

Biología y ecología de depredadores y parasitoides



M. Talbot UL CC BY 2.0



P.m.CC BY-NC 2.0



P. Derek CCBY-NC-ND 2.0



Dr. Esteban Rodríguez Leyva
Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad,
Texcoco, Estado de México
esteban@colpos.mx

Temas

Depredadores

- Definición
- Biología y ecología de los depredadores
- Digestión extraoral, preferencias por presas o estados de desarrollo y efecto en la población

Parasitoides

- Definición
- Biología y ecología de parasitoides
- Localización del huésped por los EN

Interrogantes y comentarios

- ¿Es mejor un depredador o un parasitoide?
- ¿Cuáles se usan más?
- ¿Es posible combinar EN?



Depredación: es una interacción biológica donde un organismo (depredador) ataca y mata a otro (presa) para alimentarse

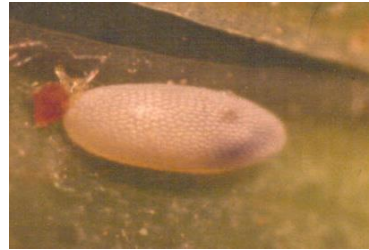
- Tanto los inmaduros como los adultos se alimentan de presas (*Syrphidae, *Chrysopidae)
- Consumen muchas presas durante toda su vida (*)
- Ambos sexos consumen presas
- Son de vida libre



- **Huevos.** No hay diferencias o adaptaciones evidentes con respecto a los huevos de otros insectos fitófagos



Coccinellidae



Syrphidae



Anthocoridae

Inmaduros (larvas y ninfas) y adultos. Morfología (órganos de ingestión), fisiología y comportamiento para hacer digestión extraoral



Digestión extra-oral (DEO)

- Es el proceso de digestión y licuefacción de sólidos, con el uso de enzimas digestivas y acciones mecánicas, que se realiza fuera del sistema digestivo del depredador (Cohen 1995)
- Cerca del 80% de las familias de artrópodos depredadores usan digestión extraoral (Cohen 1995, 1998)



- La DEO es un proceso cíclico que consiste de tres fases (Cohen 1995, 1998):

a) Inyección de enzimas digestivas

b) Acción mecánica para que haya efecto de las enzimas

c) Ingestión del material líquido producto de la digestión

El ciclo se repite para incrementar la eficiencia en la digestión y la recuperación del contenido de la presa



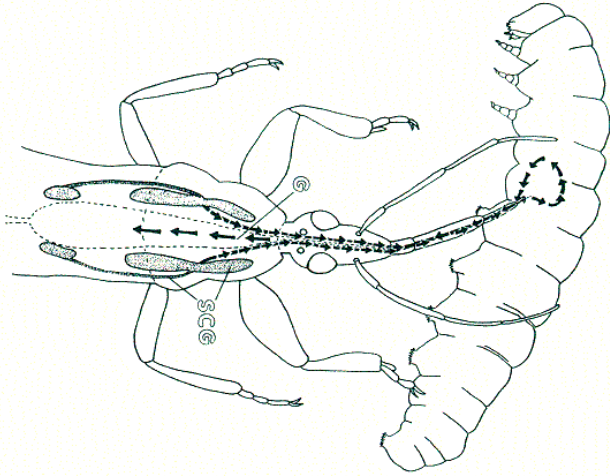
Cuadro 1. Tipos de digestion extra-oral en Arthropoda

(Cohen 1995, 1998)

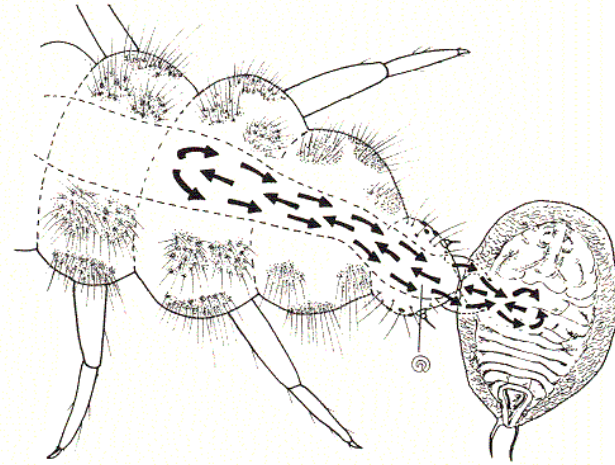
| Tipo de digestión | Sin recuperación de enzimas | Con recuperación de enzimas |
|---|---|--|
| Tipo I (Sin destruir el exoesqueleto de la presa) | Hemiptera, Algunos Neuroptera (Chrysopidae) | Algunos Coleoptera (larvas de Dytiscidae) Algunos Neuroptera (Mirmeleontidae) Algunos Araneae (Thomisidae) |
| Tipo II (Desmembrando la presa) | Muchos alacranes | Algunos Coleoptera Algunos Araneae (Lycosidae) Varios alacranes |



- **DEO** incluye adaptaciones bioquímicas, fisiológicas, morfológicas y comportamentales dentro del contexto evolutivo



DEO sin recuperación de enzimas

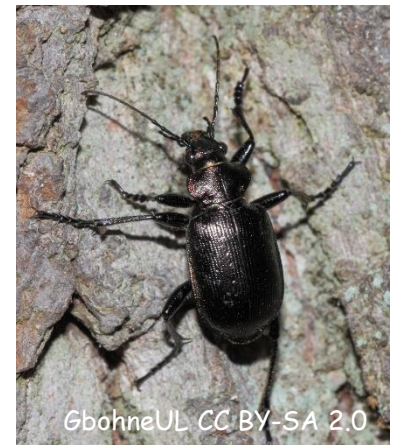


DEO con recuperación de enzimas

Imágenes tomadas de Cohen (1998). *Am Entomologist* 4: 103-116

Agrupación respecto a su rango de presas

- **Estenófagos.** Rango de presas restringido, generalmente dentro de un género
- **Oligófagos.** Rango limitado de presas de diferente especie (Ej. coccinélidos y sírfidos afidófagos)
- **Polífagos.** Tienen un amplio rango de especies presas (carábidos, crisópidos, asílidos)



Potencial de alimentación de coccinélidos introducidos sobre *Maconellicoccus hirsutus*



| Depredador | Estado de desarrollo de la presa | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|
| | Huevos | Ninfas | Adultos |
| <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> | | | |
| adulto | 3,700 - 4,000 | 750 - 800 | 180 - 190 |
| Larva | 1,800 - 1,900 | 250 - 268 | 25 - 30 |
| <i>Scymnus coccivora</i> | | | |
| adulto | 2,200 - 2,400 | 70 - 80 | 80 - 90 |
| larva | 300 - 350 | 60 - 70 | 6 - 7 |
| <i>Nephus regularis</i> | | | |
| adulto | 2,200 - 2,300 | 300 - 320 | 75 - 80 |
| larva | 1,250 - 1,300 | 200 - 260 | 5 - 6 |

Laetilia coccidivora feeding on two cochineal insect species, Does the prey affect the fitness of the predator?

Oscar A. Barreto-García · Esteban Rodríguez-Leyva · J. Refugio Lomeli-Flores ·
Juan M. Vanegas-Rico · Ana Lilia Viguera · Liberato Portillo



Table 2 Life table parameters (means with 95% confidence intervals in parenthesis) for *Laetilia coccidivora* fed with *Dactylopius opuntiae* or *D. coccus*

| Prey | Generation time (T) (days) | Net reproductive rate (R_0) (female per female) | Intrinsic rate of increase (r_m) (female per female per day) | Finite rate of increase (λ) (female per female per day) | Doubling time (DT) (days) |
|--------------------|----------------------------|---|--|---|---------------------------|
| <i>D. coccus</i> | 42.4 (42.0–42.7) | 5.8 (4.8–6.8) | 0.041 (0.04–0.05) | 1.04 (1.04–1.05) | 16.6 (15.1–18.1) |
| <i>D. opuntiae</i> | 36.6* (35.0–38.3) | 10.1 (4.5–15.7) | 0.064* (0.05–0.08) | 1.07* (1.05–1.08) | 10.49* (7.2–13.7) |

Means within a column followed by an asterisk are significantly different based on Student's *t* test for pairwise comparisons ($p \leq 0.05$) (Maia et al. 2000)

Biology and life history of *Hyperaspis trifurcata* feeding on *Dactylopius opuntiae*

Juan M. Vanegas-Rico · Esteban Rodríguez-Leyva · J. Refugio Lomeli-Flores · Héctor González-Hernández · Alejandro Pérez-Panduro · Gustavo Mora-Aguilera



Table 4 Life table parameters (means and 95 % confidence levels) calculated for *Hyperaspis trifurcata* reared on different developmental stages of *Dactylopius opuntiae*

| Developmental stage | Generation time (T) (days) | Net reproductive rate (Ro) | Intrinsic rate of increase (rm) | Finite rate of increase (λ) | Doubling time (DT) (days) |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| First instar nymphs | 56.6a (49.1–64.1) | 27.3a (17.2–37.4) | 0.059a (0.053–0.064) | 1.060a (1.055–1.066) | 11.8a (10.8–12.8) |
| Second instar nymphs | 62.5ab (58.3–66.8) | 66.3b (53.3–79.3) | 0.067b (0.063–0.071) | 1.070b (1.065–1.073) | 10.3b (9.8–10.9) |
| Young adults | 66.4bc (62.0–70.7) | 91.5c (75.4–107.6) | 0.068b (0.065–0.071) | 1.070b (1.067–1.073) | 10.2b (9.8–10.6) |
| Gravid females | 64.9bc (59.5–70.4) | 86.8bc (65.9–197.7) | 0.069b (0.065–0.072) | 1.071b (1.067–1.075) | 10.1b (9.6–10.6) |
| Mixed stages | 68.6c (63.9–73.2) | 112.0c (86.5–137.6) | 0.069b (0.067–0.071) | 1.071b (1.069–1.072) | 10.1b (9.7–10.4) |

Life table parameters and confidence levels (95 %) were calculated using the SAS programme of Maia et al. (2000) with Jackknife estimations. Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Student's t test for pairwise group comparison ($p > 0.05$). Non-independence of pairwise comparison were adjusted using Sidák's inequality test implemented in the programme (Maia et al. 2000)



Videos breves de depredadores

Nesidiocorius tenuis vs *Tuta absoluta*

<https://www.youtube.com/watch?v=QpTzLnIK9dk>

Orius laevigatus vs trips

<https://www.youtube.com/watch?v=j-qbfGqskKU&ab>

Amblyseius swirskii vs mosquitas blancas

<https://www.youtube.com/watch?v=ebatptL6m-E&ab>



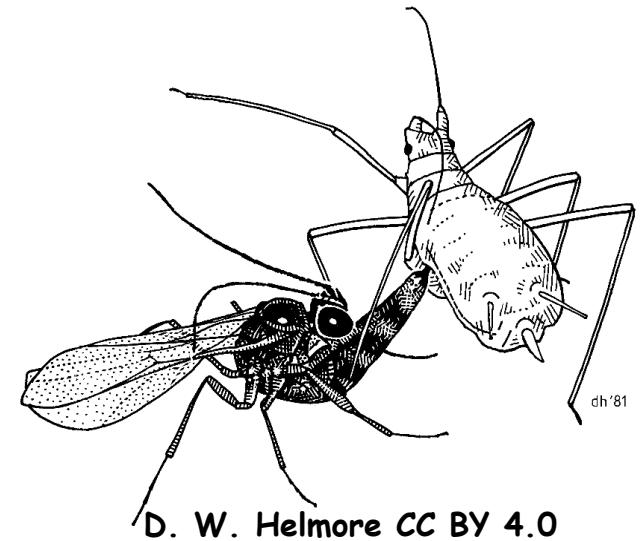
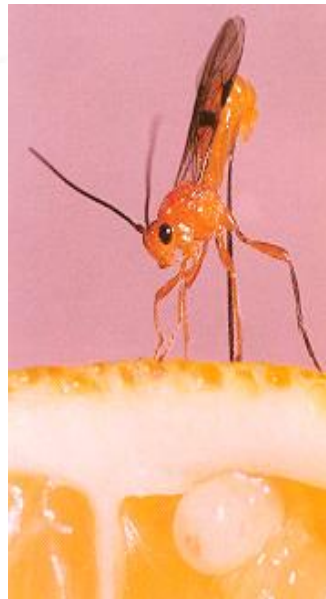
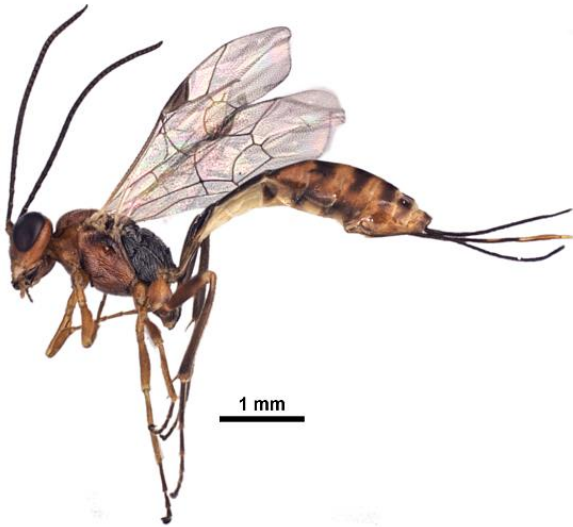
Parasitoide

- Es un insecto que como inmaduro es parasítico de otro artrópodo (=huésped)
- Para completar su ciclo mata al huésped
- En estado adulto es de vida libre, y busca y selecciona a sus huéspedes
- Generalmente la diferencia en tamaño entre huésped y parasitoide no es abismal



Atributos anatómicos, fisiológicos y comportamentales que hacen a los parasitoides excelentes EN

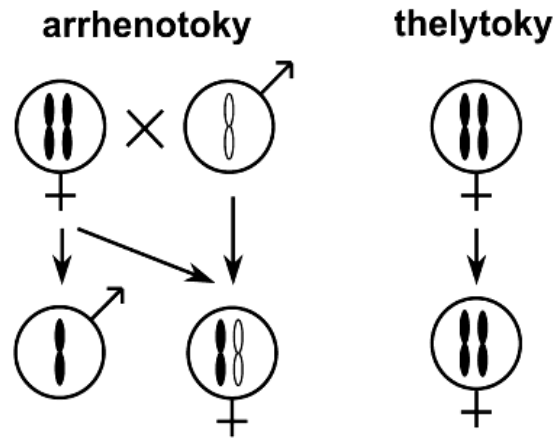
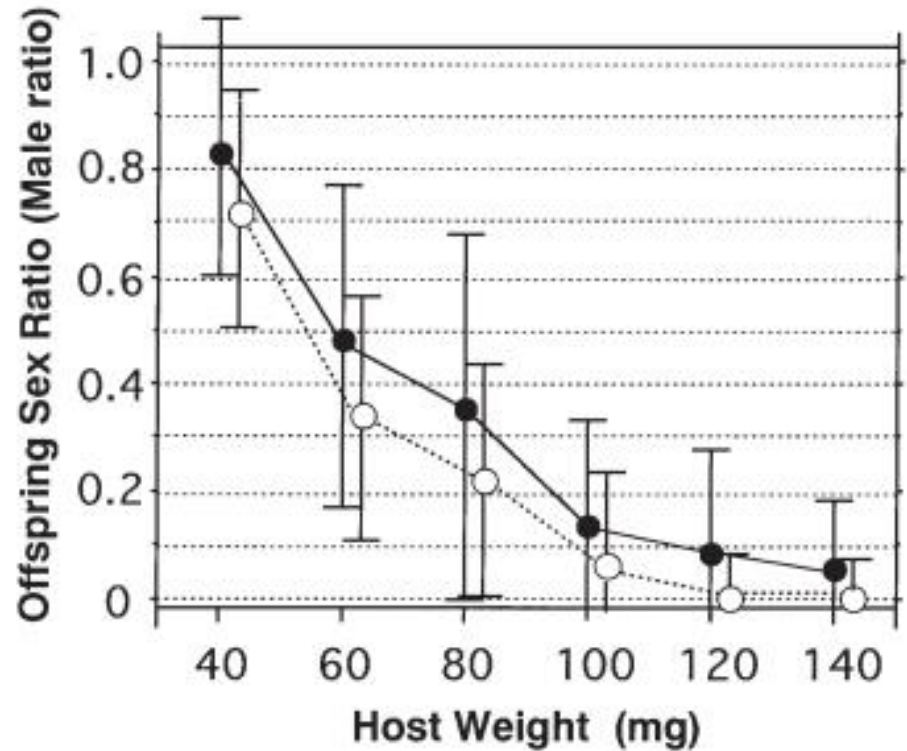
- Ovipositor apendicular
- Abdomen peciolado
- Determinación sexual haplodiploide
- Control del sistema inmune del huésped (venenos y polydnavirus)



- Determinación sexual haplodiploide



UC Statewide IPM Project
© 2000 Regents, University of California



La proporción sexual depende de la calidad del huésped. *Pimpla nipponica* (Ueno 1999; Res. Pop. Ecol. 41: 47-57)

Figure source Beukeboom y Zwaan (2005)

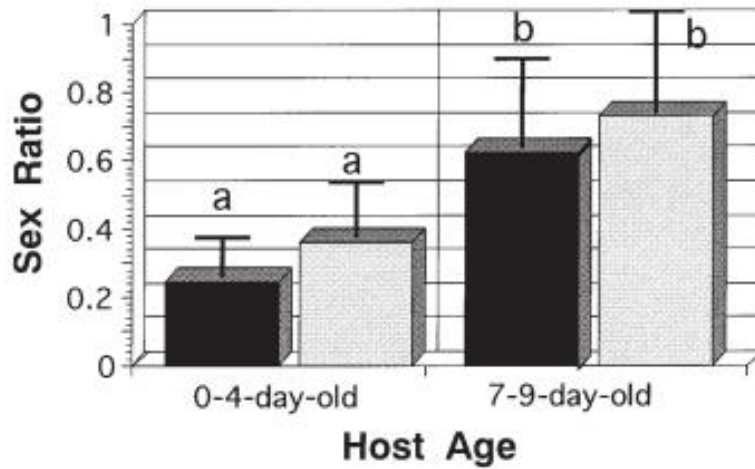


Fig. 3. Relationship between host age and offspring wasp sex ratio. Mean values are shown with SD. In both primary (*back bars*) and secondary (*shaded bars*) sex ratios, mean sex ratio from fresh hosts differed significantly from that from old hosts (paired *t*-test with arcsin square root transformation; $P < 0.01$). The results indicate that female *P. nipponica* tends to lay male eggs in old hosts and female eggs in fresh hosts

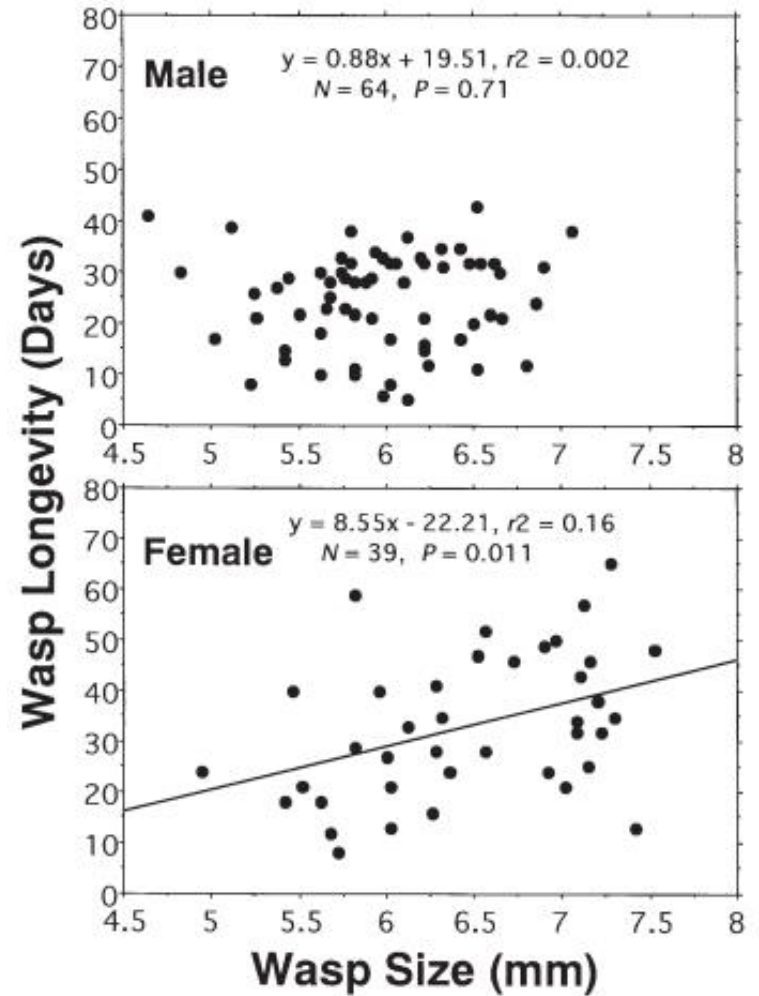


Fig. 4. Relationship between wasp size and longevity when wasps were provided with a honey solution as food. The relationship indicates that wasp size has a positive effect on female longevity under good food conditions

La proporción sexual depende de la calidad del huésped. *Pimpla nipponica* (Ueno 1999; Res. Pop. Ecol. 41: 47-57)

Los parasitoides tienen gran diversidad de hábitos y se pueden agrupar para caracterizarlos mejor

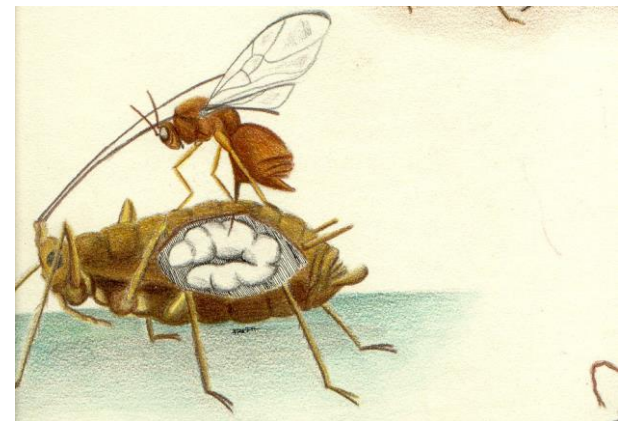
- Parasitismo primario o secundario
- Solitario o gregario
- Hembras sinovigénicas o provigénicas
- ¿Qué estado de desarrollo parasitan?
- ¿Permiten el desarrollo posterior al parasitismo? (idiobionte o koinobionte)
- Adelfoparasitismo
- Etcétera



Parasitismo

- **Primario** (vs plagas o depredadores)
- **Secudario, terciario** (vs parasitoides primarios o secundarios)

Aphidius sp.



Asaphes sp.

Parasitismo

- **Simple**
(una especie)

Solitario



Gregario



Poliembriónico

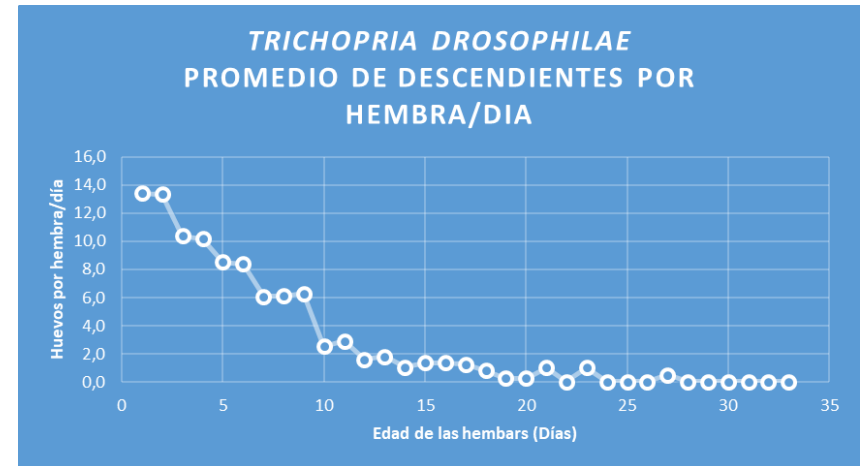


- **Múltiple** (dos especies)



Clasificación por la biología reproductiva de las hembras

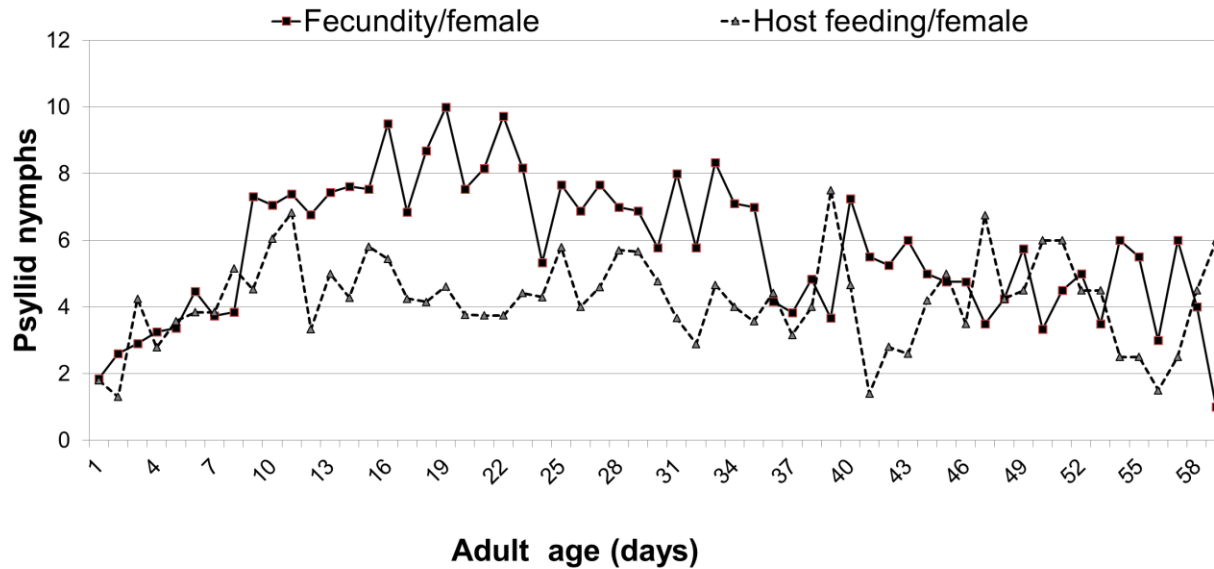
- Proovigénicas, carga de huevos "casi" lista después de la emergencia. Generalmente no hay alimentación sobre el huésped
- Sinovigénicas, necesitan cópula, periodo de preoviposición, y generalmente alimentación sobre el huésped para el desarrollo de huevos



Tesis Z. Rodríguez-Gómez UACH

Fertility and feeding of *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) on potato psyllid *Bactericera cockerelli*

Claudia Cerón-González¹, J. Refugio Lomeli-Flores^{1§}, Esteban Rodríguez-Leyva¹ y Alfonso Torres-Ruiz²



312 ninfas, 55% parasitismo y 45% alimentación

<https://www.youtube.com/watch?v=S-eRIMhFNhc>



Huevo-huevo

Trichogrammatidae

Scelionidae

Mymaridae



V. Fursov CC BY-SA 4.0



C. Hedstrom CC BY-SA 2.0

Huevo-larva o huevo-prepupa

Encyrtidae

Eulophidae

Braconidae (Chelonidae,
Helconinae)



E. RoLeyva By Fitosanidad CP



UC Statewide IPM Project
© 2000 Regents, University of California



¿Permiten el desarrollo del huésped después del parasitismo?

NO

SI

IDIOBIONTES

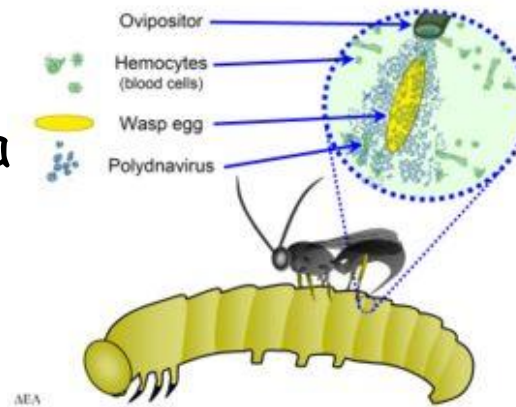
- Ectoparasitoides
- Huéspedes ocultos
- Generalistas
- Hembras sinovigénicas
- Parálisis prolongada del huésped

KOINOBIONTES (=cenobiontes)

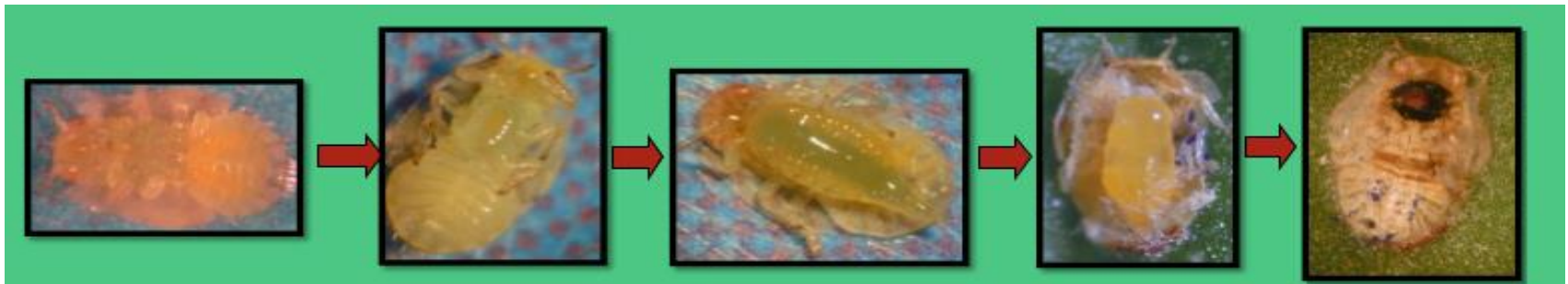
- Endoparasitoides
- Huéspedes expuestos
- Especialistas
- Hembras provigénicas
- Parálisis temporal del huésped



Al parasitar la hembra inyecta los huevos y una mezcla de otras sustancias



By User:Ikehiker; Pbroks13
<http://en.wikipedia.org/wiki/Pdv-host.jpg>, CC BY-SA 4.0



- El veneno tiene diferentes funciones en idiobiontes y koinobiontes
- En idiobiontes (ecto y algunos endo) la parálisis del huésped es permanente
- En los koinobiontes la mezcla de sustancias paraliza temporalmente y protege los huevos y primeros instares

Polydnavirus (PDV) (Quicke 1997)

- Se replican en la glándula del calyx. Ocurren en Ichneumonidae y Braconidae
- La mayoría de PDV se presenta en endoparasitoides koinobiontes de larvas de lepidópteros
- Además de PDV puede haber otro tipo de virus y PSV (incluso levaduras simbiotes)

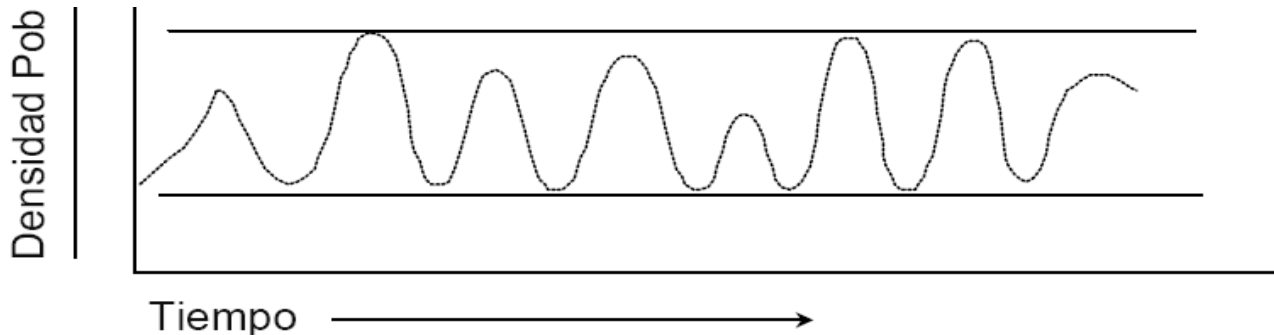
Body invaders Nat Geo:

<https://www.youtube.com/watch?v=vMG-LWYnCaS>



¿Por qué los parasitoides de Hymenoptera han sido tan exitosos en programas de control biológico?

- Rango limitado de huéspedes
- Relación estrecha con el huésped
- Aseguran descendencia con un número limitado de huéspedes
- Selección natural por capacidad de búsqueda
- Relación denso-dependiente más estrecha



Proceso de localización y selección del huésped

a) Localización del hábitat del huésped

- i) Fotorrecepción (colores, formas, etc.)
- ii) Quimiorrecepción (volátiles)***

b) Localización del huésped

- i) Mecanorrecepción (tacto)
- ii) Fotorrecepción (vista) y quimiorrecepción

c) Aceptación del huésped

- i) Químico y mecano recepción (Gusto -palpos-)

d) Interacción fisiológica con el huésped (¿regulación?)





Distress Signals from Plants

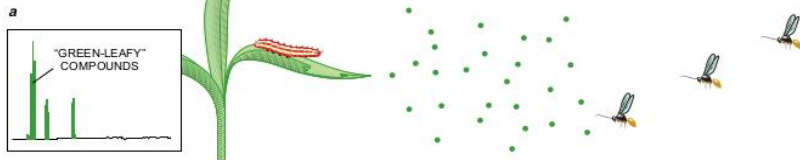
Under natural conditions, corn seedlings attacked by beet armyworm caterpillars attract parasitic wasps by releasing various volatile compounds (*upper row*). The chemicals, identified

through gas chromatography, are displayed as colored peaks. As a caterpillar feeds, the plant initially releases "green-leafy" chemicals (*a*). Such chemicals, responsible for the odor

of freshly cut grass, attract wasps only slightly. But later, the seedling also produces terpenes and sesquiterpenes, which are highly attractive to wasps (*b*). The plant continues to produce such compounds even after the caterpillar has stopped feeding. In the laboratory (*lower row*), simulated caterpillar

damage using a razor blade (*a*) produces few compounds. But when oral secretions from the caterpillar are placed on artificially damaged leaves, a plant produces terpenes and sesquiterpenes, though no green-leafy compounds (*b*). Regurgitant on an intact leaf elicits virtually no response (*c*).

NATURAL CONDITIONS



LABORATORY CONDITIONS

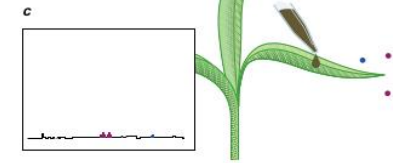
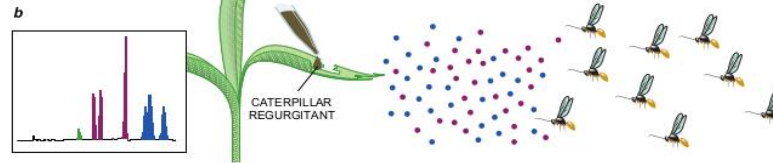
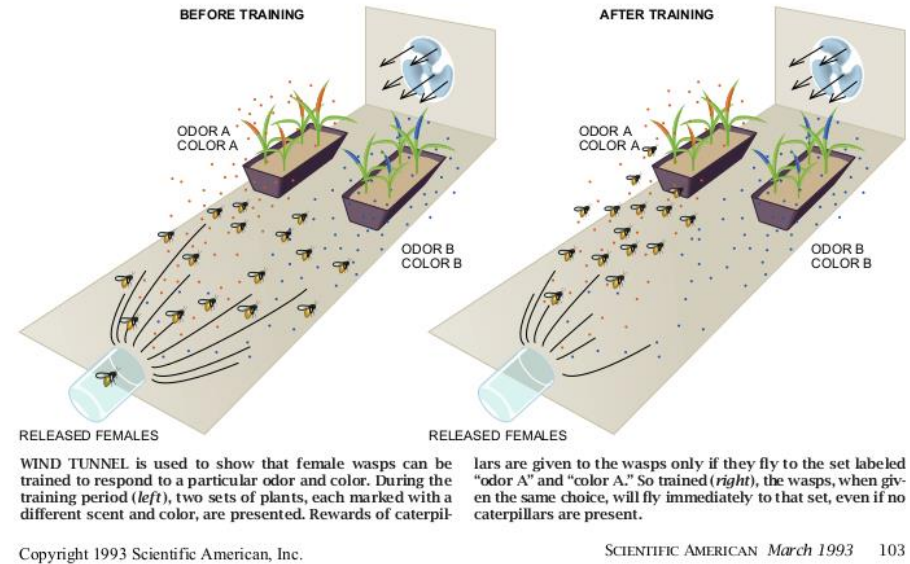
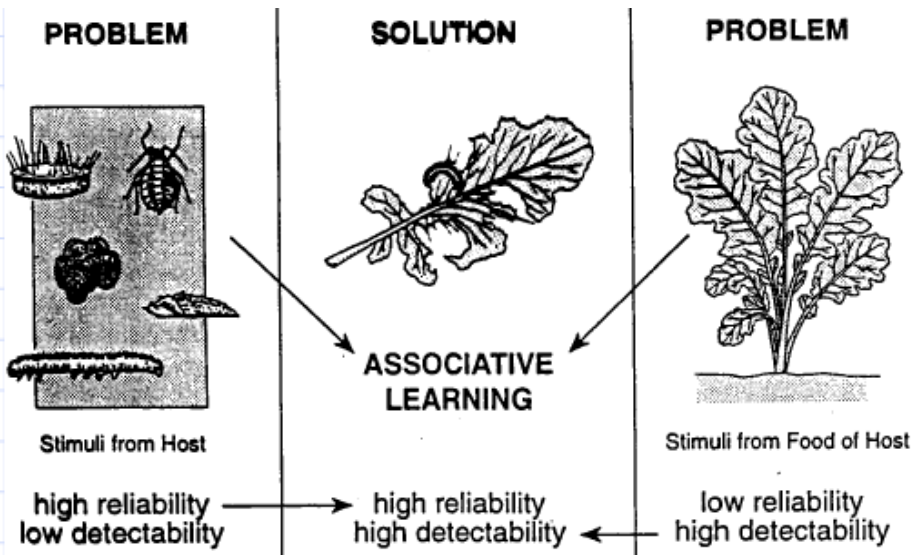


Figura tomada de: Tumlinson, Lewis & Vet (1993), How parasitic wasps find their hosts. *Scientific American* 3: 100-106

Búsqueda-localización del huésped y aprendizaje



Associative learning is a major solution to the reliability-detectability problem in foraging parasitoids. By linking highly detectable cues to highly reliable cues through associative learning, parasitoids can temporarily increase the reliability of detectable indirect cues (Adap. Vet *et al.* 1991).

1er figura tomada de Vet, Lewis & Cardé (1995), Parasitoid foraging and learning pp. 65-100. In *Chemical ecology of Insect 2*, Springer, Boston MA. 2da figura tomada de Tumlinson *et al.* (1993). How parasitic wasps find their hosts. *Scientific American* 3: 100-106



174 Nathan P. Havill and Kenneth F. Raffa

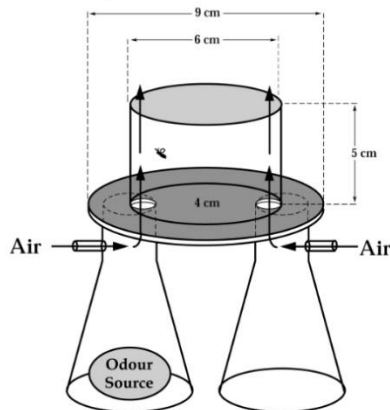


Fig. 1. Schematic drawing of two-choice olfactometer for evaluating effects of plant and host odours on behaviour of parasitoids.

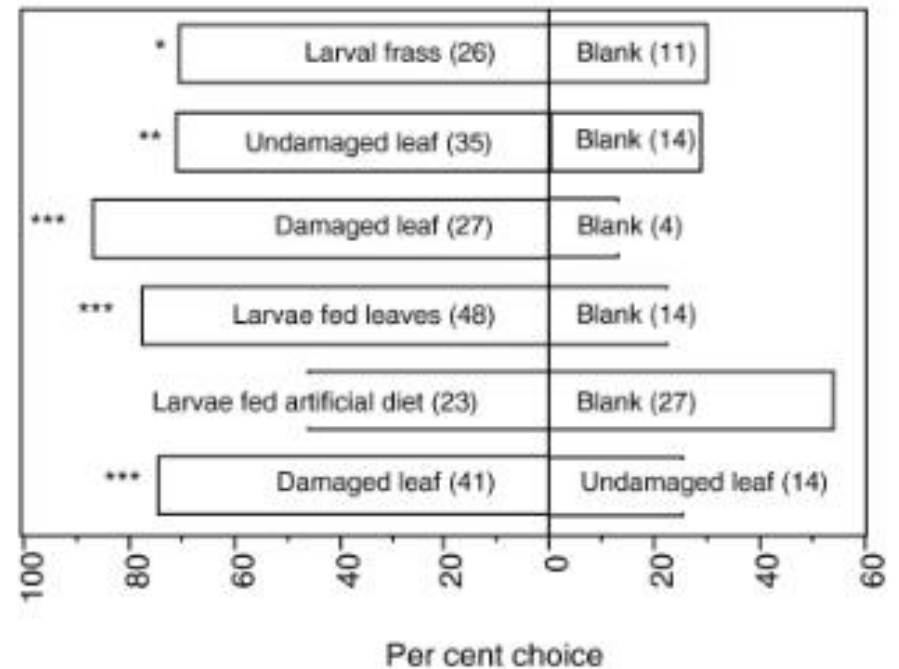
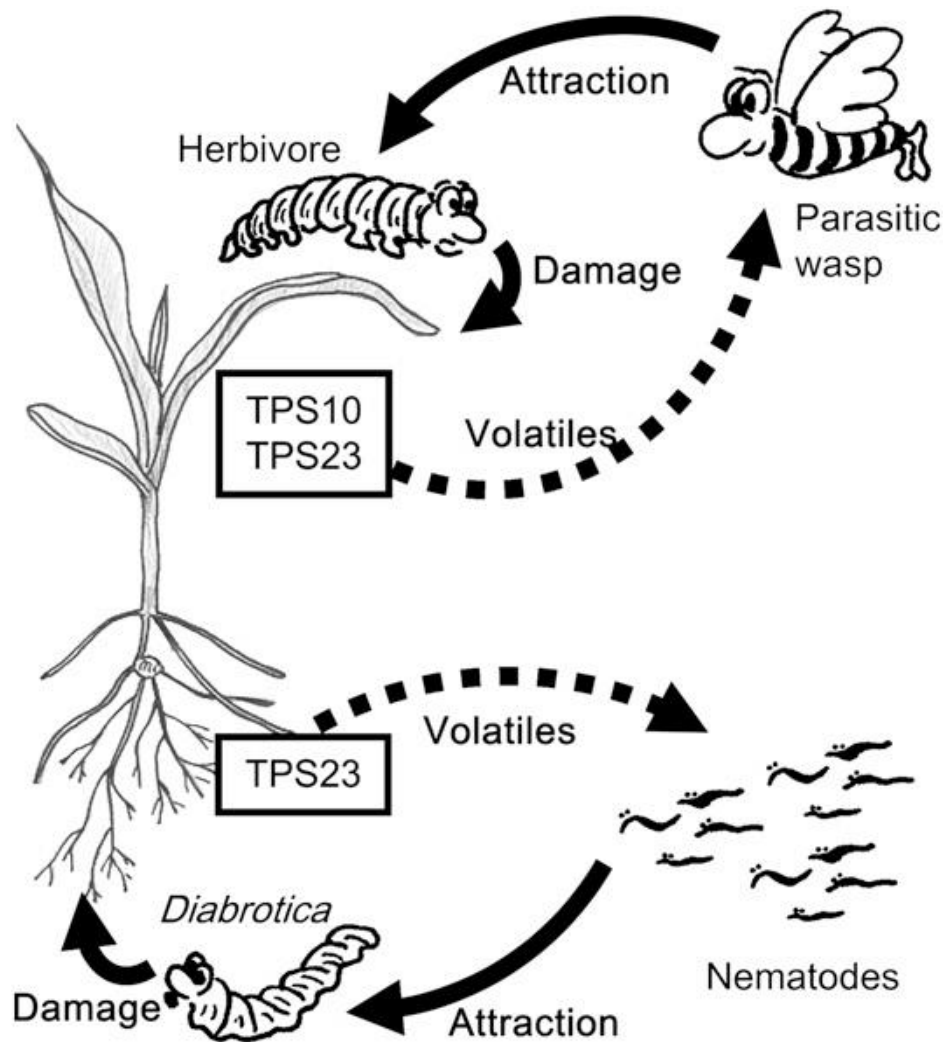


Fig. 2. Response of female *Glyptapanteles flavicoxis* in two-choice olfactometer assay. Each set of bars shows the per cent of responding wasps that chose a particular odour within a combination. Actual number of wasps responding is shown in parenthesis, and asterisks denote a significant preference for a particular odour source (chi-square d.f.₁: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$). The numbers of nonresponding wasps were as follows: frass vs. blank, 22; undamaged leaf vs. blank, 35; damaged leaf vs. blank, 12; larvae fed leaves vs. blank, 12; larvae fed diet vs. blank, 7; damaged vs. undamaged leaf, 16.

Havill & Raffa (2000), Ecol. Entomol. 25: 171-179

Fig. 1. Scheme of terpene-mediated interactions of a maize seedling above and below ground. Damage of maize leaves by lepidopteran herbivores activates the terpene synthases TPS10 and TPS23, which produce a blend of volatile terpenes. This blend attracts several species of parasitic wasps. Damage of the roots by *D. v. virgifera* activates the terpene synthase TPS23. The volatile terpene produced by TPS23, (E)- β -caryophyllene, attracts entomopathogenic nematodes.



Dibujó T. G. Koñllner. Dehenhardt (2009), Indirect defense responses to herbivory in grasses, *Plant Physiol.* 149: 96-102



Tachinidae



¿Qué diferencias hay entre el parasitismo de Tachinidae y de Hymenoptera parasítica?

| Característica | Parasitoide | |
|---|-------------|---------|
| | Hymenoptera | Diptera |
| Ovipositor apendicular y propodeo | Si | No |
| Glándulas accesorias (producción de sustancias) | Si | No |
| | | |
| Producción de veneno | Si | No |
| Producción de Polydnavirus o PSV | Si | No |
| Reproducción haplodiploide | Si | No |



Interrogantes y comentarios

- ¿Qué es mejor un depredador o un parasitoide?
- ¿Cuáles se usan más?
- ¿Es posible combinar EN?

Control biológico. Es el uso de parasitoides, depredadores o patógenos para regular poblaciones plaga a niveles tolerables a los intereses del ser humano



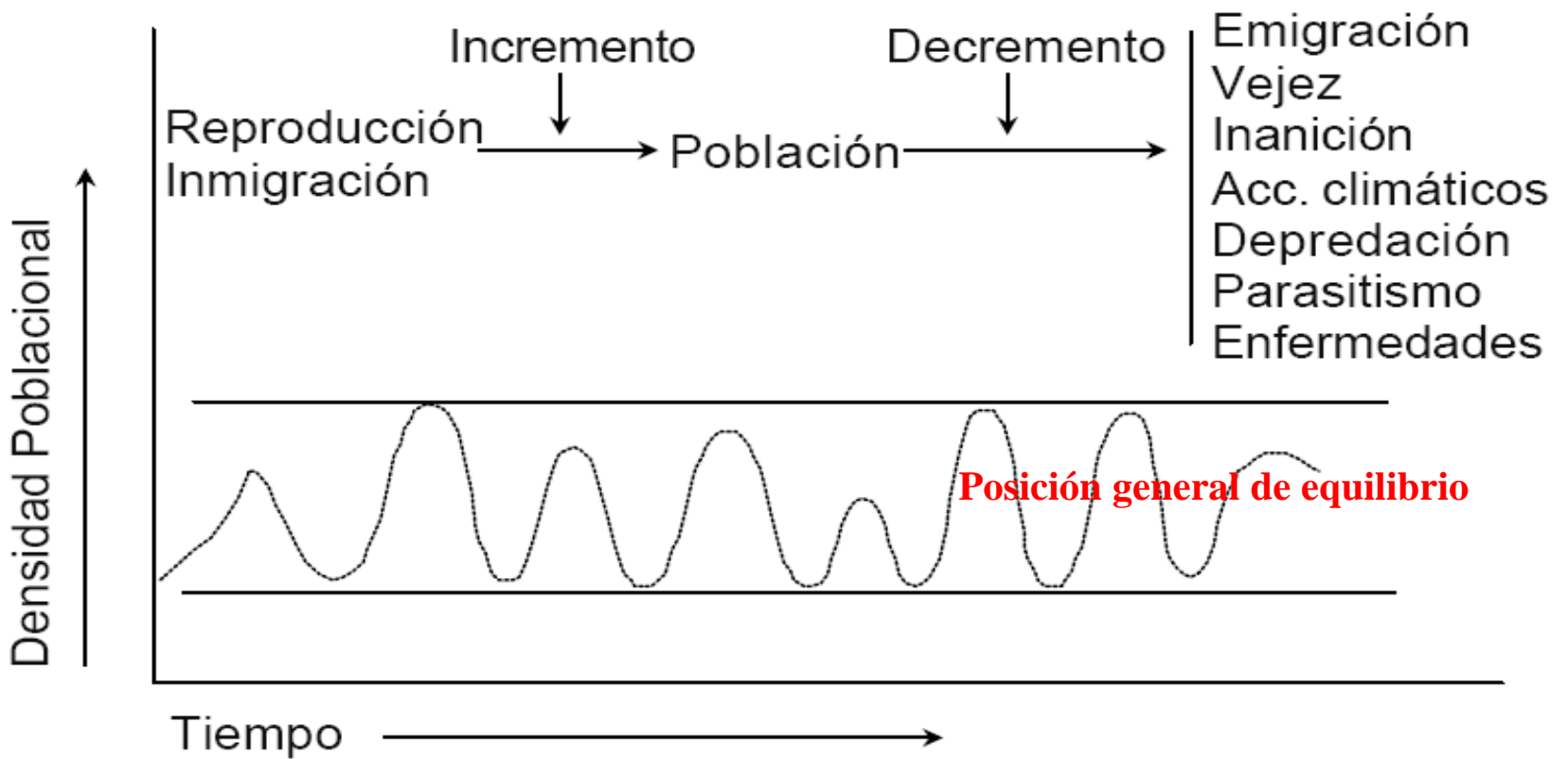


Figura 1. Cambios poblacionales de un fitófago en un ecosistema natural, dado por su potencial biótico y el complejo de factores que actúan sobre la población; esta variación en la densidad oscila en un promedio general de equilibrio.

Metodologías de control biológico

- **Por conservación**
Hormigas nativas en cítricos, China (320 AD)
- **Por introducción (=clásico)**
Caso vedalia (California, EE.UU. 1888-89)
- **Por aumento (inoculativo o inundativo)**
Parasitoides de mosquitas blancas (1926), ácaros fitoseidos (1968)



Oecophylla smaragdina



Rodolia cardinalis



Amblyseius swirskii

Control biológico por conservación



- Rosenheim 1998. Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Ann. Rev. Entomol.* 43: 421-447.
- Symondson et al. 2002., Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Ann. Rev. Entomol.* 47: 561-594.



Control biológico por aumento

Acarologia

Open Science
in Acarology

Use of predatory mites in commercial
biocontrol: current status and future
prospects

Markus Knapp^a, Yvonne van Houten^a, Elmer van Baal^a, Thomas Groot^a

Table 1 The most important arthropod biocontrol agents (by turnover) used in augmentative biological control (modified after van Lenteren 2012).

| Species | Family | Target(s) | Year of first use |
|--------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------------|
| <i>Amblyseius swirskii</i> | Phytoseiidae | Whiteflies, thrips, mites | 2005 |
| <i>Phytoseiulus persimilis</i> | Phytoseiidae | Spider mites | 1968 |
| <i>Neoseiulus californicus</i> | Phytoseiidae | Mites | 1985 |
| <i>Macrolophus pygmaeus</i> | Miridae | Whiteflies | 1994 |
| <i>Encarsia formosa</i> | Aphelinidae | Whiteflies | 1926 |
| <i>Orius laevigatus</i> | Anthocoridae | Thrips | 1993 |
| <i>Nesidiocoris tenuis</i> | Miridae | Whiteflies, <i>Tuta absoluta</i> | 2003 |
| <i>Neoseiulus cucumeris</i> | Phytoseiidae | Thrips | 1985 |
| <i>Eretmocerus eremicus</i> | Aphelinidae | Whiteflies | 1995 |
| <i>Aphidius colemani</i> | Braconidae | Aphids | 1991 |

Knapp M. et al. (2018), *Acarologia* 58(Suppl): 72-82; DOI 10.24349/acarologia/20184275

¿Es posible combinar el uso un parasitoide y un depredador para el control biológico de una plaga?

Biological Control 106: 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.12.003>

Evaluating combined use of a parasitoid and a zoophytophagous bug for biological control of the potato psyllid, *Bactericera cockerelli*



María de Lourdes Ramírez-Ahuja^a, Esteban Rodríguez-Leyva^{a,*}, J. Refugio Lomeli-Flores^a, Alfonso Torres-Ruiz^b, Ariel W. Guzmán-Franco^a

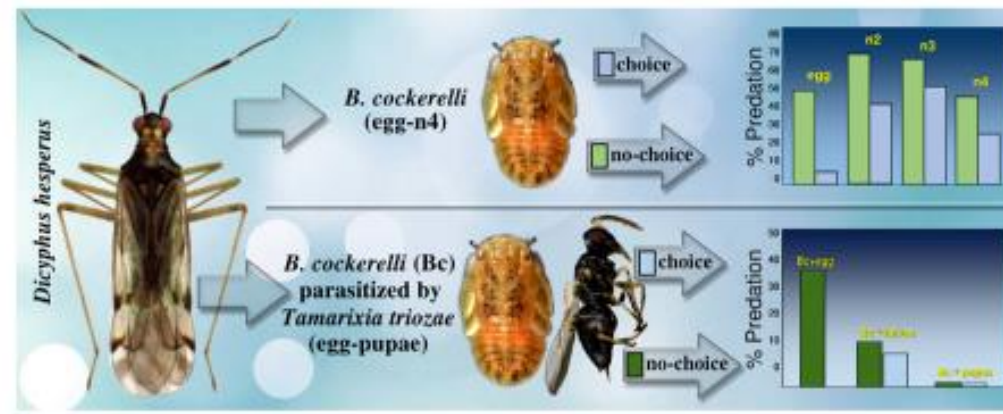
^a Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, C.P. 56230 Texcoco, Estado de México, México

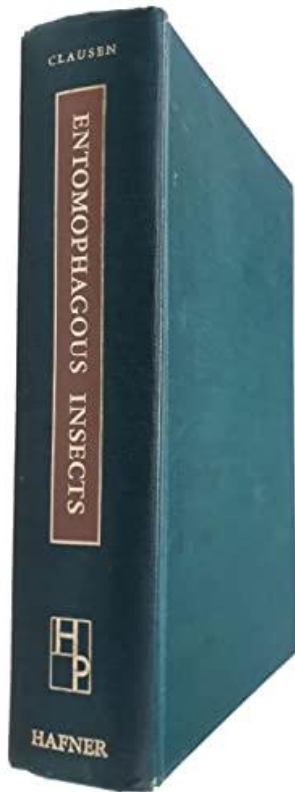
^b Koppert México, Circuito Norte 82, Parque Industrial El Marqués, C.P. 76246 El Marqués, Querétaro, México

HIGHLIGHTS

- *T. triozae* and *D. hesperus* were evaluated for *B. cockerelli* biocontrol.
- *T. triozae* preferred to parasitize fourth instar nymphs of *B. cockerelli*.
- *T. triozae* preferred third instar nymphs for host feeding.
- *D. hesperus* preferred to prey on second and third instar nymphs of *B. cockerelli*.
- Additive mortality of the pest was achieved when both species were released together.

GRAPHICAL ABSTRACT





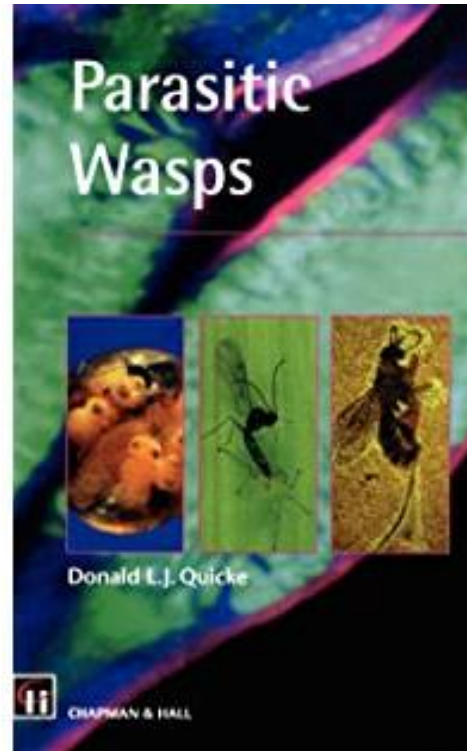
Parasitoids

Behavioral
and Evolutionary
Ecology

H.C.J. GODFRAY



MONOGRAPHS IN BEHAVIOR AND ECOLOGY



Agradecimiento a los patrocinadores para la investigación de enemigos naturales de plagas en México, a la SMCB AC y, por supuesto, a nuestro equipo de trabajo

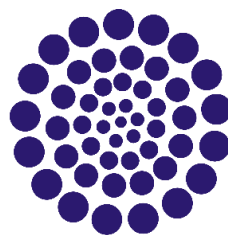


Colegio de
Postgraduados



FITOSANIDAD

COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS MONTECILLO



CONACYT

creativecommons.org