



UNIVERSIDAD
DE CHILE

Cubiertas vegetales, una alternativa alimentaria para *Aphelinus mali* (Haldeman) y *Neoseiulus californicus* (McGregor) en huertos de manzano

SERIE
CIENCIAS
AGRONÓMICAS

N°36, 2022



Editores

M. Verónica Díaz
Luis Sazo



Proyecto financiado por el Fondo de
Innovación para la Competitividad del
Gobierno de O'Higgins y su Consejo Regional

UNIVERSIDAD DE CHILE
SERIE CIENCIAS AGRONÓMICAS N° 36/2022

**CUBIERTAS VEGETALES, UNA
ALTERNATIVA ALIMENTARIA
PARA *Aphelinus mali* (Haldeman)
Y *Neoseiulus californicus*
(McGregor) EN HUERTOS DE
MANZANO**

Editores
M. Verónica Díaz M.
Luis Sazo R.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



GOBIERNO REGIONAL
REGION DE O'HIGGINS



CORE
CONSEJO REGIONAL
REGION DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

Estrategia Regional de Innovación
Un paso hacia el futuro

Proyecto financiado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de O'Higgins y su Consejo Regional, enmarcado en la Estrategia Regional de Innovación.

Santiago – Chile
2022

M. V. Díaz M.

L. Sazo R.

CUBIERTAS VEGETALES, UNA ALTERNATIVA
ALIMENTARIA PARA *Aphelinus mali*
(Haldeman) Y *Neoseiulus californicus* (McGregor)
EN HUERTOS DE MANZANO

Santiago, Universidad de Chile.

Facultad de Ciencias Agronómicas, 2022. Serie Ciencias
Agronómicas N° 36, 100 páginas.

Financiamiento: Financiado con recursos aprobados
por el Consejo Regional del Fondo de Innovación para la
Competitividad del Gobierno Regional del Libertador
General Bernardo O'Higgins.

SERIE ISBN: 978-956-19-0363-0

LIBRO ISBN: 978-956-19-1255-7

R.P.I.: 2022-A-7120

Facultad de Ciencias Agronómicas

Departamento de Sanidad Vegetal

Universidad de Chile

Casilla 1004, Santa Rosa 11.315, La Pintana, Santiago.

E-mail: lsazo@uchile.cl; vdiaz@uchile.cl

Edición 250 ejemplares

Diseño, diagramación e impresión: Impresora y
Comercial Fe & Ser Limitada

AUTORES

M. Verónica Díaz M.

Mg. Sc., Ing. Agrónomo
Universidad de Chile, Chile.

Luis Sazo R.

Ing. Agrónomo
Universidad de Chile, Chile.

Mayerly Prieto V.

Mg. Sc., Bióloga
Universidad de Chile, Chile.

Luz Ramos C.

Ing. Agrónoma
Universidad de Chile, Chile.

Héctor Villalobos A.

Ing. Agrónomo
Universidad de Chile, Chile.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. <i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	9
Descripción	9
Capacidad de depredación.	13
Preferencia alimentaria, dieta basada en polen	15
Efecto de la alimentación de <i>N. californicus</i> sobre el ciclo biológico.	22
Fecundidad	24
Viabilidad de los huevos	25
Longevidad	26
Crianza de <i>N. californicus</i> en condiciones de laboratorio.	27
CAPÍTULO 2. <i>Aphelinus mali</i> (Haldeman)	34
Descripción	34
Preferencia alimentaria, dieta basada en polen y presa.	36
Mantención de colonias de <i>A. mali</i> en condiciones de laboratorio	39
CAPÍTULO 3. DETERMINACIÓN DE TOXICIDAD DE PLAGUICIDAS USADOS EN PROGRAMAS DE MANEJO EN HUERTOS DE	41

MANZANO SOBRE <i>N. californicus</i> y <i>A. mali</i>.	
<i>N. californicus</i>	42
<i>A. mali</i>	44
CAPÍTULO 4. GESTIÓN DEL HÁBITAT PARA ENEMIGOS NATURALES	47
¿Por qué manejar una cubierta vegetal en el huerto?	47
Factores relevantes para elegir una cubierta vegetal	49
CAPÍTULO 5. EXPERIENCIAS EN INVERNADERO Y CAMPO	53
Identificación y clasificación de especies arvenses para cubierta vegetal	53
Germinación	55
Especies arvenses seleccionadas como potenciales cubiertas vegetales	58
Desarrollo de las especies arvenses en invernadero y campo	68
Consumo hídrico	73
Consumo hídrico en campo	82
Siembra de especies arvenses en el campo	85
LITERATURA CITADA	88
ANEXOS	93

PRÓLOGO

Actualmente, la tendencia mundial del manejo fitosanitario para la producción de alimentos hortofrutícola está orientada en la búsqueda de alternativas efectivas y sustentables que permitan la reducción del uso de plaguicidas y con ello el impacto ambiental sobre la capa de ozono y su efecto sobre la salud de la población.

La Región del Libertador General Bernardo O'Higgins concentra el 26,9% de la superficie frutícola del país, alcanzando las 95.082 ha cultivadas. De ésta, el 6,7% (6.388 ha), corresponden a huertos de manzano, siendo el quinto frutal de mayor importancia en la zona, presente en comunas como: Chimbarongo, Rengo, Requínoa, San Fernando, Graneros, Placilla, Olivar y Rancagua (ODEPA y CIREN, 2021).

Gracias al financiamiento del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de O'Higgins y el Consejo Regional, la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile desarrolló la iniciativa "Innovación en control sustentable de plagas con cubierta vegetal en manzano" con el objetivo de promover el uso de control sustentable de plagas, mediante cubiertas vegetales con bajo requerimiento hídrico, para incrementar la población de enemigos naturales de ácaros

fitófagos (Arañita roja europea y arañita bimaclada) y el pulgón lanígero en manzano.

Para esto, la estrategia se basó en la búsqueda de especies vegetales con bajo requerimiento hídrico y alta palatabilidad de su polen por parte de dos enemigos naturales de plagas del manzano: *Aphelinus mali*, parasitoide de *Eriosoma lanigerum* y *Neoseiulus californicus*, biocontrolador de Ácaros fitófagos. Se estudió la dinámica de establecimiento de las plantas y las condiciones necesarias para el desarrollo, reproducción y efectividad de estos biocontroladores, con el objetivo de promover su inclusión en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en manzano, junto con la capacitación de las temáticas de esta investigación a estudiantes de la Escuela Agrícola San Vicente de Paul de la comuna de Coltauco y su difusión a productores y técnicos de la región, de manera de incluir a actores actuales y futuros del quehacer productivo en la Región de O'Higgins.

INTRODUCCIÓN
IMPORTANCIA DE LOS ENEMIGOS
NATURALES EN LOS HUERTOS
COMERCIALES DE MANZANO EN CHILE.

Luis Sazo y Mayerly Prieto.

En los huertos comerciales de manzano, la práctica más utilizada para el manejo del pulgón lanígero y ácaros fitófagos ha sido el uso de plaguicidas que, si bien ejercen una efectiva acción sobre las plagas, pueden afectar las poblaciones de enemigos naturales de estos fitófagos (Figura 1). Por ello, es necesario elaborar programas de manejo con plaguicidas selectivos o de reducida acción sobre estos organismos benéficos.



Figura 1. Huerto comercial con manejo convencional de entrehileras y presencia de pulgón lanígero.

Driesche *et al.* (2007), señalan que el control biológico por conservación nos permite manipular y minimizar los factores que afectan perjudicialmente a las especies benéficas y reforzar aquellos que hacen de los huertos agrícolas un hábitat adecuado para los enemigos naturales. Así, por ejemplo, la práctica de cero labranza o control total de malezas, sobre y entre la hilera limita los lugares de refugio y alimentación de algunas especies benéficas que tienen como dieta el néctar y/o polen en forma exclusiva u otros que se alimentan de polen cuando no tienen presa y, en ese contexto, el polen les sirve para sobrevivir (Figura 2).



Figura 2. Cubiertas vegetales en huertos comerciales.

Es importante resaltar que conforme se incrementa la diversidad en los huertos, aumentan las

oportunidades de coexistencia e interferencia beneficiosa entre especies que pueden mejorar la sostenibilidad del ecosistema (Alteri y Nicholls, 2018). Este enfoque asume que los enemigos naturales ya presentes pueden potencialmente suprimir la plaga si se les facilita la oportunidad de hacerlo (Figura. 2).

En los huertos de manzano en Chile se presentan como plagas de importancia económica cuatro especies principales, Polilla de la manzana *Cydia pomonella* (L), Escama de San José *Diaspidiatus perniciosus* (Comstock), Pulgón lanígero *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) y Arañita roja europea *Panonychus ulmi* (Koch), de las cuales las dos primeras poseen un control alternativo efectivo y exitoso en los huertos comerciales tanto orgánicos como convencionales con manejo integrado.

El control de la polilla de la manzana puede abordarse efectivamente con la técnica de confusión sexual, que, instalada oportunamente y manteniendo una liberación homogénea en la unidad, reduce el uso de los plaguicidas convencionales, aunque no los reemplaza completamente. Por tanto, un manejo exitoso de esta plaga debe considerar ambas herramientas de manera integrada.

Por otra parte, la escama de San José, plaga presente en densidades variables en huertos comerciales de manzano, puede manejarse exitosamente mediante

el uso de aceite mineral en el periodo invernal y complementarse con un regulador de crecimiento que controla únicamente los estados juveniles y, con ello, llevarlo a niveles sub-económicos que no significarán pérdidas ni detección de individuos en la fruta. Es importante señalar, que el manejo que se sugiere para esta plaga debe abordarse periódicamente, por cuanto poblaciones reducidas de escama de San José al cabo de una temporada, considerando 3 generaciones y teniendo presente el alto potencial biótico (100 -500 ninfas por hembra), podrían significar en un par de temporadas una situación compleja y difícil de manejar.

Por otra parte, durante la última década, el pulgón lanífero del manzano se ha incrementado en forma preocupante en huertos comerciales (Figura.3), debido posiblemente a la falta de plaguicidas efectivos para el control y a la escasa acción del parasitoide *Aphelinus mali* (Haldeman), cuyas poblaciones suelen ser muy reducidas debido al uso de plaguicidas no selectivos y, principalmente, a la ausencia de alimento para los adultos en este agroecosistema.

Los adultos de este parasitoide se alimentan de polen y néctar de las flores y parasitan los pulgones. Si los adultos no tienen alimento dentro de la unidad productiva, la acción controladora de la plaga solo puede detectarse en los sectores

periféricos donde pueden existir flores atractivas para este parasitoide fuera de la unidad.



Figura 3. Daño del pulgón lanífero en huertos de manzano.

Con respecto al parasitoide *A. mali*, se ha reportado en Chile hasta un 100% de parasitismo (Figura. 4) en huertos orgánicos donde se ha manejado adecuadamente la estrata herbácea de la entre hilera, realizando cortes de forma dirigida para facilitar la presencia regular de especies arvenses con flores atractivas en el huerto comercial.

Por último y no menos importantes, son los ácaros fitófagos, especialmente arañita roja europea *Panonychus ulmi* (Koch) y la arañita bimaculada *Tetranychus urticae* (Koch) (Figura.5).



Figura 4. Parasitismo del *A. mali* con cubiertas vegetales.

La arañita roja europea suele ser la especie más frecuente en el manzano, inverna como huevo y durante la temporada puede completar 6-7 generaciones. El daño directo debido a su alimentación puede ser gravitante y afectar el crecimiento de las hojas y el calibre del fruto; con frecuencia, si en el periodo de caída de pétalos se detectan niveles poblacionales de 4-7 móviles promedio por hoja, la situación puede generar problemas graves a finales de primavera. En este mismo periodo, se da inicio de la segunda generación (mediados de octubre hasta mediados de noviembre), donde se hace necesario implementar medidas de control efectivas para evitar daños económicos.



Figura 5. Arañita bimaculada (*Tetranychus urticae* Koch).

Así mismo, es importante indicar que esta especie ha sido motivo de rechazo por abundancia en las inspecciones fitosanitarias para mercados extranjeros, debido principalmente, a la presencia de huevos en la cavidad peduncular y/o calicinal, situación que suele ocurrir en algunos huertos comerciales a partir del mes de enero.

Esta plaga posee un excelente enemigo natural, *Neoseiulus californicus* (McGregor) que ejerce un control natural exitoso en manzanos, especialmente cuando se proponen programas fitosanitarios con alternativas selectivas que facilitan la acción de este depredador. *N californicus* se alimenta de huevos y todos los estados móviles de la plaga. Su acción se desarrolla desde mediados de primavera hasta fines de verano, alcanzando su máxima densidad poblacional en marzo. Cada hembra ovipone alrededor de 26 huevos durante su vida y su sobrevivencia es de alrededor de 4 semanas.

Asimismo, es importante destacar que los adultos consumen alrededor de 7 móviles por día. Por estas razones este depredador se considera un efectivo controlador natural de ácaros fitófagos en manzanos y otros frutales de hoja caduca.

Finalmente, se debe destacar que este ácaro depredador cuando carece de presa se alimenta de polen de algunas especies arvenses presentes en la estrata herbácea del huerto. De ahí la importancia de considerar en las entre hileras la inclusión de algunas especies arvenses que posean un polen atractivo para este depredador y que permitan conservarlo por un mayor tiempo en la unidad productiva. Dicho lo anterior, se ha evidenciado que la forma, tamaño y firmeza del polen constituyen características importantes en la preferencia de estos enemigos naturales.

CAPITULO 1. *Neoseiulus californicus* (McGregor)

Luis Sazo, Mayerly Prieto y Héctor Villalobos.

1. Descripción

N. californicus es un acaro perteneciente a la familia Phytoseiidae, originario del estado de California (Estados Unidos) y actualmente presenta una amplia distribución mundial (Muma & Denmark, 1970; Gerson & Weintraub, 2007). Se encuentra presente en una amplia variedad de cultivos, especies arbóreas, frutales, malezas asociadas a huertos comerciales como *Convolvulus arvensis* L y *Trifolium* sp (Costa *et al.* 1994).

Son ácaros depredadores generalistas, donde su fuente de alimentación principal son los ácaros en forma secundaria el polen, siendo esta característica la base para el desarrollo de programas de control biológico de ácaros fitoseidos (Figura 1).



Figura 1. *N. californicus*

La dispersión de este acaro es principalmente por el viento, donde el depredador se mueve hacia superficies expuestas de la planta, dejándose llevar por el viento. Al llegar sobre otra planta, busca su presa orientados por estímulos químicos emanados por la misma presa o polen ya que constituye una fuente alimenticia que involucra un menor gasto energético de obtención (Van Rijn & Tanigoshi, 1999).

1.1 Estado huevo

Son pequeños, de $0,20 \pm 0,01$ mm, ovalados, recién ovipositados son translúcidos, y se tornan lechosos próximos a la eclosión (Figura 2). Son ovipositados de manera individual, colocados con una sustancia pegajosa preferentemente sobre estructuras fibrosas o rugosas (nervaduras y tricomas de hojas, tela de arañas, fibra de lana).



Figura 2. Huevo de *N. californicus*

1.2 Estado larva

Recién emergida es pequeña, de $0,30 \pm 0,02$ mm de

longitud, transparente, su cuerpo poco esclerotizado, con 3 pares de patas siendo el primer par de mayor longitud. En el margen posterior del opistosoma con nitidez se observa un par de setas largas (Figura 3).



Figura 3. Larva de *N. californicus*

1.3 Estado protoninfa y deutoninfa

La protoninfa es pequeña, de $0,37 \pm 0,04$ mm de longitud, ligeramente más grande que la larva, y el cuerpo ovalado un poco amarillento con cuatro pares de patas (Figura 4).



Figura 4. Protoninfa de *N. californicus*

La deutoninfa es similar a la protoninfa pero de

mayor tamaño, de $0,54 \pm 0,03$ mm de longitud de forma ovalada, de color amarillento y con cuatro pares de patas (Figura 5).

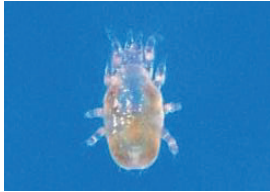


Figura 5. Deutoninfa de *N. californicus*

1.5 Estado adulto

Poseen un mayor tamaño que los estadios ninfales, las hembras de $0,64 \pm 0,02$ mm de longitud y los machos $0,48 \pm 0,01$ mm (Figura 6). El cuerpo de las hembras es similar a una pera mientras que la de los machos es similar a las deutoninfas (Figura 6). En ambos sexos poseen cuatro pares de patas y un cuerpo translúcido, sin embargo, este color varía según la tonalidad de la presa o polen que ingiera (Figura 7), presentándose una amplia variedad de colores que van desde blanco, rojo, marrón, verdes hasta negros (Schulten, 1985).

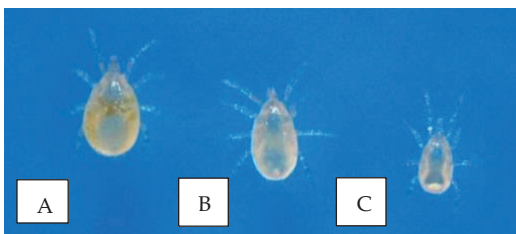


Figura 6. Diferencia de tamaños entre hembras y machos de *N. californicus*. (A) Hembra gravida, (B) Hembra virgen, (C) Macho adulto.

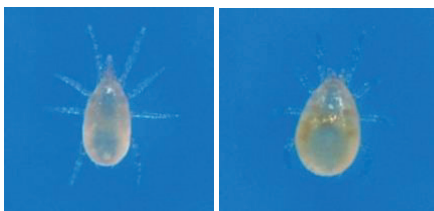


Figura 7. Hembra de *N. californicus*, virgen y grávida

2. Capacidad de depredación

N. californicus, realiza la búsqueda activa de su presa con la ayuda de su primer par de patas, una vez que este detectada su alimento, lo sujeta y procede a introducir su estilite y a succionar el individuo, tanto adultos como huevos. (Figura 8).

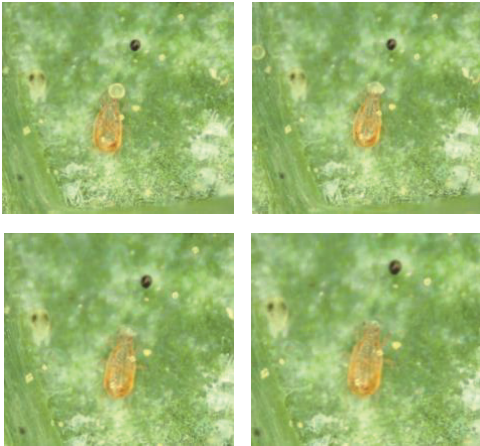


Figura 8. Secuencia de succión de huevos de ácaros



Figura 9. Alimentación de *N. californicus* con presa viva

La hembra adulta de *N. californicus* depreda en promedio 4,9 presas/día con una desviación estándar de 1,17; además durante todo su estado de vida como

adulta (40 días) depreda un total de 196 presas móviles en promedio, con un máximo de 320 y un mínimo de 80 presas móviles (Figura 9).

Así mismo, las hembras adultas depredan un total promedio de 7,2 huevos/día con una desviación estándar de 2,75; además durante todo su estado de vida como adulta depreda un total de 286 huevos en promedio, con un máximo de 400 y un mínimo de 80 huevos (Figura 8). Por lo que, desde el punto de vista del control natural, es muy favorable su presencia en los huertos de manzano, debido a que es un eficiente depredador de ácaros fitófagos.

3. Preferencia alimentaria, dieta basada en polen

Se realizó ensayos para determinar la preferencia alimentaria (Palatabilidad) de *N. californicus* con diferentes tipos de polen como dieta exclusiva. Para ello se utilizó polen de 20 especies flores evaluadas en el proyecto (Cuadro 1), las cuales poseen potencial de desarrollo en los huertos comerciales de manzano en la zona central de Chile.

Petri de un área de 183,78 cm² en cuyo interior contenía una esponja recortada en círculo con un área de 12,57 cm² y sobre este, un papel filtro y una hoja de frijol de iguales proporciones. Una vez en los ensayos de palatabilidad se empleó placas de generada la "Isla" se vertió 15 ml de agua destilada a la placa de Petri (Figura.10).

Cuadro 1. Polen de especies de avances analizados en el ensayo de palatabilidad con *N. californicus*

Nombre científico	Nombre común
<i>Rapistrum rugosum</i>	Mostacilla
<i>Papaver rhoeas</i>	Amapola
Polen Liofilizado	-
<i>Phacelia campanularia</i>	Phacelia – Campanilla del desierto – Campanil azul
<i>Eschscholzia californica</i>	Dedal de oro – Escolzia – Amapola de california
<i>Cichorium intybus</i>	Vinagrillo – Achicoria silvestre
<i>Gaillardia aristata</i>	Gallardía
<i>Oenothera rosea</i>	Enotera rosada
<i>Anagallis arvensis</i>	Pimpinela escarlata
<i>Sinapis alba</i>	Mostaza blanca
<i>Calendula officinalis</i>	Caléndula – Chinita
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
<i>Zinnia elegans</i>	Zinia gigante
<i>Rudbeckia hirta</i>	Rudbeckia
<i>Geranium Sp.</i>	Relojito
<i>Veronica persica</i>	Verónica
<i>Tagetes erecta</i>	Tajetes
<i>Gypsophila elegans</i>	Ilusión
<i>Antirrhinum majus</i>	Antirrino – Perrito
<i>Zinnia elegans</i>	Zinia enana

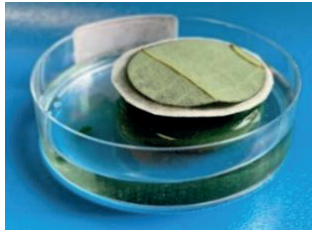


Figura 10. "Isla" para confinamiento de *N. californicus*.

Así mismo, sobre la hoja se colocó 10 adultos de *N. californicus*, colectados en un huerto comercial donde se identificaron previamente. Posteriormente, se dispuso de 3 mg de polen sobre la isla, monitoreando durante 10 min contiguos bajo lupa estereoscópica el número de visitas del depredador sobre el polen; se determinó el número de visitas donde se concretó la alimentación efectivamente y en donde solo se vio atraído sin presentarse la gesta del polen (Figura 11).

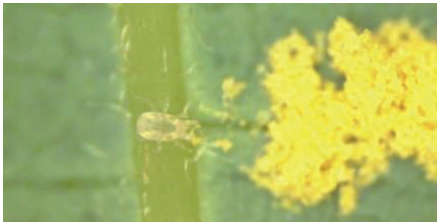


Figura 11. *N. californicus*, alimentándose de polen.

El estudio se realizó sobre 20 diferentes especies de polen, donde solo 5 especies (*Eschscholzia californica*, *Phacelia*, *Papaver silvestris*, *Rapistrum rugosum* y el polen liofilizado comercial) presentaron una alimentación efectiva por parte de *N. californicus* (Figura 12).

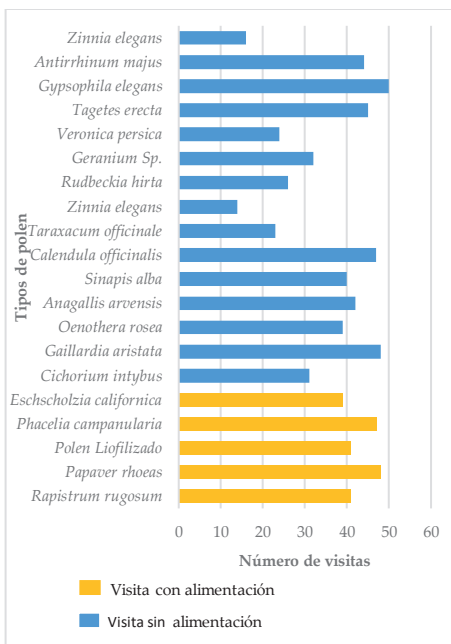
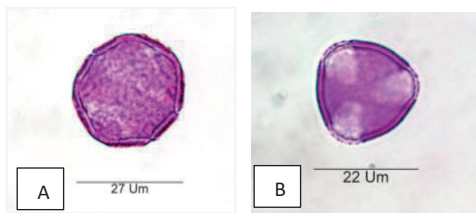


Figura 12. Prueba de palatabilidad de *N. californicus* con diferentes especies de polen evaluando número de visitas y alimentación efectiva.

Es importante señalar que el polen de las diferentes especies vegetales no solo difiere en su composición química sino también en sus características físicas. A simple vista, se aprecia como un polvo homogéneo, pero visto desde un microscopio se observa que está constituido por gránulos de forma, configuración y tamaño diferente, características que son propias de cada especie (Figuras 13).

Observaciones bajo lupa estereoscópica del comportamiento de *N. californicus* ante diferentes tipos de polen, permiten concluir que aquellos gránulos de polen con estructuras "Puntiagudas", testa gruesa y un tamaño superior al 27 μm , no constituyen una fuente efectiva de alimento (Figura 14), sin embargo, pueden ser atraídos a esta fuente de alimento, información que concuerda con los resultados de palatibilidad observados anteriormente.



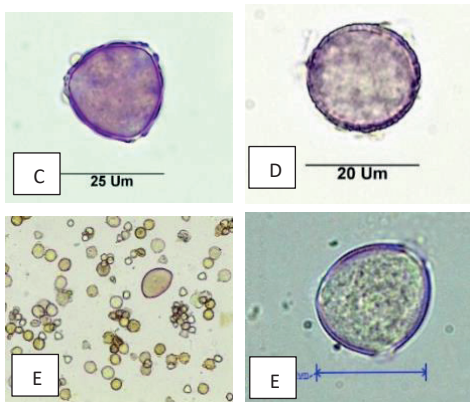
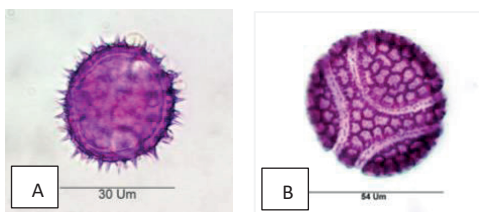
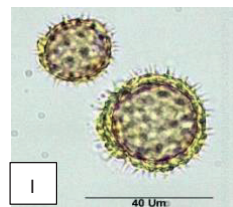
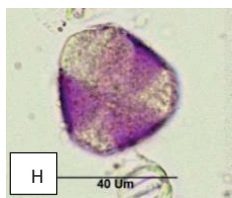
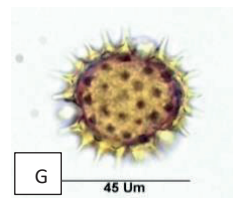
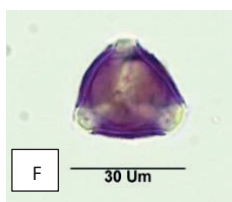
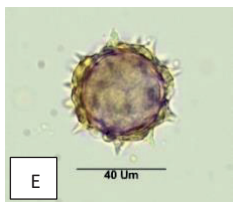
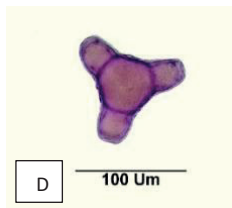
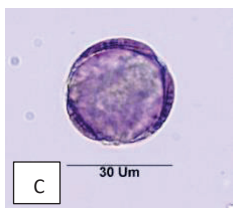


Figura 13. Polen de *Eschscholzia californica* (A), *Papaver silvestris* (B), *Phacelia campanularia* (Phacelia)(C), *Rapistrum rugosum* (D), polen comercial liofilizado (E).





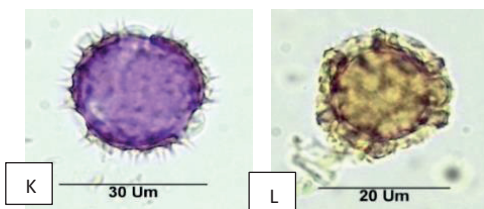


Figura 14 . Polen de *Calendula officinalis* (A), *Cichorium intibus* (B), *Sinapis alba* (Mostaza blanca) (C), *Oenothera rosea* (Enotera) (D), *Gaillardia aristata* (E), *Anagallis arvensis* (Pimpinela) (F), *Tagetes erecta* (Tajetes) (G), *Veronica persica* (Verónica) (H), *Rudbeckia hirta* (Rudbeckia) (I), *Geranium Sp* (J), *Zinia elegans* (Zinia) (K) y *Taraxacum officinale* (L).

4. Efecto de la alimentación de *N. californicus* sobre el ciclo biológico.

Para determinar el ciclo biológico de *N. californicus*, se prepararon 100 unidades de crianza para los 5 tipos de pólenes que tuvieron una alimentación efectiva en las pruebas de palatabilidad (Presa viva de *Tetranychus urticae*, *Eschscholzia californica*, *Papaver silvestris*, *Phacelia campanularia*, *Rapistrum rugosum*, y polen comercial liofilizado). Las unidades experimentales de crianza se mantuvieron bajo condiciones controladas de temperatura $23 \pm 1^\circ\text{C}$, humedad relativa (65%) y fotoperiodo (16:8 H) en laboratorio (Figura 15).

En cada unidad de crianza se colocó 1 huevo, a su vez estos fueron dispuestos en una bandeja metálica cubierta con alu-plas, para evitar su deshidratación. Las unidades de crianza se alimentaron con móviles de crianza de *T. urticae* y polen, cada dos días, para evitar la deshidratación y desarrollo de patógenos (Figura 15). Se realizó seguimiento periódico con lupa estereoscópica diariamente hasta estado adulto en cada uno de los tratamientos.



Figura 15. Crianza de *N. californicus* basada en diferentes tipos de dieta.

Se determinó que la duración del ciclo de desarrollo de *N. californicus* basado en el consumo de presa viva se completó en 6,9 días (+/-2,3) promedio, en tanto que, aquellas unidades que se alimentaron con polen se completaron en 12,1 días promedio. Por lo anterior, se concluye que la duración del ciclo

biológico de *N. californicus* es menor cuando su alimentación es exclusiva con presa viva que con polen.

Por otra parte, se observó que, en ausencia de alimento, puede sobrevivir alrededor de 5 días y ningún ejemplar alcanza el estado adulto.

5. Fecundidad

La capacidad de oviposición *N. californicus* alimentado con presa y diferentes tipos de polen, se determinó sobre la base de 20 parejas adultas, mantenidas en bandejas metálicas cubiertas con "alusa-plast" dentro de cámaras de crianza a temperatura $23 \pm 1^\circ\text{C}$, HR 65% y fotoperiodo de 16:8. Se prepararon placas de crianza con una pareja en su interior en donde se observó que los machos de *N. californicus* alcanzan el estado adulto antes que las hembras y cuando un macho encuentra una hembra en estado de deutoninfa suele permanecer en contacto con ella hasta que muda, a fin de asegurar la cópula. Esta especie exhibe un patrón de apareamiento tipo "*Amblyseius-Typhlodromus*", donde el macho sube sobre la hembra y luego de un tiempo variable se ubica debajo de ella adoptando la posición "vientre a vientre", transfiriendo el esperma (Amano & Chant, 1978 citado por Gugole, 2012) (Figura 16).

Una vez terminada la copula, los machos se removieron de las placas de crianza y se contabilizo diariamente los huevos hasta la muerte de la hembra.

Se determinó que las hembras de *N. californicus* con alimentación exclusiva con presa viva y fecundadas en una ocasión, oviponen en promedio 25,7 huevos durante toda etapa adulta. En tanto que, hembras alimentadas con polen de las especies estudiadas oviponen en promedio 0,6 huevos/hembra. Por otra parte, se infiere que una alimentación exclusiva con polen permite la subsistencia de los individuos, mas no el aumento poblacional.



Figura 16. Apareamiento de *N. californicus* en posición vientre a vientre.

6. Viabilidad de los huevos

Para el ensayo de viabilidad de huevos se usaron 100 huevos de *N. californicus* obtenidos de alimentación con presa y 11,3 huevos provenientes de alimentación con polenes por la baja fertilidad de

las hembras. Se realizaron observaciones diarias de la eclosión hasta adulto. Los adultos se sexaron y se obtuvo la razón sexual, para cada una de las dietas. En ambos grupos de se observó, una eclosión superior al 99% de los huevos en todos los tratamientos evaluados y todos los individuos completaron su desarrollo hasta adulto y presentaron una razón sexual de 7:3 (Hembras: Machos).

7. Longevidad

La longevidad de *N. californicus* se determinó a partir de 20 parejas que se dispusieron en placas individuales y se les proporciono alimento que correspondió a presa viva y los diferentes tipos de pólenes estudiados, cada dos días. Las evaluaciones se realizaron diariamente hasta la muerte del último individuo, registrando la mortalidad en días por cada tratamiento. Los valores se expresaron en días promedio de sobrevivencia.

La longevidad de hembras de *N. californicus* alimentado con presa viva bajo las condiciones de este estudio fue de 38,5 (+/- 14,7) días, en tanto que, aquellas hembras alimentadas con los diferentes tipos de polen, fue en promedio 21,3 (+/- 6,2) días. Asimismo, la sobrevivencia de los machos alimentados con presa viva fue en promedio 16 (+/- 3,1) días y aquellos alimentados con los diferentes

tipos de pólenes fue 10,1 (+/-2,1) días. Por lo anterior se concluye, que adultos de *N. californicus* alimentados con presa viva presentan una sobrevivencia mayor que aquellos que se alimentan con los pólenes de las especies evaluadas.

8. Crianza de *N. californicus* en condiciones de laboratorio.

Para realizar la crianza de *N. californicus* se deben seguir una serie de pasos de forma sincronizada para mantener un proceso activo y continuo. Se debe contar con personal con conocimiento básico de la especie, riguroso y con destreza para la manipulación de los ácaros.

Por otro parte, se requiere un espacio físico para la crianza de la presa de la cual se alimentará nuestro depredador.

8.1 Condiciones del invernadero

1. El invernadero se debe de mantener con una malla Raschel de color blanco para evitar la sobre exposición solar de las plantas (Figura 17).
2. Suministro de aire acondicionado permanente que garantice una temperatura promedio de 26 +/-3 grados centígrados (Figura 17).
3. Mesas con extremidades plásticas que permitan la inmersión de recipientes con agua y detergente, de modo de evitar el ingreso a los

mesones de *N. californicus* u/otro depredador proveniente de sectores contiguos a la unidad de crianza (Figura 17).

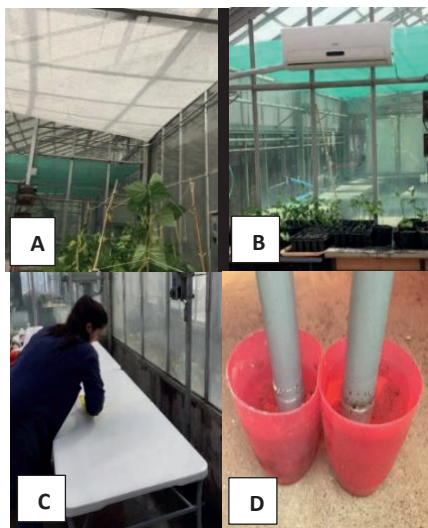


Figura 17. Condiciones de invernadero para la crianza de *T. urticae*. A. Malla raschel. B. Aire acondicionado. C y D. Mesas con patas inmersas en solución de agua con detergente.

8.2 Cultivo de frijol para crianza del *T. urticae*

Se necesita una variedad que presente un alto índice de germinación, que sea precoz, un tamaño medio hoja (+/- 7 10 cm de ancho) y una alta producción de

área verde, que permita una mayor colonización de ácaros fitófagos.

En el estudio se utilizaron con semillas de “Frijoles rojos” que mostraron mejores características que otras variedades analizadas (Negro y blanco). Maceteros plásticos de 4 litros con sustrato de 60% de turba, 20% humus y 20% perlita.

El proceso se inicia con la desinfección de las semillas con una mezcla de agua con cloro al 5% por 3 minutos, seguido un periodo de hidratación de 24 horas en agua potable. Las semillas se siembran a 2 centímetros de profundidad en cada uno de los compartimientos de la bandeja almaciguera con una mezcla de sustrato de 60% turba y 40% de perlita, este proceso se repite cada 15 días para mantener un flujo constante de plantas con follaje adecuado.

Una vez germinadas las semillas y con presencia de 4 hojas verdaderas se realiza el trasplante a los maceteros. Las plantas se deben mantener en condiciones de aislamiento por 2 semanas hasta tener hojas adultas y una altura promedio de 30 cm. Posteriormente se realiza la infestación de *T. urticae* con hojas infestadas con el acaro y previa revisión del material para evitar la presencia de depredadores (Figura 18).

Se riego se realiza cada 2 o 3 días, dependiendo de las condiciones de temperatura de la sala de crianza, también se debe de considerar una fertilización nitrogenada cada 10 días para garantizar una menor

perdida de follaje tras el daño de la plaga. Este procedimiento se debe repetir cada 14 días, para mantener la continuidad y aumentar la disponibilidad de presa para la crianza de *N. californicus*. (Figura 18)

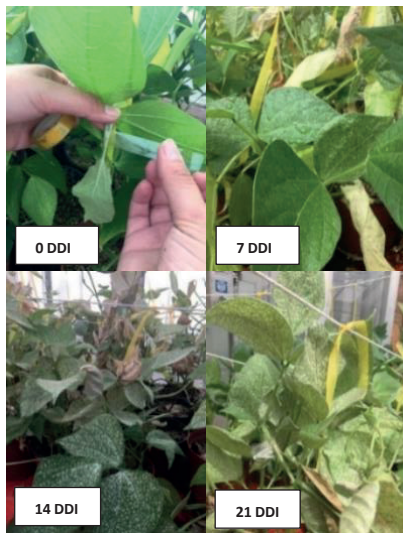


Figura 18. Daño progresivo de las plantas de Frijol post-infestación.

8.3 Crianza de *N. californicus*.

Para la crianza masiva de *N. californicus* se utilizó dos metodologías:

8.3.1. Método de McMurtry & Scriven (1965) modificado el cual consiste en una bandeja de crianza (42 x 30 x 6 cm) en donde en su base se distribuyen 10 hojas frescas y lisas de poroto provenientes de la colonia de araña bimaclada. En los bordes de la bandeja se colocan tiras de esponja de 2 cm de ancho, humedecidas con agua desmineralizada, para provenir el escape de los ácaros (Figura 19).

Una vez establecido las hojas en su base, se infesta con 20 parejas adultas de *N. californicus*. Por último, se cubre la colonia con plástico transparente perforado, para evitar el exceso de humedad en el ambiente.

Es importante resaltar que se debe renovar las hojas con araña, 1 vez a la semana teniendo en cuenta eliminar las hojas en mal estado (Con presencia de pudrición) y la vez humedecer la esponja cuando sea necesario.

La colonia se debe de mantener a una temperatura contante de 23 +/- 1°C, una HR de 65% y un fotoperiodo de 16:8 horas.



Figura 19. Método de crianza masivo de *N. californicus*

8.3.2. Método de isla: el método consiste en preparar unidades de crianza en forma individual, mediante el uso de placas de Petri de un área $183,78 \text{ cm}^2$ en cuyo interior se pondrá una esponja recortada en círculo con un área de $12,57 \text{ cm}^2$ y sobre este, un papel filtro y una hoja de poroto de iguales proporciones. Una vez generada la "Isla" se dispondrá a verter 15 ml de agua destilada a la placa de Petri (Figura 20).

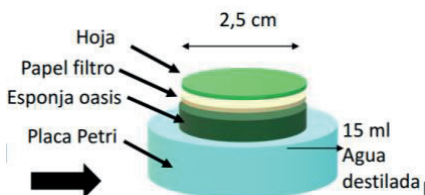


Figura 20. Unidad de crianza, por el método de isla.

Sobre la hoja se colocará 10 parejas de *N. californicus* previamente identificadas, provenientes de hojas de huertos comerciales. Las unidades de crianza se mantendrán bajo condiciones controladas de temperatura (23 +/- 1°C), humedad (65%) y luminosidad ambiental (16:8 Horas).

Cuadro 2. Dinámica de alimentación de colonias de *N. californicus* por método de Isla.

Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom
Presa viva		Polen		Presa viva		

Día por medio se le deberá proporcionar alimento en forma intercalada, donde un día será presa viva (40 arañitas mínimo) y al siguiente polen (30 mg) (Cuadro 2). De esta manera se evitará el canibalismo por falta de alimento y se mantendrá estable la colonia por más tiempo.

CAPITULO 2. *Aphelinus mali* (Haldeman)

Luis Sazo y Mayerly Prieto.

1. Descripción

Aphelinus mali (Haldeman), es un Hymenoptero, perteneciente a la familia Aphelinidae, de origen norte americano. Fue introducido a Chile en 1921 por gestión del ministerio de agricultura, con el fin de establecer un control biológico sobre *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), debido a las severas pérdidas que causaba en los huertos de manzano (Klein, 1977. Devotto, 2017) (Figura 1).



Figura 1. Daño de *E. lanigerum*, y migración de ninfas desde las raíces hasta la parte aérea del manzano.

En la zona central de Chile, *A. mali* inverna como pupa y la actividad de los adultos del parasitoide se inicia a principios de primavera (septiembre - octubre), y se prolonga hasta mediados de otoño (abril-mayo) (Figura 2). Las hembras colocan un huevo en el abdomen de *E. lanigerum*, preferentemente sobre hembra adultas. El individuo parasitado en un primer momento no muestra signos evidentes del parasitismo, incluso podría parir algunas crías (Beers *et al*, 2010).

La larva de *A. mali* se alimenta en el interior del huésped, y provoca inicialmente inmovilidad de los individuos y en etapas avanzadas de los pulgones parasitados exhiben un color pardo oscuro que finalmente cambia a un color negro previo a la emergencia del parasitoide. El adulto rompe el exoesqueleto del pulgón de forma aleatoria sin opérculo y de bordes irregulares, siendo estas momias el signo visible del parasitismo de la plaga, dicha eclosión ocurre entre 2-3 días y completa su ciclo entre 20-25 días (Zumofen, 2015) (Figura 2)

Las poblaciones del parasitoide en huertos de manzano son variables y dependen de los plaguicidas usados en el programa de manejo del huerto y de la presencia de alimento néctar y polen para los adultos de este enemigo natural. *A. mali* se reproduce en el pulgón lanígero, pero se alimenta únicamente de néctar y polen.

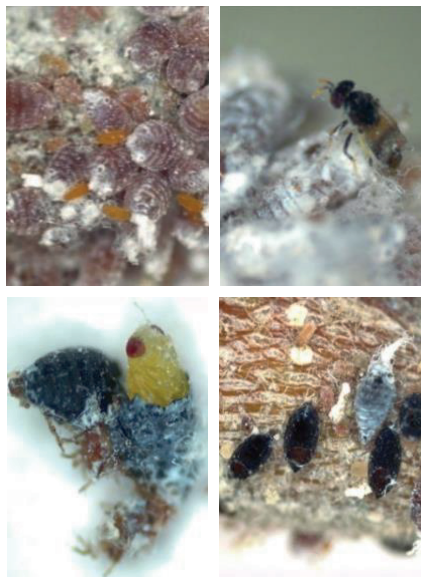


Figura 2. Proceso de parasitismo de *A. mali* sobre *E. lanigerum*.

2. Preferencia alimentaria de *A. mali*, dieta basada en polen

La preferencia alimentaria de *A. mali* basada en polen se realizó de acuerdo a la siguiente metodología: Se colectaron adultos de *A. mali*, y se introdujeron en el interior de cajas plásticas de 50 cc durante 60 segundos a -19°C para inmovilizarlos y facilitar el manejo posterior. Luego los individuos

se sacaron y colocaron en la parte central de una caja plástica de base cuadrada (18x18x10 cm) con ventilación, en cuyos vértices interiores se dispuso esponjas de 4 cm² con 30 mg de polen de las plantas en estudio (Figura 3), y se observaron por 10 minutos el comportamiento de los individuos y se registró el número de visitas a cada polen, se consideró visita efectiva aquella en que el insecto se posó sobre el polen. Finalmente, para el estudio se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 20 tratamientos (tipos de polen) y 4 repeticiones. La unidad experimental fue 10 adultos de *A. mali*.



Figura 3. Ensayo de ingesta alimentaria de *A. mali* en condiciones de laboratorio.

Realizadas las pruebas de palatabilidad con los diferentes tipos de polen, se estableció que existieron diferencias estadísticas significativas entre el número de visitas y el tipo de polen evaluado.

Polen de Dedal de oro, Enotera rosada, Pimpinela escarlata y Caléndula presentaron mayor número de visitas que el resto de las especies estudiadas y fueron estadísticamente diferentes al resto de los polenes evaluados. Este efecto podría asociarse a compuestos volátiles, colores atractivos, tamaño, forma y textura del polen, que generan señales de atracción hacia el insecto. Por lo anterior se infiere que, estas especies vegetales que producen polen atractivo para el parasitoide, podrían ser propuestas como cubiertas vegetales en huertos de manzano con pulgón lanígero, y de ellas solo Dedal de oro muestra también una alta aceptabilidad para el depredador *N. californicus*. Finalmente, es necesario destacar que la composición de las cubiertas vegetales debería variar de acuerdo al objetivo que se plantee, como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Especies arvenses sugeridas en la composición de cubiertas vegetales para *N. californicus* y/o *A. mali* en huertos de manzano.

Enemigos naturales	Especies arvenses
<i>A. mali</i>	Dedal de oro, Enotera rosada, Pimpinela escarlata y Caléndula
<i>N. californicus</i>	Dedal de oro, Phacelia, Amapola y Mostacilla

3. Mantenimiento de colonias de *A. mali* para su posterior liberación en campo.

Se colectan ramillas de 30 cm y/o dardos infestados con pulgón lanífero y evidencias de parasitismo de *A. mali* de diámetro no inferior a 1 cm de diámetro (Figura 4).

Para evitar la deshidratación de las ramillas se sellan los extremos con cera y luego se guardan en cajas de plástico de 30x40x15 cm con tapa hermética y ventanas de tul de 15x7 cm, en la parte lateral (si pretende apilarlas) o superior para facilitar el flujo del aire.

Para mantener la humedad en el interior de la caja es necesario colocar esponja floral oasis o similar y humedecerlas una vez por semana.

El material deberá mantenerse durante el invierno en una cámara refrigerada a 7°C, para detener el desarrollo del parasitoide y usarlo en el momento requerido.

Una vez detectada las primeras colonias de pulgón de la temporada (Primera-segunda semana de octubre), las cajas se les introduce una fuente de alimento, que consiste de esponjas con polen humedecido y se trasladan a una sala a 23 +/-1°C, humedad relativa 60-70% y fotoperiodo de 16:8 h (L:O).



Figura 4. Colecta y mantención de ramillas de manzano con presencia de *A. mali* para prolongar el suministro de alimento a los pulgones.

Una vez emergido el 90% de los parasitoides de la colonia (4-5 días después), las cajas se llevan a campo donde se realiza la liberación de los individuos sobre arboles de manzano con presencia de pulgón lanífero.

Es importante señalar, que en el interior de las cajas se debe contar con esponjas con polen para facilitar la alimentación de los adultos de *A. mali*, en caso de no contar con cubiertas vegetales establecidas en el huerto.

CAPITULO 3. DETERMINACIÓN DE TOXICIDAD DE PLAGUICIDAS USADOS EN PROGRAMAS DE MANEJO EN HUERTOS DE MANZANO SOBRE *N. californicus* y *A. mali*.

Luis Sazo, Mayerly Prieto y Héctor Villalobos.

Para la evaluación de toxicidad de plaguicidas empleados en Chile en el manejo fitosanitario del manzano, se usó como base las directrices generales del test inicial de laboratorio de la Organización Internacional de Lucha Biológica OILB (Hassan, 1985) para evaluar el efecto tóxico de los plaguicidas, con modificaciones al protocolo relacionadas con el manejo de los individuos post aplicación, para adaptarlo a los requerimientos de cada especie.

Las aspersiones se realizaron con Torre de Potter ST-4 calibrada a 15 lb/pulg². Se estudiaron 14 plaguicidas aplicados sobre 40 individuos adultos de *N. californicus* y *A. mali* (4 grupos de 10) y la evaluación se realizó cada 60 minutos por un periodo de 24 horas, determinando el TL₅₀, periodo de tiempo (horas) que se logra el 50% de mortalidad de los individuos estudiados. Posteriormente, estos valores se compararon con el índice de toxicidad elaborado por la OILB (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de toxicidad de plaguicidas considerando TL₅₀ según OILB.

Categoría	Horas donde se genera el TL ₅₀	Índice de toxicidad
1	0 horas <TL ₅₀ < 2 horas	Altamente tóxico
2	2 horas <TL ₅₀ < 5 horas	Tóxico.
3	5 horas <TL ₅₀ < 24 horas	Moderadamente tóxico
4	24 horas >TL ₅₀	Levemente tóxico

1. *N. californicus*

Los resultados de *N. californicus* se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Categoría e índice de toxicidad de plaguicidas evaluados sobre *N. californicus* en condiciones de laboratorio.

Principio activo	Nombre comercial	Dosis recomendada más alta (g o ml/hL)	Categoría e Índice de toxicidad
<i>Insecticidas</i>			
Tiacloprid	Calypso 480 SC	25 ml/hL	4 Levemente toxico
Acetamiprid	Acetamiprid 70% WP	15 g/hL	4 Levemente toxico
Sulfoxaflor	Closer	40 ml/hL	3 Moderadamente toxico
Aceite Parafínico	Pure spray 22 E	1500 ml/hL	1 Altamente toxico

Principio activo	Nombre comercial	Dosis recomendada más alta (g o ml/hL)	Categoría e Índice de toxicidad
<i>Insecticidas</i>			
Aceite Parafínico	Pure spray 22 E	1000 ml/hL	2 Toxico
Espinosad	Success 40	12 ml/hL	4 Levemente toxico
Diazinon	Diazinon 40 WP	150 g/hL	3 Moderadamente toxico
Milbemectina	Milbeknock	15 cc/hL	1 Altamente toxico
Dinotefuran	Starkle 20 SG	80 g/hL	4 Levemente toxico
Benzoato de emamectina	Proclaim Forte	40 g/hL	4 Levemente toxico
Metoxifenozida	Intrepid SC	20 ml/hL	4 Levemente toxico
Espinetoram	Delegate	15 g/hL	4 Levemente toxico
<i>Herbicidas</i>			
Glifosato	Roundup Platinum	6 L/ha	4 Levemente toxico
Pendimetalin	Pendimetalin 33% EC	4,5 L/ha	4 Levemente toxico

Según los resultados del presente estudio se terminó que el Aceite parafinico al 1,5% y Milbemectina a una concentración de 15 cc/hL fueron altamente tóxicos para *N. californicus*, sin embargo, al reducir la dosis de aceite parafino al 1% el índice de toxicidad se reduce a la categoría 2, demostrando que son productos no selectivos en el control de ácaros (Cuadro 2).

Por otro lado, Sulfoxaflo a 40 ml/hL y Diazinon a 150 g/hL fueron modernamente tóxicos según el índice de OILB (Cuadro 2).

Por último, Tiacloprid (25 ml/hL), Acetamiprid (15 g/hL), Espinosad (12 ml/hL), Dinotefuran (80 g/hL), Benzoato de emamectina (40 g/hL), Metoxifenozone (20 ml/hL), Espinetoram (15 g/hL), Glifosato (6 L/ha), y Pendimetalin (4,5 L/ha), presentan un nivel de toxicidad bajo, considerado como levemente tóxico. Por lo anterior, estos plaguicidas podrían sugerirse en planes de manejo en huertos de manzano con una disminución en el impacto de las poblaciones del enemigo natural (Cuadro 2).

2. *A. mali*

Los resultados del efecto de los plaguicidas sobre *A. mali* se presentan en la Cuadro 3.

Cuadro 3. Categoría e índice de toxicidad de plaguicidas evaluados sobre *A. mali* en condiciones de laboratorio.

Principio activo	Nombre comercial	Dosis recomendada más alta (g o ml/hL)	Categoría e Índice de toxicidad
<i>Insecticidas</i>			
Tiacloprid	Calypso 480 SC	25 ml/hL	4 Levemente tóxico
Acetamiprid	Acetamiprid 70% WP	15 g/hL	1 Altamente tóxico
Sulfoxaflor	Closer	40 ml/hL	1 Altamente tóxico
Aceite Parafínico	Pure spray 22 E	1500 ml/hL	1 Tóxico
Aceite Parafínico	Pure spray 22 E	1000 ml/hL	2 Altamente tóxico
Espinosad	Success 40	12 ml/hL	1 Altamente tóxico

Principio activo	Nombre comercial	Dosis recomendada más alta (g o ml/hL)	Categoría e Índice de toxicidad	
<i>Insecticidas</i>				
Diazinon	Diazinon 40 WP	150 g/hL	2	Tóxico
Milbemectina	Milbeknock	15 cc/hL	1	Altamente tóxico
Dinotefuran	Starkle 20 SG	80 g/hL	3	Moderadamente tóxico
Benzoato de emamectina	Proclaim Forte	40 g/hL	4	Levemente tóxico
Metoxifenozida	Intrepid SC	20 ml/hL	1	Altamente Tóxico
Espinetoram	Delegate	15 g/hL	4	Levemente tóxico
<i>Funguicida</i>				
Azufre	Sulfor 80 WG	600 g/ hL	4	Levemente Tóxico
<i>Herbicidas</i>				
Glifosato	Roundup Platinum	6 L/ha	3	Moderadamente Tóxico
Pendimetalin	Pendimetalin 33% EC	4,5 L/ha	3	Moderadamente Tóxico

Según los resultados de este estudio Acetamiprimid (15 g/ hL), Sulfoxaflor (40 ml/ hL), Espinosad (12 ml/hL), Diazinon (150 g/ hL), Dinotefuran (80 g/hL) y Espinetoram (15 g/hL), mostraron un valor de TL50 altamente tóxico sobre *A. mali* y en consecuencia calificados en la categoría 1 (Cuadro 3).

Asimismo, Aceite parafinico (1500 ml/ hL) y Milbemectina al 15 cc/ hL presentaron índices de toxicidad nivel 2, considerado tóxico. Por otro lado, se determinó que Benzoato de emamectina (40 g/hL), Glifosato (6 L/ha) y Pendimetalin (4,5 L/ha)

son ingredientes activos que mostraron niveles de toxicidad moderadamente tóxico para *A. mali*, bajo las condiciones de estudio (Cuadro 3).

Por último, Tiacloprid (25 ml/hL), Metoxifenoza (20 ml/hL) y el Azufre (600 g/ hL) fueron levemente tóxicos y por lo tanto calificados en como categoría 4 presentan (Cuadro 3). Estos resultados serán de gran utilidad para los usuarios en el momento de elaborar los programas de manejo de esta especie frutal.

Finalmente es importante indicar que estos resultados se generaron bajo un ambiente controlado de laboratorio y podrían mostrar variaciones en condiciones de campo, donde los individuos no están sobre expuestos directamente al efecto de estos plaguicidas, dado su comportamiento natural en la planta.

CAPÍTULO 4. GESTIÓN DEL HÁBITAT PARA ENEMIGOS NATURALES

M. Verónica Díaz M. y Luz Ramos C.

1. ¿Por qué manejar una cubierta vegetal en el huerto?

En los últimos años, los mercados han demandado, con mayor frecuencia e interés, alimentos con menores o nulas trazas de agroquímicos, producciones limpias y de la mano con el cuidado del medio en el que se desarrollan sus alimentos, (Avilla, 2010; Apey *et al.*, 2017), instando al sector productivo a que las técnicas y metodologías de producción utilizadas reduzcan los posibles impactos negativos de sus prácticas de manejo.

Adecuados sistemas de control, racionalización del uso de plaguicidas, correcta calibración de equipos, capacitación del personal a cargo de la toma de decisiones y operación en campo, son ejes claves para una mejora de los agroecosistemas, así también, la gestión del hábitat en que se desarrollan los frutales y cultivos.

La gestión del hábitat, a partir del manejo y uso de cubiertas vegetales, es un mecanismo que favorece el control biológico ya que permite generar condiciones que benefician la fecundidad y

longevidad de enemigos naturales y organismos benéficos, aumentando su población, lo que genera un mejor control de los umbrales de daño de algunas plagas (Hassan *et al.*, 2016).

A su vez, les otorga estabilidad en el tiempo, dado por el aumento de los recursos alimenticios alternativos para los enemigos naturales, como son el polen y néctar, los que son utilizados en periodos en que se reduce la presencia del insecto plaga y proporcionan microhábitats para su supervivencia. Esto cobra aún más valor en sistemas productivos semipermanentes y complejos estructuralmente, como los huertos frutales que pueden permanecer al menos 15 años en el mismo lugar (Gurr *et al.*, 1998; Avilla, 2010; Hassan *et al.*, 2016).

Por otra parte, algunas especies que hoy en día son consideradas “malezas”, se presentan como un potencial insumo para el entorno agrícola, pues sus características podrían ser aptas para mantener o incrementar las poblaciones de enemigos naturales tales como depredadores y parasitoides. A partir de esto, es que ya no las llamaremos “malezas”, si no que nos referiremos a ellas como plantas “arvenses ecológicas”, “florales” o “benéficas”, en atención a las propiedades biológicas que las distinguen (Blanco y Leyva, 2007).

Dicho lo anterior, la inclusión de especies florales a través de cubiertas nativas o introducidas, como parte de un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP), se transforma en una práctica a nivel de campo importante para potenciar la presencia de insectos y ácaros depredadores y parasitoides que reduzcan los efectos de los insectos plaga durante etapas claves de la producción de manzanos.

Además de su potencial como foco alternativo de alimentación para enemigos naturales en el huerto, las cubiertas vegetales generan una serie de beneficios al recurso suelo, tanto a corto como largo plazo, afectando positivamente las propiedades físicas, químicas y biológicas, tales como: aumento del carbono orgánico, incremento de las partículas de materia orgánica, reducción de la susceptibilidad a la compactación, disminución de la erosión, estabilización de agregados o la reducción de las fluctuaciones abruptas de temperatura (Blanco-Canqui *et al.*, 2015).

2. Factores relevantes para elegir una cubierta vegetal

El manejo de arvenses, entendido como “la actividad basada en la selección de coberturas nobles” (Blanco y Leyva, 2007), permitirá hacer un uso controlado de las propiedades biológicas y

características que son de interés para el huerto, tales como su nivel de plasticidad ante condiciones adversas o la capacidad de alimento complementario o suplementario durante las brechas de los ciclos de vida entre los enemigos naturales y sus presas (Venzon *et al.*, 2019).

Para optimizar el uso de especies florales que aumenten la disponibilidad de polen y néctar para los biocontroladores, diversos investigadores señalan que es importante considerar los siguientes aspectos (Van Rijn y Wäckers, 2006; Avilla, 2010; Kopta *et al.*, 2012):

Efectividad de los Enemigos Naturales

Es fundamental contar con la información de los biocontroladores, ya sean autóctonos o introducidos, que permitan asegurar un control eficaz de la plaga de interés.

Reconocer especies arvenses que provean de alimento alternativo y nichos de supervivencia a los biocontroladores

La elección de especies que formarán parte de una cubierta vegetal, con el objetivo de conformar una fuente alternativa de alimentación, requiere que éstas posean características atractivas para el enemigo natural, evitando especies que puedan ser una potencial maleza.

La morfología de la flor, el color, el aroma o el momento de floración y producción de néctar, son elementos que influirán en la capacidad de los biocontroladores para adoptar estas fuentes secundarias de alimentación.

Definir ciclos de floración y características de interés

Una vez identificadas las especies arvenses adecuadas para suministrar alimento alternativo a los biocontroladores, se deben precisar sus ciclos de floración, de manera de conocer el periodo en que podrán ser un nicho de resguardo y fuente potencial de alimentación.

En el marco de esta investigación, se identificaron dos enemigos naturales de plagas que afectan la producción de manzano:

- *Aphelinus mali* (Haldeman), un parasitoide del pulgón lanífero del manzano (*Eriosoma lanigerum*) de la familia Aphelinidae.
- *Neoseiulus californicus* (McGregor), un ácaro depredador de la arañita roja europea (*Panonychus ulmi*), de la familia Phytoseiidae.

En relación con estos controladores, la adición de flores podría mejorar la disponibilidad de recursos para su permanencia en huertos de

manzanos, además se ha demostrado que presentan altas tasas de supervivencia a nivel de laboratorio al ser alimentados con polen (Sazo e Iturriaga, 2006; Simon *et al.*, 2010).

Bajo la premisa de potenciar la población de estos biocontroladores y conocer sus preferencias alimentarias, se realizaron distintas pruebas experimentales a nivel de laboratorio, para establecer un conjunto de especies que contaran con un polen apto para el consumo de *A. mali* y *N. californicus* (Capítulos 1 y 2).

Adicionalmente, y debido a la variabilidad y especificidad de cada sistema productivo, dado por las características edafoclimáticas de los predios, los mercados de destino de la producción y las restricciones hídricas dadas por los cambios en el régimen de precipitación de las zonas productivas, generado por el cambio climático, resulta de gran importancia evaluar el consumo hídrico de la cubierta vegetal, de manera de evitar o disminuir la posible competencia con la especie cultivada.

En paralelo, se reconocieron y midieron distintas características de las arvenses benéficas, como su capacidad de germinación y ciclo de desarrollo, aspectos clave para su posterior siembra y seguimiento en campo.

CAPÍTULO 5. EXPERIENCIAS EN INVERNADERO Y CAMPO

M. Verónica Díaz M. y Luz Ramos C.

1. Identificación y clasificación de especies arvenses para cubierta vegetal

Para el desarrollo de esta investigación, se identificaron especies con potencial de inclusión en cubiertas vegetales que presentaran cualidades que no afectaran las labores propias del predio.

Color de sus flores: se eligieron colores de flores que la literatura señala que son atractivas para los insectos benéficos, seleccionando en primer lugar aquellas que presentaran tonos anaranjados y amarillos. En segunda instancia, se incluyeron especies con flores rojizas, azules y blancas.

Altura de la planta: se buscaron especies que tuvieran una altura promedio menor a 50 cm., de manera que las cubiertas no se vean severamente afectadas por el paso frecuente de maquinaria agrícola en los predios.

Adicionalmente, se midieron otros factores para caracterizar a las especies:

Germinación de las especies arvenses: la germinación es el “surgimiento y desarrollo de la plántula en una etapa en la que el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el campo” (ISTA, 2017). Determinar su valor en laboratorio, permitirá estimar con mayor certeza las dosis de siembra en campo.

En algunos casos, este valor puede ser obtenido directamente con la lectura de la etiqueta de las semillas, no obstante, para el caso de aquellas que son parte de una colecta propia en campo, deben realizarse pruebas según protocolos para poder determinarla.

Crecimiento y Desarrollo: se observaron los cambios de estados y fases fenológicas en el tiempo, con el objetivo de establecer la dinámica de floración de cada especie.

Consumo hídrico: se determinó el consumo hídrico de las especies a partir de ensayos controlados en invernadero, de manera tal, de promover una cubierta de bajo consumo que no compita por el recurso hídrico con el manzano.

1.1 Germinación

Se analizaron diversas especies obtenidas a partir de la colecta de semillas en terreno en la Región Metropolitana y Región de O'Higgins.

Las muestras se colectaron en bolsas de papel con todas sus estructuras de protección e incluso plantas completas, siempre que se encontraran en estado de madurez fisiológica, es decir, momento en el cual la semilla o frutos alcanzan la máxima acumulación de materia seca y comienza la pérdida de humedad.

Las semillas y plantas que cumplieron las características señaladas fueron llevadas a laboratorio para continuar con los manejos previos a la prueba de germinación, como la limpieza de las semillas (Fig. 1) y aplicación de distintos tratamientos para romper la dormancia, según las indicaciones de la Norma de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, 2017)



Figura 1. Colecta de semillas y limpieza para la determinación del método propicio para romper la latencia.

Las pruebas de germinación se realizaron a partir de las pautas expuestas por ISTA (2017) en el Laboratorio de Manejo de Malezas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la U. de Chile (Fig. 2).



Figura 2. Pruebas de germinación realizadas a las especies arvenses en estudio.

En el Cuadro 1 se observan los resultados obtenidos para cada especie y el tratamiento aplicado que generó el mejor resultado:

Cuadro 1. Métodos utilizados para romper dormancia.

Nombre científico	Nombre común	Germinación	Tratamiento para romper dormancia
<i>Anagallis arvensis</i>	Pimpinela	27%	Preenfriado
<i>Calendula officinalis</i>	Caléndula	98%	Preenfriado
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Bolsita del pastor	82%	Preenfriado
<i>Cheiranthus allionii</i>	Alelí	84%	Preenfriado; KNO3
<i>Cichorium intibus</i>	Achicoria silvestre	93%	KNO3 por 24 h
<i>Cosmos bipinnatus</i>	Cosmos	80%	Preenfriado
<i>Cosmos sulphureus</i>	Cosmos azul	87%	Preenfriado
<i>Eschscholzia californica</i>	Dedal de oro	84%	Uso de sustrato
<i>Gaillardia aristata</i>	Gallardía	82%	Preenfriado
<i>Gypsophila elegans</i>	Ilusión	100%	Preenfriado
<i>Helianthus annuus</i>	Maravilla	93%	Preenfriado
<i>Linaria maroccana</i>	Linaria	89%	Preenfriado
<i>Oenothera rosea</i>	Enotera	93%	Preenfriado
<i>Papaver rhoeas</i>	Amapola	82%	Preenfriado
<i>Petunia x hybrida</i>	Petunia	80%	Preenfriado; KNO3
<i>Phacelia campanularia</i>	Phacelia	71%	-
<i>Rudbeckia hirta</i>	Rudbeckia	93%	Preenfriado; KNO3 por 24 h
<i>Sinapis alba</i>	Mostaza blanca	100%	Preenfriado; KNO3 por 24 h

Nombre científico	Nombre común	Germinación	Tratamiento para romper dormancia
<i>Tajetes officinalis</i>	Tagete	98%	Preenfriado
<i>Veronica persica</i>	Verónica	49%	Preenfriado
<i>Zinnia peruviana</i>	Zinia	91%	Preenfriado
<i>Antirrhinum majus</i>	Cartucho	80%	Preenfriado; KNO ₃
<i>Portulaca grandiflora</i>	Portulaca	82%	Preenfriado; KNO ₃
<i>Mesembryanthemum criniflorum</i>	Mesembria ntemo	80%	Preenfriado

A partir de estos resultados, se seleccionaron 9 especies para su evaluación en invernadero y en campo, considerando los factores descritos en el punto anterior, además de evidencia en laboratorio, asociada a la capacidad de algunas flores de ser atrayentes para los enemigos naturales.

1.2 Especies arvenses seleccionadas como potenciales cubiertas vegetales

En las siguientes fichas se presentan las principales características de las especies arvenses evaluadas, en términos de su taxonomía, requerimientos agronómicos y observaciones de campo.

Caléndula – Calendula officinalis
(Familia: Asteraceae)

Nivel de importancia y distribución:

Arvense, se presenta con frecuencia en la Región Metropolitana

Ciclo de vida: especie herbácea anual y/o perenne,

Hábito de crecimiento: semi-erecto, alcanza una altura desde 10 hasta los 50 cm.



Descripción

Tallos: erectos o procumbentes, ramificados.

Hojas: llegan a medir entre 7 y 14 cm de ancho, oblongas o espatuladas, glanduloso-pubescente.

Inflorescencias: llamadas capítulos, de 4 a 7 cm de ancho. Flores se cierran por la noche.

Fruto: aquenios de 2 a 2,5 cm de largo.

(Matthei, 1995; Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Se desarrolla en climas templados, pudiendo tolerar heladas y sequías.

Crece desde el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m.

Requerimiento térmico a floración: 630 a 720 DG (base 10)

Dedal de oro – *Eschscholzia californica*
(Familia: Papaveraceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie común, presente entre las Regiones de Atacama y Biobío

Ciclo de vida: especie herbácea anual y/o perenne

Hábito de crecimiento: erecto o extendido, alcanza una altura desde 10 hasta los 50 cm.



Descripción

Hojas: son simples con subdivisiones internas de hasta 3 cm.

Flores: son solitarias y generalmente de color amarillo-oro.

Pétalos de 20 a 60 mm.

Fruto: es una cápsula cilíndrica, estriada de entre 5 a 9 cm de largo.

Semillas: semillas redondas de color marrón oscuro a negro, de unos 2 mm de largo.

(Matthei, 1995; Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Generalmente crece en suelos bien drenados de dunas, terrazas de ríos, zonas con pendiente y lugares rocosos. Se adapta a estas condiciones a través de su raíz pivotante profunda y su amplia tolerancia a distintos tipos de suelo.

Es una de las pocas especies vasculares que posee semillas con fotoblastismo negativo, es decir, que la germinación de sus semillas se inhibe con la luz (Castillo *et al.*, 2013).

Se desarrolla mayormente en climas de tipo mediterráneo, con bajo requerimiento hídrico y es tolerante a la sequía.

Requerimiento térmico a floración: 720 a 1550 DG (base 10)

Ilusión – *Gypsophila elegans*

(Familia: Caryophyllaceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie cultivada en cubiertas vegetales o como ornamental, distribución variable según su capacidad de adaptación.

Ciclo de vida: anual

Hábito de crecimiento:

erecto, mide entre 15 a 90 cm de altura.



Descripción taxonómica

Tallos: simples, rectos y duros.

Hojas: hojas opuestas, enteras, planas. Lámina de 2 a 5 mm de ancho.

Inflorescencia: flores pentámeras, abiertas, en cimas. Cáliz acampanado de 3 a 5 mm. Color blanco a rosado.

Fruto: cápsula globosa, lisa. Mide unos 1,5 mm de diámetro, con numerosas semillas en su interior. (Jepson eFlora, 2022).

Características edafoclimáticas

Se desarrolla en ambientes con temperatura cálidas (sobre 10°C preferentemente).

Prefiere suelos con pH entre 6,5 a 8 y tiene bajos requerimientos nutricionales. Una vez establecida, es relativamente resistente a la sequía (Tregea, 2003).

Se adapta a gran variedad de suelos, desde textura finas a gruesas, aunque las texturas finas pueden retrasar el desarrollo de raíces.

Puede llegar a producir 13.700 semillas por planta (ISC, 2022).

Requerimiento térmico a floración: 720 a 970 DG (base 10)

Linaria – *Linaria maroccana*
(Familia: Plantaginaceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie cultivada en cubiertas vegetales o como ornamental, distribución variable según su capacidad de adaptación.

Ciclo de vida: anual

Hábito de crecimiento: semi-erecto. Pueden medir de 20 a 70 cm.



Descripción taxonómica

Tallos: rectos, erectos y glaucos.

Hojas: simples, paralelas. De 20 a 40 mm de largo.

Inflorescencia: espigas, actinomorfas. Presentan 2 lóbulos lanceolados.

Fruto: es una cápsula que mide 3 a 5 mm de diámetro que contiene semillas de 1 mm aproximadamente, en forma de pirámide, rugosas y negras.
(Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Cree durante todo el año en áreas frescas y templadas, prospera en una amplia gama de suelos, desde arenosos y pedregosos hasta suelos más fértiles. Es moderadamente tolerante a la sombra y la sequía (ISC, 2022).

Requerimiento térmico a floración: 430 a 460 DG (base 10)

Amapola – *Papaver rhoeas*

(Familia: Papaveraceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie, presente entre la Región Metropolitana, de O'Higgins y Los Lagos.

Ciclo de vida: anual

Hábito de crecimiento:

erecto, alcanza entre 25 y 90 cm de altura.



Descripción taxonómica

Tallos: simples, rectos e hispídos (ásperos, duros).

Hojas: inferiores son pecioladas, mientras que las superiores sésiles, con lámina de 3 a 15 cm de largo, con segmentos dentados, hispídos.

Flor: solitaria, 4 pétalos de 20 a 40 mm de largo.

Fruto: es una cápsula de 1-2 cm de largo.

Semillas: miden 0,5 mm de largo, son arriñonadas. (Matthei, 1995; Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Crece en todo tipo de suelos, prefiere pleno sol.

Sólo produce polen y no néctar, sin embargo, está demostrado que es un sitio preferencial para la colecta de polen de diversos insectos benéficos (Heritage fund, s.f.)

Sus semillas presentan alta longevidad en el banco de semillas del suelo.

Requerimiento térmico a floración: 690 a 740 DG (base 10)

Phacelia – *Phacelia campanularia*

(Familia: Boraginaceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie cultivada en cubiertas vegetales, distribución variable según su capacidad de adaptación.

Ciclo de vida: herbácea anual

Hábito de crecimiento: semi-erecto alcanza una altura desde 10 hasta los 70 cm.



Descripción

Tallos: erectos, ramificados desde la base.

Hojas: ovaladas y dentadas.

Flores: azules con una mancha blanca difusa, acampanadas, con 5 estambres y anteras de color claro.

Fruto: ovoides, de 7 a 15 mm de largo.

Semillas: miden 1,5 mm y tiene una leve hendidura.

(Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Crece en suelos con baja humedad, bien drenados, arenosos o con pedregosidad. Prefiere pH entre 6,8 y 7,2.

Se puede sembrar hacia finales de invierno e inicios de primavera y siempre a baja profundidad, ya que requiere luz para germinar.

Se caracteriza por su valor como especie benéfica para insectos, tales como abejas nativas.

Requerimiento térmico a floración: 430 a 690 DG (base 10)

Rudbeckia – *Rudbeckia hirta*

(Familia: Asteraceae)

Nivel de importancia y distribución:

Distribución variable según zona de cultivo.

Ciclo de vida: herbácea o semileñosa perenne

Hábito de crecimiento:

erecto, alcanza una altura de 50 a 90 cm.



Descripción taxonómica

Tallos: erectos, con presencia de vellosidades ásperas.

Hojas: alternas, simples, ovaladas a lanceoladas, con una lámina de 5 a 15 cm.

Inflorescencia: formada por una cabeza de flores liguladas y tubulosas. Mide entre 15 y 40 mm.

Flores: amarillas a anaranjadas.

Fruto: aquenios glabros con forma primática. Miden 2 mm de largo.

(Matthei, 1995; Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Cree a pleno sol, en amplia variedad de suelo (arenoso, arcilloso, limoso).

Tiene una alta tolerancia a la sequía y buena tolerancia a las sales (Jepson eFlora, 2022).

Requerimiento térmico a floración: 900 a 1400 DG (base 10)

Mostaza blanca – *Sinapis alba*

(Familia: Brassicaceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie cultivada en cubiertas vegetales, distribución variable.

Ciclo de vida: herbácea anual

Hábito de crecimiento: erecto, alcanza una altura desde 10 hasta los 70 cm.



Descripción taxonómica

Tallos: erectos, ramificados, cilíndricos y con presencia de vellosidades ásperas.

Hojas: alternas, levemente pecioladas de forma ovalada. Lámina de la hoja con márgenes dentados y lóbulos pinatipartidos.

Raíz: pivotante con múltiples raíces secundarias.

Inflorescencia: se presentan en racimos terminales.

Fruto: silicuas de 4 a 5 cm. que llegan a contener 4 a 5 semillas. Es un fruto deshicente.

Semillas: son esféricas e irregulares, de colores entre verde-amarillo a amarillo-rojizo.

(Matthei, 1995; Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Crece en climas templados a templados fríos, con temperaturas medias de 14 a 16 °C. Requiere primaveras frescas y secas. Puede desarrollarse en suelos profundos. Es susceptible a excesos de humedad, pero tolera la salinidad. Requerimiento térmico a floración: 390 a 430 DG (base 10)

Cartucho – *Antirrhinum majus*
(Familia: Scrophulariaceae)

Nivel de importancia y distribución:

Especie de valor ornamental e investigativo, distribución variable según su capacidad de adaptación.

Ciclo de vida: herbácea anual

Hábito de crecimiento: semi-erecto



Descripción taxonómica

Tallos: presenta tallos rectos, lisos.

Hojas: son alternas, simples, de forma espatulada, de 5 a 10 cm de longitud.

Inflorescencia: corresponde en racimo terminal, con flores de 4 a 5 lóbulos, grandes y vistosas, de diversos colores.

Fruto: es una cápsula ovalada de 3 a 5 mm, con numerosas semillas en su interior.
(Jepson eFlora, 2022)

Características edafoclimáticas

Puede desarrollarse en suelos con un amplio rango de pH (ácidos a ligeramente alcalinos) y clases texturales (arcilloso, arenoso o limoso) (Jepson eFlora, 2022).

Requerimiento térmico a floración: 800 a 1080 DG (base 10)

1.3 Desarrollo de las especies arvenses en invernadero y campo

Se registraron los estados y fases de desarrollo de cada especie durante todo su ciclo, considerando que cada estado se cumplía una vez que el 50% de las plantas presentaron tal condición. De manera general, se utilizó la siguiente clave (Cuadro 2) para reconocer los distintos estados, considerando las diferencias entre especies respecto a sus hábitos de crecimiento y morfología:

Cuadro 2. Estados fenológicos evaluados

Estado	Descripción
Emergencia	Aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo
Expansión Foliar	Conteo del número de hojas con sus láminas completamente expandidas y/o número de nudos
Inicio de Floración	Al menos una flor completamente abierta
Plena Floración	Al menos el 50% de las plantas con una flor completamente abierta
Fin de Floración	Menos del 25% de las plantas con flores e inicio de estados de fructificación según la especie.
Madurez fisiológica	Plantas en que sus estructuras de fructificación presentan tonos amarillos o pardos y evidente senescencia de órganos.

Esta metodología fue aplicada tanto en invernadero como en campo, de manera de conocer, en primera instancia, la dinámica de

floración de las especies arvenses, con el objetivo de establecer el periodo de tiempo en que existirían flores como potencial alimento de enemigos naturales.

Paralelamente, se correlacionó con el comportamiento de acumulación térmica en la zona, dado que las temperaturas cumplen un rol relevante para la determinación de las especies que se establecerán, pues condiciona los estados fenológicos y criterios para la realización de labores de campo; tales como: fechas de siembra, épocas de floración y resiembras (Hoyos *et al.*, 2012).

Para definir la necesidad térmica de las especies vegetales, se empleó el concepto de Días Grado (DG). Este valor relaciona la temperatura media de un lugar con la temperatura base del vegetal en estudio, cuyo rango pueden variar entre 5° a 10°C (Uribe *et al.*, 2012).








Actualmente, el cambio en el esquema de temperaturas desde la macrozona centro hacia el sur, a causa del cambio climático, ha impactado en la modificación de la fenología de las especies debido al aumento en las temperaturas, interfiriendo directamente en la acumulación de Días Grado (CR2, 2015; Santis *et al.*, 2017).

Por este motivo, las recomendaciones para el establecimiento de las especies arvenses deben

estar orientadas a conocer los distintos requerimientos térmicos para alcanzar los estados de interés, como el período de floración, cuando los enemigos naturales lo requieran para su alimentación.

En el Cuadro 3, se aprecia la dinámica de floración estimada para las especies arvenses de este estudio durante la temporada 2021/22.

Cuadro 3. Dinámica de floración estimada para las distintas especies arvenses.

<i>Especies</i>						
<i>Calendula officinalis</i>						
<i>Eschscholzia californica</i>						
<i>Phacelia campanularia</i>						
<i>Gypsophila elegans</i>						
<i>Rudbeckia hirta</i>						
<i>Linaria maroccana</i>						
<i>Sinapis alba</i>						
DG¹ (°C base 10)	245	325	365	578	989	1530
Días después de la siembra (DDS)	50	100	150	200	250	300

¹Días grado acumulados desde la siembra, calculado a partir de los datos agroclimáticos correspondientes a la temporada 2021/22.

Tal como se indica en el Cuadro 3, las dinámicas de floración están determinadas por la acumulación de DG. *Sinapis alba* alcanza el inicio de esta etapa de manera más temprana que las otras especies y su permanencia se encuentra determinada por el rango de 390 a 600 DG. No obstante, a pesar de que las especies *Eschscholzia*,

Gypsophila y *Rudbeckia* comienzan su época de floración con posterioridad, existe un período de traslape entre todas las especies que permite obtener un “peak” de disponibilidad del alimento para los enemigos naturales, dado por la variedad de especies cultivadas en la cubierta vegetal.

Es importante destacar que la dinámica de floración demuestra que es posible tener una cubierta vegetal con diferentes especies de bajo consumo hídrico y atrayente para los enemigos naturales, cuyos períodos de floración se complementan para obtener un rango de disponibilidad de alimento mayor al que se obtendría si se considera una sola especie.

A partir de la experiencia en campo, con una cubierta vegetal establecida hacia finales de invierno de la temporada 2021-2022, la ventana de floración abarcó un período comprendido entre finales de octubre hacia fin del mes de febrero, es decir, entre 110 y 120 días con presencia de alimento potencial para enemigos naturales en campo. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tiempo cronológico y tiempo térmico para alcanzar los estados fenológicos de Inicio, plena y termino de la floración.

Especies	Días ¹	INICIO	PLENA	FIN
<i>Calendula officinalis</i>	DDS	115 - 134	137 - 206	176 - 219
	DG	630 - 720	690 - 1140	1200 - 1300
<i>Eschscholzia californica</i>	DDS	134 - 238	206 - 248	-
	DG	720 - 1550	1120 - 1660	-
<i>Phacelia campanularia</i>	DDS	102 - 137	134 - 172	154 - 192
	DG	430 - 690	720 - 730	950 - 1010
<i>Gypsophila elegans</i>	DDS	134 - 188	168 - 203	222
	DG	720 - 970	1110 - 1180	1430
<i>Rudbeckia hirta</i>	DDS	150 - 230	168 - 241	-
	DG	900 - 1400	1120 - 1570	-
<i>Linaria maroccana</i>	DDS	102 - 132	134 - 140	153 - 168
	DG	430 - 460	500 - 720	630 - 1120
<i>Sinapis alba</i>	DDS	102 - 122	108 - 129	121 - 143
	DG	390 - 430	470 - 480	560 - 600

¹DDS: días después de la siembra; DG: días grado (°C, base 10)

Finalmente, es importante destacar que esta ventana de disponibilidad de nicho de alimentación y refugio para los enemigos naturales se ve fuertemente influenciada por la variación térmica del periodo, por tanto, la fecha de siembra será clave para contar con arvenses en estado de floración en los periodos en que escasean las especies plagas (presas).

2. Consumo hídrico de especies arvenses para cubierta vegetal

Es sabido que una cubierta vegetal puede aumentar la infiltración y la capacidad de retención de agua en el suelo gracias a la estabilidad de su estructura, podría aumentar la materia orgánica y disminuir la evaporación directa (Hartwig y Ulrich, 2017), no obstante, también consumen agua para su crecimiento y desarrollo, por lo que es relevante contar con información respecto al consumo hídrico al momento de plantearlas como alternativas de utilización como “cubierta vegetal”, sobre todo en ambientes en que el agua es un factor limitante. Para conocer el consumo hídrico de las especies arvenses, se establecieron diferentes ensayos que consistieron en evaluar el crecimiento y desarrollo de cada una de las especies seleccionadas y determinar el momento en que iniciaban la

floración, es decir, eran conceptualmente un posible hábitat y fuente de alimentación alternativa de enemigos naturales.

El estudio se desarrolló en invernadero y se determinaron tres tratamientos con niveles de riegos distintos: al 20%, al 30% y al 60% de la capacidad de campo (CC), entendida como la capacidad máxima que tiene el suelo de suplir los requerimientos hídricos de las plantas.

La determinación del consumo hídrico de las especies arvenses se realizó mediante la estimación de la Evapotranspiración de Cultivo (ETc), entendida como la evaporación del suelo más la transpiración del vegetal, la que fue ajustada en función a la Evapotranspiración Real (ETr), cuyo valor refleja el agua disponible en el suelo (Uribe *et al.*, 2012). El ajuste de la ETc para cada especie y sus respectivos tratamientos permitió observar las variaciones bajo condiciones distintas de aplicación de agua para cada una de las especies arvenses, mediante los datos de humedad disponible obtenidos semanalmente, a través del uso de la sonda TDR.

Estas mediciones son fundamentales para estimar el comportamiento que mantendrán las diferentes cubiertas vegetales en meses sin pluviometría, dado que la mayoría de los huertos frutales son manejados con riego tecnificado, el cual no considera el riego de la entre hilera.

Los resultados obtenidos muestran que el comportamiento del consumo de agua, independiente del tratamiento hídrico aplicado, aumentó en el estado de inicio de floración para todas las especies evaluadas, algunas de las dinámicas de consumo, se presentan en las Figuras 3, 4, 5 y 6.

A partir de la Figura 3, se evidencia que *Phacelia campanularia* corresponde a una especie con consumo hídrico bajo, dado por su periodo de crecimiento y desarrollo acotado (134 a 172 días para alcanzar plena floración). Las fases de floración no se vieron afectadas, por disminución del aporte hídrico, por lo que esta especie, una vez establecida en campo, puede mantener un periodo de floración apto para los enemigos naturales en estudio.

Según lo expuesto en la Figura 4, es posible establecer que *Sinapis alba* presentó bajo consumo hídrico promedio dentro del grupo de especies estudiadas. Esta característica se debe al igual que en el caso anterior, a que su ciclo es corto y alcanza el estado de plena floración entre los 108 y 129 días aproximadamente. El cumplimiento de los distintos estados fenológicos no mostró diferencias entre los riegos aplicados. Además, es importante destacar que esta especie tiene un alto porcentaje de emergencia y cubre rápidamente la superficie del suelo.

Similar comportamiento mostraron las especies *Papaver rhoeas* y *Linaria campanularia*, por lo que para este estudio son consideradas especies de bajo requerimiento hídrico.

Por otra parte, se evidencia que con la disminución del riego al 20% de la CC la especie *Calendula officinalis* no afecta su época de floración. (Figura 5), a pesar de haber consumido un 18,3% menos de agua, por lo tanto, es posible destacar que esta especie, una vez establecida en campo, puede mantener una ventana de floración para amparar a los enemigos naturales, aún en condiciones de restricción hídrica.

Asimismo, *Eschscholzia californica* muestra una condición similar a la especie anterior (Figura 6), en la que una mayor restricción hídrica, es apta para el desarrollo de la especie. Es importante destacar que las diferencias entre las 3 condiciones de riego aplicadas, evidencian que el aumento del consumo hídrico varió según el momento o estado de desarrollo de la especie.

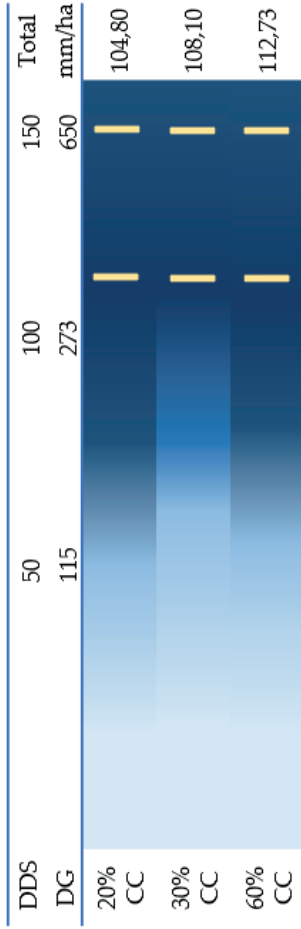
Para este trabajo, estas especies se clasificarán como arvenses de consumo hídrico medio, junto con *Gypsophila elegans* y *Rudbeckia hirta*, que tuvieron resultados similares.

DDS	50	100	150	200	250	Total
DG	460	600	720	1060	1670	mm/ha
20% CC						120,65
30% CC						125,33
60% CC						122,48

Líneas verticales indican la ventana de floración para la especie en cada tratamiento.






Figura 3. Dinámica de consumo hídrico de *Phacelia campanularia* para tres disponibilidades de agua.



Líneas verticales indican la ventana de floración para la especie en cada tratamiento.



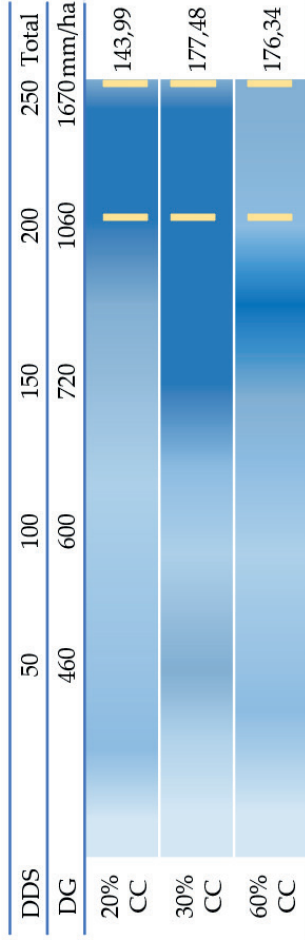
Figura 4. Dinámica de consumo hídrico de *Sinapis alba* para tres disponibilidades de agua.

DDS	50	100	150	200	250	Total
DG	460	600	720	1060	1670	mm/ha
20% CC						143,99
30% CC						177,48
60% CC						176,34

Líneas verticales indican la ventana de floración para la especie en cada tratamiento.



Figura 5. Dinámica de consumo hídrico de *Calendula officinalis* para tres disponibilidades de agua.



Líneas verticales indican la ventana de floración para la especie en cada tratamiento.



Figura 6. Dinámica de consumo hídrico de *Eschscholzia californica* para tres disponibilidades de agua

En atención a los resultados obtenidos, se evidencia que especies como *L. maroccana*, *S. alba*, *P. campanularia* y *P. rhoeas*, presentaron los menores consumos hídricos dentro del grupo de especies evaluadas, con montos que fluctúan entre 62,09 y 129,57 mm por ha., siendo las más estables en cuando a su demanda hídrica.

Por otra parte, las demás especies presentaron consumos hídricos entre 130,96 y 177,48 mm/ha para cumplir su ciclo, produciéndose diferencias en el consumo en cada tratamiento.

Las especies evaluadas en este estudio se clasifican de la siguiente manera (Cuadro 5):

Cuadro 5. Clasificación de las especies arvenses según su consumo hídrico (Invernadero)

Consumo hídrico¹	Especies
Bajo	<i>Linaria maroccana</i> <i>Sinapis alba</i> <i>Papaver rhoeas</i> <i>Phacelia campanularia</i>
Medio	<i>Calendula officinalis</i> <i>Eschscholzia californica</i> <i>Gypsophila elegans</i> <i>Rudbeckia hirta</i>
Alto	<i>Antirrhinum majus</i>

¹Clasificación realizada según el porcentaje de consumo promedio de la especie arvense, respecto el consumo anual en un huerto de manzano (8.270 m³/ha (Zúñiga, 2013)). Bajo: <7%; Medio: 7-9,9%; Alto: 10-12%.

2.1 Consumo hídrico según establecimiento en campo

Hay que destacar que los valores estimados consideran una superficie de 1 ha. con cubierta de cada especie en estudio, por tanto, se deben ajustar a la realidad de establecimiento en cada sistema productivo.

A modo de ejemplo, se realizó la estimación para dos huertos de manzanos con las siguientes condiciones (Cuadro 6):

Cuadro 6. Parámetros para estimación de consumo hídrico en campo.

Características	Plantación baja densidad	Plantación alta densidad
Marco de plantación	4 x 2 ¹ m	3,5 x 1 ² m
Plantas/ha	1.046	2.024
Ancho de la cubierta	1,5 ³ m	1,5 m
Establecimiento de la cubierta	En cada entre hilera	En cada entre hilera

¹ FDF, 2014

² Copefrut, 2017

³ Ancho estándar de la trocha de un tractor

Dadas las condiciones expuestas, se esperaría una cobertura máxima de especies arvenses del orden del 37,5% en huertos de baja densidad y 43,5% en

alta densidad. El consumo hídrico de cada cubierta vegetal, según las estimaciones realizadas para cada tratamiento, se presenta en el Cuadro 7: Finalmente, se estima que una hectárea de manzano en la Zona Central de Chile tiene un consumo hídrico de 8.270 m³/ha/año (Zúñiga, 2013), por lo tanto, una cubierta vegetal de las características señaladas consumiría en promedio entre un 2,7 y 9,3% del consumo total de agua de un huerto de manzano establecido en bajas densidades, mientras que en huertos plantados en alta densidad este rango varía entre 2,9 y 10,0%.

Cuadro 7. Consumo de las especies arvenses durante todo su ciclo de cultivo, para huertos de baja y alta densidad.

% CC	Baja densidad						Alta densidad		
	20	30	60	20	30	60	20	30	60
	mm			mm			mm		
<i>Calendula officinalis</i>	54,0	66,6	66,1	62,6	77,2	76,7			
<i>Eschscholzia californica</i>	54,0	66,6	66,1	62,6	77,2	76,7			
<i>Gypsophila elegans</i>	49,1	56,1	60,0	57,0	65,1	69,6			
<i>Linaria maroccana</i>	23,3	30,8	31,0	27,0	35,7	35,9			
<i>Papaver rhoeas</i>	40,5	44,8	48,6	47,0	52,0	56,4			
<i>Phacelia campanularia</i>	45,2	47,0	45,9	52,5	54,5	53,3			
<i>Rudbeckia hirta</i>	52,4	61,1	62,1	60,7	70,8	72,0			
<i>Sinapis alba</i>	39,3	40,5	42,3	45,6	47,0	49,0			
<i>Antirrhinum majus</i>	45,2	66,2	79,7	52,4	76,8	92,4			

2.2 Siembra de especies arvenses en campo

El establecimiento de cubiertas vegetales requiere conocer las condiciones agroclimáticas del lugar, las especies elegidas y factores asociados a la siembra (Aguirrezábal *et al.*, 2012), tales como la disponibilidad de maquinaria, pluviometría y/o exigencia de riego, etc.

De forma general, en base a lo sugerido por la literatura y la experiencia en campo, se contemplan las siguientes consideraciones:

1.- Quitar las malezas o cultivos anteriores que se presenten en la entre hilera.

2.- Preparar los primeros 15-20 cm de suelo (capa arable), según las condiciones en que se encuentre el terreno.

Procurar que se genere una cama de semillas adecuada, de manera de asegurar un buen contacto de las semillas con el suelo (Aguirrezábal *et al.*, 2012) para un alto nivel de emergencia de plántulas. Hay que recordar que el tamaño de las semillas fluctúa entre 0,3 a 20 mm, en promedio según la especie.

3.- Establecer la cubierta en el centro de la entrehilera de forma paralela a hilera de plantación. Su ancho dependerá del diseño de plantación del huerto, distancia entre las hileras y las condiciones agroclimáticas del año en curso.

De manera general, se propone que no supere al ancho de la trocha del tractor, de modo de permitir el paso de la maquinaria para las labores regulares del huerto.

4.- Establecer la dosis adecuada de semilla, considerando el porcentaje de germinación de las especies elegidas y factores de eficiencia dados por la calidad de la preparación de suelo y sistema de siembra. (Anexo 1)

5.- Realizar pequeños surcos (5 mm profundidad) para depositar de forma homogénea las semillas de las especies elegidas.

Posteriormente, cerrar el surco y realizar un riego inicial que promueva la germinación de las semillas (para siembra realizadas a inicios de primavera), o bien, planificar la siembra hacia finales de otoño, de manera que las especies se beneficien de las lluvias de la temporada invernal para iniciar su ciclo productivo.

6.- Demarcar las hileras o zonas sembradas. Esto permitirá evaluar periódicamente la presencia de enemigos naturales.

Se recomienda fotografiar el seguimiento del proceso para evidenciar los cambios que ocurrirán, tanto en la cubierta como en la especie frutal, los controladores y plagas que se puedan visualizar. Adicionar registro a su cuaderno de campo.

Comparar con otras zonas del huerto donde no exista vegetación benéfica, para evaluar el nivel de impacto del control obtenido.

LITERATURA CITADA

- Acosta de la Luz, Lériada, Rodríguez Ferradá, Carlos, & Sánchez Govín, Esther. (2001). Instructivo técnico de *Calendula officinalis*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 6(1), 23-27.
- Aguirrezábal, F., Sarasa, A., Cibriáin, F., Suberviola, J. y Oria, I. (2012). Cubiertas vegetales en viña. *Navarra Agr.*, (190), 31-37.
- Altieri, M. & Nicholls, C. (2018). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems (2nd ed.). CRC Press.
- Apey, A., Barrera, D. y Rivas, T. (Eds.). (2017). Agricultura Chilena. Reflexiones y Desafíos al 2030. Santiago, Chile: Andros Impresores Chile.
- Avilla, J. (2010). El control biológico de plagas en plantaciones de manzano. *Vida Rural*, 313, 32-35.
- Beers, E., Hoyts, S. & Willetts, M. (2010). *Aphelinus mali*. Washington State University.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T.M., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A., Elmore, R.W., Francis, C.A. & Hergert, G.W. (2015), Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. *Agronomy Journal*, 107: 2449-2474.
- Blanco, Y. y Leyva, A. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos tropicales*, 28(2), 21-28.
- Carpes, S.T., Mourão, G.B., Alencar, S.M., & Masson, M.L. (2009). Chemical composition and free radical scavenging activity of *Apis mellifera* bee pollen from Southern Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 12, 220-229.

- Castillo, M., Bustamante, R., Peña-Gómez, F., Gutiérrez, V., Reyes, C., Arredondo-Núñez, A. & Marey, M. (2013). Negative photoblastism in the invasive specie *Eschscholzia californica* Cham. (Papaveraceae): Patterns of altitudinal variation in native and invasive range. *Gayana. Botánica*, 70(2), 331-337
- CR2 (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia). 2015. La megasecuía 2010-2015: Una lección para el futuro. Santiago, Chile: CR2. 28p.
- Devotto, L. (2017). Entomología. Plaga: Pulgón Lanífero del Manzano. (Bol. Tec. N°05), Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigación Agropecuario (INIA). Chillán, Chile: INIA, 2p.
- Driesche, R., Hoddle, M., Center, T. (2007). Control de plagas y malezas por enemigos naturales Washington DC, US: Forest Health Technology Enterprise Team.
- Gerson, U. (1992). Perspectives of non-phytoseiid predators for the biological control of plant pests. *Exp. and Applied Acarology* 14: 383-391.
- Guo, J., Zhang, P. & Zhang Z. (2009). Studies on chemical constituents from bee-collected rape pollen. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. China journal of Chinese materia medica, 34(10), (pp. 1235-1237).
- Gurr, G., van Emden, H. & Wratten, S. (1998). Habitat manipulation and natural enemy efficiency: Implications for the control of pests. In P. Barbosa (Ed.), *Conservation Biological Control* (pp. 155-183). Maryland, EEUU: Academic Press.
- Hassan, S. (1985). Standar methods to test the side effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working group

- “Pesticides and beneficial organisms” Bull. OEPP/EPPO 15:214-255.
- Hassan, K., Pervin, M., Mondal, F. & Mala, M. (2016). Habitat management: a key option to enhance natural enemies of crop pest. *Univ. J. Plant Sci.*, 4 (2016), pp. 50-57. doi: 10.13189/ujps.2016.040402
- Hoyos, D.; J. Morales; H. Chavarría; A. Montoya; G. Correa & S. Jaramillo. 2012. Growing Degree Days Accumulation in a Cucumber (*Cucumis sativus* L.): Crop Grown in an Aeroponic Production Model. *Rev. Fac. Nac. de Agr.*, 65(1): 6389-6398.
- ISC (The Invasive Species Compendium). (2022). The Invasive Species Compendium. UK: CABI. Recuperado en: <https://www.cabi.org>
- ISTA (International Seed Testing Association). (2017). Reglas internacionales para el análisis de las semillas.
- Jepson eFlora (Jepson Flora Project (eds.)). (2022). The Jepson Herbarium. EEUU: University of California Berkeley. Recuperado en: <https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/>
- Klein, C. (1977). Aspectos Generales del Control Biológico e Integrado de Plagas en Chile. *Plagas*, 3: 121-132 p.
- Kopta, T., Pokluda, R. & Psota, V. (2012). Attractiveness of flowering plants for natural enemies. *Horticultural Science*, 39 (2), 89-96.
- Matthei J., O. (1995). Manual de malezas que crecen en Chile [en línea]. Santiago: Alfabeta Impresores.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN. (2021). Catastro Frutícola Región de O’Higgins.

- Principales Resultados 2021. Santiago, Chile: ODEPA y CIREN.
- Miñarro, M. y E. Dapena. (2008). Control Biológico en el Cultivo del Manzano. *Tecnología Agroalimentaria*, 5:15 p.
- Moraes, G., Fletchmann, C. (2008). *Manual de Acarología, Acarología Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brazil*. Ribeirão Preto, Brazil. Holos, ed. 308 p.
- Muma, M. & Denmark, H. (1969). The Conspicua species group of *Typhlodromina* Muma, 1961. *Annals. Entomological Society of America*, 62 (2): 406-413.
- Santis, G.; M. Jadrijevic; P. Muck y F. Farías. (2017). Plan de Adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático 2017-2022. Santiago, Chile: Ministerio de Obras Públicas y Ministerio de Medio Ambiente. 126p.
- Sazo, L., Araya, J. e Iturriaga, P. (2006). Efecto del tipo de polen sobre la supervivencia, fertilidad y viabilidad de los huevos de "*Neoseiulus californicus*" (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) en laboratorio. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 32(4), 619-624.
- Simon, S., Bouvier, J., Debras, J. & Sauphanor, B. Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 139–152 (2010).
- Tregea, W. (2003). *Gypsophila* Growing in Central Australia. *Agnote*, A28, s.p.
- Uribe, J.; R. Cabrera; A. de la Fuente y M. Paneque. 2012. Atlas Bioclimático de Chile. Universidad de Chile, Ministerio de Bienes Nacionales. Santiago, Chile. 229p.
- Van Rijn, Paul & Kooijman, Jurgen & Wäckers, Felix. (2006). The impact of floral resources on syrphid

- performance and cabbage aphid biological control. IOBC/wprs Bulletin. 29, 149-152.
- Vargas, R. y Ubillo, A. (2001). Toxicidad de pesticidas sobre enemigos naturales de plaguicidas agrícolas. *Agric. técnica (Chile)* 61(1):35-41.
- Venzon, M., Amaral, D., Togni, P., & Chiguachi, J. (2019). Interactions of natural enemies with non-cultivated plants. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 15-26). Springer, Cham.
- Zumofen, L. 2015. Plantas, áfidos y parasitoides: interacciones tróficas en agroecosistemas de la provincia de Santa Fe, Argentina y clave para la identificación de los Aphidiinae y Aphelinidae (Hymenoptera) conocidos de la región. *Sociedad Entomológica Argentina*, 74 (3-4): 133-144 p.

ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULO DOSIS DE SEMILLAS

Sabiendo que cada semilla dará origen a una planta, se puede estimar la cantidad de semillas necesarias mediante la expresión:

$$QS = \frac{(p * D)}{(F)}$$

Donde “p” es el peso de cada semilla (g semilla⁻¹), “D” la densidad óptima de plantas (pl m⁻²) y “F” el factor de germinación de las semillas (viabilidad).

El valor de “p” puede estimarse pesando un número conocido de semillas o mediante tablas con valores estándar. La densidad “D” dependerá de la arquitectura del cultivo, fecha de siembra, objetivo de la plantación, entre otros factores. La viabilidad “F1” corresponde al % de germinación como los presentados en este documento o en la etiqueta de semillas.

(Fuente: Villalobos, F.J., Mateos, L., Orgaz, F. y Fereres, E. 2002. Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 496p.

Los autores agradecen al Gobierno Regional de O'Higgins y a su Consejo Regional por el financiamiento otorgado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad, que permitió la ejecución del proyecto "Innovación en control sustentable de plagas con cubierta vegetal en manzano"

