instar de larvas de *Chrysoperla externa* y cinco densidades de pulgones administrados.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Pulgones consumidos (n°)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	396,600 ^a	6	66,100	32,395	0
Interceptación	2646,044	1	2646,044	1296,808	0
Instar	271,756	2	135,878	66,593	0
Densidad pulgones n° recipiente	124,844	4	31,211	15,296	0
Error	169,356	83	2,040		
Total	3212,000	90			
Total corregido	565,956	89			

a. R al cuadrado = 0,701 (R al cuadrado ajustada = 0,679)

Anexo 2.

Test de Tukey para comparar las medias del número de pulgones consumidos en por tres instar de larvas de *Chrysoperla externa*.

Pulgones consumidos (n°)				
HSD Tukey ^{a,b}				
Instar		N	Subconjunto	
			1	2
I		30	2,967	
III		30		6,567
II		30		6,733
Sig.			1,000	0,894

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 2,040.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

b. Alfa = 0,05.

Anexo 3.

Test de Tukey para comparar las medias del número de pulgones consumidos por larvas de *Chrysoperla externa* en cinco densidades de pulgones administrados.

Pulgones consumidos (n°)				
HSD Tukey ^{a,b}				
Densidad pulgones (n°/recipiente)	N	Subconjunto		
		1	2	3
30	18	3,389		
35	18		4,889	
40	18		5,833	5,833
45	18			6,389
50	18			6,611
Sig.		1,000	0,283	0,481

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

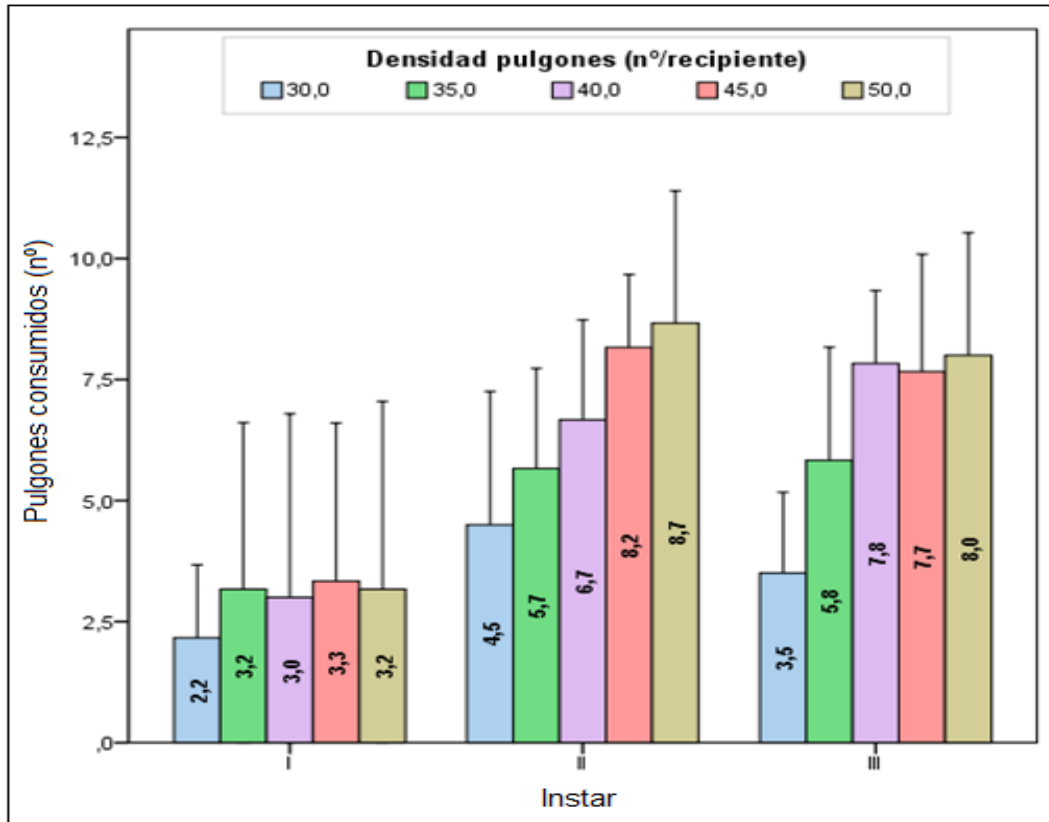
El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,040.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,000.

b. Alfa = 0,05.

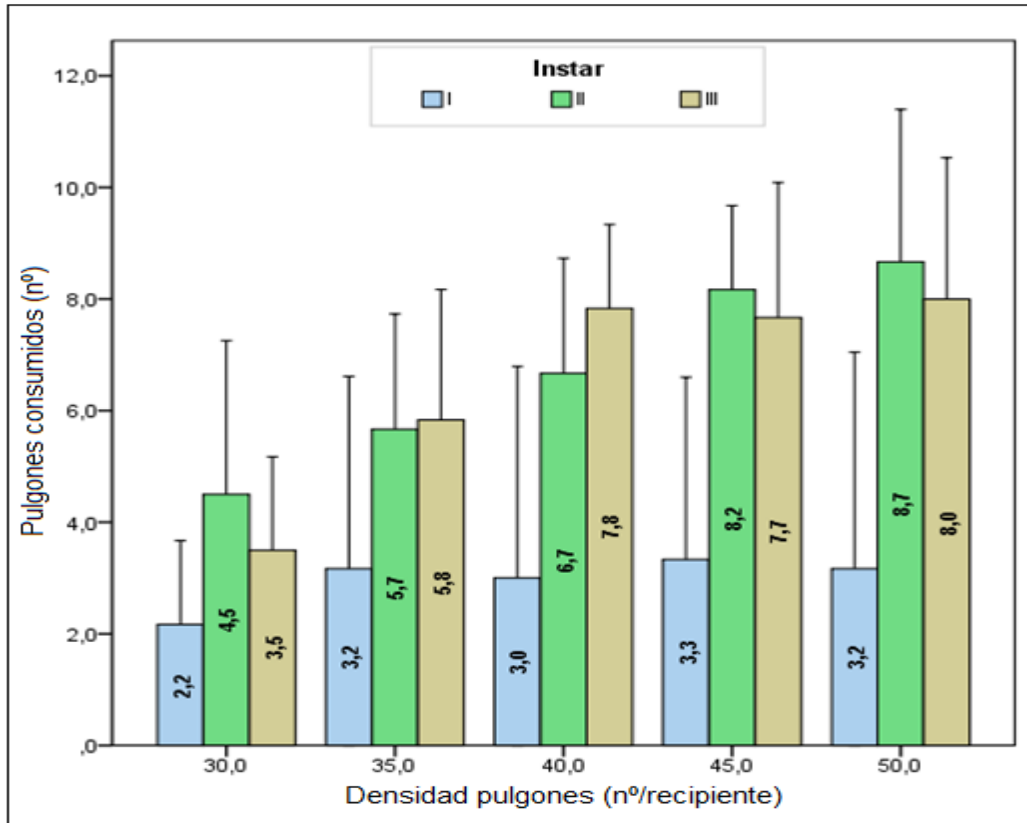
Anexo 4.

Valores de la media y desviación típica del número de pulgones consumidos por tres instar de las larvas de *Chrysoperla externa* en cinco densidades de pulgones administrados.



Anexo 5.

Valores de la media y desviación típica del número de pulgones consumidos en cinco densidades de pulgones administrados. Por tres instar de las larvas de *Chrysoperla externa*.



Anexo 6.

Solución madre o stock para aplicación de soluciones nutritivas en sustrato sólido (Formulación de la solución “La Molina”)

La formulación de la solución nutritiva recomendada por la Universidad Agraria La Molina es la siguiente:

Solución concentrada A (10 L)

Superfosfato triple 250 g.
Nitrato de potasio 1100 g.
Nitrato de amonio 700 g.

Solución concentrada B (5 L)

Sulfato de magnesio 95 g.
Fetrilon de combi 26 g.
Ácido bórico 3,0 g.

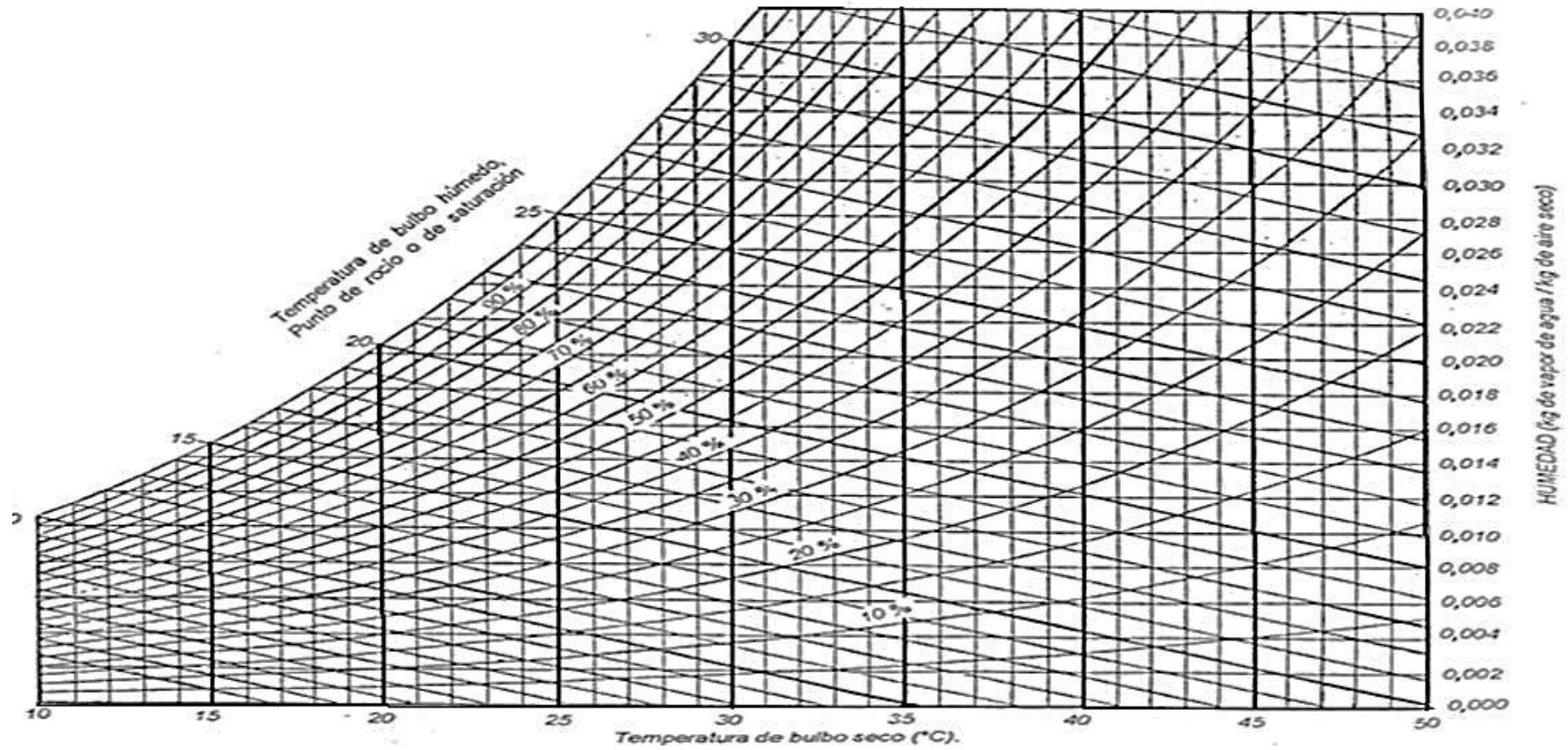
- Diluir los elementos uno por uno hasta su completa disolución y añadirlos en el orden establecido.
- Para la preparación de la solución concentrada A se diluyen en 5 L y la solución concentrada B en 2,5 L, luego se enrasa hasta 10 L y 5 L respectivamente.
- Nunca debe mezclarse la solución A y B sin presencia de agua.

Aplicación de las soluciones nutritivas

- En plantas recién trasplantadas (1 – 7 mo. día) y en plántulas pequeñas se emplea la solución a media concentración es decir 2,5 mL de A y mL de B por cada litro de solución preparada. Esto se extiende a épocas muy calurosas en los cuales el consumo de agua es mayor que el de los nutrientes.
- Luego de este tiempo se riega con las dosis completa o sea 5 mL / L de A y 2 mL / L de B. también se aplica a épocas frías y de alta nubosidad.
- El volumen de riego depende de la edad de la planta, cultivo, época del año, sustrato empleado. En general se considera para un día 2 - 3, 5 L de solución nutritiva por m².
- El riego se efectúa en forma homogénea, evitando regar el follaje hasta que empiece a drenar la solución.
- Reservar un día a la semana en el cual se aplicara solo agua y en doble cantidad para lavar los excesos de sales que pudieran haberse acumulado.
- En épocas calurosas el consumo de H₂O es mayor que el de nutrientes por lo que se recomienda cantidades adicionales de agua (CONCYTEC, 1996).
Fuente: Concytec.²³

Anexo 7.

Diagrama psicrométrico para Ayacucho, para determinar % HR y humedad.²⁴



Anexo 8.

Valores de temperatura [bulbo húmedo (B.H) y bulbo seco (B.S.)] y determinación de la humedad relativa por días y horas de evaluación, en ambientes controlados. Ayacucho, 2011.

HORA	05/05/2011			06/05/2011			07/05/2011			09/05/2011		
	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.
06:00 a.m.	10	13	72	10,5	14	69	11	13,5	75	11	14	74
09:00 a.m.	15	20	62	16	21	64	15	19,5	65	15	20	62
12:00 p.m.	21	28	57	22	28	62	21	29	54	21,5	29	50
03:00 p.m.	20,5	32	39	20	31	40	20	33	34	19	31	36
06:00 p.m.	16	21,5	60	15	20	62	17	22	65	16	21	64
09:00 p.m.	9,5	17	44	10	16,5	48	9	17	39	9	17	39
12:00 a.m.	9	12,5	66	9	12	70	8,5	12	66	8	11,5	65
PROMEDIO	14,43	20,57	57,14	14,64	20,36	59,29	14,50	20,86	56,86	14,21	20,50	55,71

HORA	10/05/2011			11/05/2011			12/05/2011		
	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.	T° B.H.(°C)	T° B.S.(°C)	% de H.R.
06:00 a.m.	10	13,5	70	11	14	74	10,5	14	69
09:00 a.m.	16	21	64	15	19,5	65	14,5	19	65
12:00 p.m.	20	28	52	21	27,5	60	21	29	54
03:00 p.m.	21	31	45	22	32	46	20	32	37
06:00 p.m.	16	20	69	16	22	58	16	22	58
09:00 p.m.	10	17	46	10	16,5	48	9,5	17	44
12:00 a.m.	8	11	70	9	12	70	8,5	11	75
PROMEDIO	14,43	20,21	59,43	14,86	20,50	60,14	14,29	20,57	57,43

Anexo 9.

Colecta de huevos y adultos de *Chrysoperla externa* en plantas de *Caesalpinia spinosa*. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.



Anexo 10.

Huevos de *Chrysoperla externa* acondicionados en tapers para su mantención e incubación hasta la obtención de larvas. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010



Anexo 11.

Almacigo de *Lactuca sativa*, cultivadas dentro del invernadero de experimentación. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.



Anexo 12.

Plantulas de *Lactuca sativa* repicadas en los envases de experimentación. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.



Anexo 13.

Huevos de *Chrysoperla externa* acondicionados en tapers para su mantención e incubación hasta la obtención de larvas. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.



Anexo 14.

Larvas de *Chrysoperla externa* listas para las pruebas de experimentación de capacidad predadora. Ciudad Universitaria, UNSCH. 2010.



Anexo 15.

Invernadero instalado en la Ciudad Universitaria - UNSCH, donde se mantuvieron las plántulas de *Lactuca sativa* y se llevaron a cabo las pruebas experimentales de respuesta funcional y predación. Ayacucho, 2010.



Anexo 16.
Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MARCO TEÓRICO
<p>Problema principal: ¿Qué tipo de respuesta funcional y capacidad predadora desarrollaran las larvas de I, II y III de <i>Chrysoperla externa</i> (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de <i>Aphis gossypii</i> (Hemiptera: Aphididae). Ayacucho – Perú, 2010?</p>	<p>Objetivo general: Determinar el tipo de respuesta funcional que desarrollan las larvas de <i>Chrysoperla externa</i> (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de <i>Aphis gossypii</i> (Hemiptera: Aphididae). Ayacucho – Perú, 2010.</p> <p>Objetivos específicos: a) Establecer el tipo de respuesta funcional que presenta el predador <i>Chrysoperla externa</i>, en función del desarrollo larval (L. I, II y III) en el control de <i>Aphis gossypii</i> en ambientes controlados. b) Evaluar la capacidad de búsqueda y tiempo de manipuleo del predador <i>C. externa</i> en cada ínstar (L. I, II y III) en el control del pulgón <i>A. gossypii</i> en ambientes controlados.</p>	<p>a) Las larvas I, II y III de <i>Chrysoperla externa</i> desarrollan diferentes capacidades de búsqueda, bajos tiempos de manipuleo y altas capacidades predadora en el control de ninfas y adultos del pulgón <i>Aphis gossypii</i>.</p> <p>b) El tipo de respuesta funcional que presenta el predador <i>C. externa</i> en los tres estados larvarios frente a las ninfas y adultos de <i>A. gossypii</i> en ambientes controlados responden a la ecuación del tipo II (cóncava) modelo no estable propuesta por Holling (1959).</p>	<p>Variable dependiente: Respuesta funcional de las larvas de <i>C. externa</i></p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de búsqueda (hora/día) • Tiempo de manipuleo (hora/día) • Tipo de respuesta funcional (Modelo tipo lineal, cóncava o sigmoidea) <p>Variable independiente: Estados de desarrollo de <i>Chrysoperla externa</i> indicador: I, II y III (LI, LII, LIII) estado larval. Densidades de <i>Aphis gossypii</i> por estado de desarrollo (de <i>Chrysoperla externa</i>) Indicador L I : 30, 35, 40, 45 y 50. L II : 30, 35, 40, 45 y 50. L III: 30, 35, 40, 45 y 50.</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicativo</p> <p>Nivel de investigación: Básica experimental</p> <p>Método: Aplicativo y analítico</p> <p>Diseño: Esquema factorial al azar A x B (3 x 5), con 6 repeticiones y un control, donde A representa los tres estadios larvales de <i>Chrysoperla externa</i> (I, II y III); y B representa ensidades de (30, 35, 40, 45 y 50 pulgones para el primer, segundo y tercer instar).</p> <p>Muestreo: Aleatorio</p> <p>Técnicas: Observación Determinación Experimentación</p> <p>Instrumentos: Estereoscopio Microscopio Cámara digital Computadora laptop</p>	<p>Debido a la resistencia de muchos insectos de importancia agrícola a los insecticidas, con más de 504 especies ya registradas, los entomólogos han propuesto otros métodos alternativos y eficientes de control. El uso de enemigos naturales como los predadores es una alternativa viable dentro de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP). En este contexto utilizar los crisópidos (Insecta: Neuroptera) es una alternativa viable y ampliamente utilizado en programas sostenidos de plagas. Sin embargo, características como la respuesta funcional y capacidad predadora que desarrollan estos organismos en el control de plagas (ej. los pulgones), como una forma efectiva de valorar su real actividad predadora, es poco conocido en nuestra región, y la escasa información generada en otras realidades son limitadamente difundidas, por lo que nos proponemos iniciar esta línea de investigación a fin de recomendar y masificar su uso en el control de plagas.</p>