

# **Bases conceptuales del control biológico:** *historia, métodos, y ecología*

**Julio S. Bernal**  
**Depto. de Entomología**  
**Universidad Texas A&M**  
**College Station, TX, EUA**



**TEXAS A&M**  
UNIVERSITY



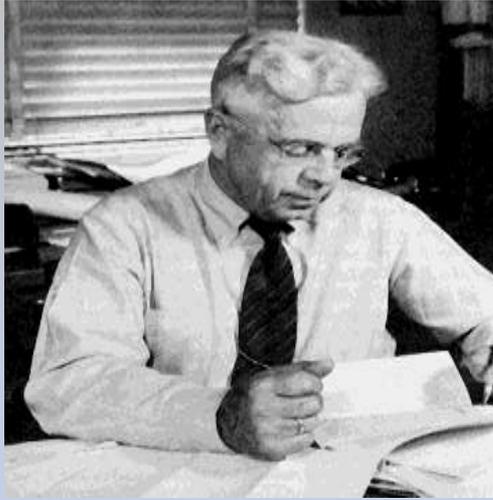
TEXAS A&M UNIVERSITY  
College of Agriculture  
& Life Sciences

# Puntos para conversar

- Control biológico: definición, y alcances
- Historia moderna del control biológico
- Métodos del control biológico
- Ecología del control biológico

# Control biológico: Definición, y alcances

- Primera definición fue por **Harry S. Smith en 1919**
  - Contexto: California, EUA, donde ya se contaba con éxitos importantes con el control biológico
  - Se refiere a: (i) dos de tres métodos que ahora se reconocen; (ii) control de plagas artrópodos
- Otras definiciones siguieron
- **DeBach (1964)**: Definición básica hasta hoy; solo se refiere a control de plagas artrópodos
- **Van Driesche & Bellows (1996)**, y **Bellows & Fisher (1999)**, **Huffaker y Dahlsten (1999)** actualizan la definición, incluyendo control biológico de patógenos



Smith (1919) *J. Econ. Entomol.* 12: 288-292

## ON SOME PHASES OF INSECT CONTROL BY THE BIOLOGICAL METHOD<sup>1</sup>

By HARRY S. SMITH, *California State Commission of Horticulture, Sacramento, California*

**El control biológico se fundamenta en el uso de enemigos naturales –patógenos, depredadores, y parasitoides– para controlar plagas artrópodos**

\*Se refiere al “balance natural” entre enemigos naturales y plagas, y cómo este balance puede ser permanente

\*Apunta que el control biológico se puede aplicar de dos maneras, mediante la:

- (i) introducción y establecimiento de enemigos naturales importados, y;
- (ii) cría y liberación de enemigos naturales nativos

# Control biológico: Definición, y alcances

- **DeBach (1964)**: La acción de parasitoides, depredadores, o patógenos para mantener la densidad poblacional de otro organismo a un promedio menor a la que ocurriría en su ausencia; reconoce la ***conservación*** como la tercer manera de aplicar el control biológico
- **Van Driesche y Bellows (1996)**, y **Bellows y Fisher (1999)**, y **Huffaker y Dahlsten (1999)**: Se adhieren a la definición de DeBach (1964), pero enfatizan en ampliar su *alcance* para incluir al control biológico de patógenos, y la *gama* de enemigos naturales agregando los antagonistas de patógenos
- **Van Driesche et al. (2008)** enfatizan que el control biológico se centra en la interacción entre *poblaciones*, particularmente en la disminución temporal o permanente de *poblaciones* plaga por la acción de *poblaciones* de enemigos naturales

BIOLOGICAL

CONTROL

# Theory and Practice

C. B. Huffaker

PAUL DEBACH

## Biological control by natural enemies

SECOND EDITION

## Biological control by natural enemies

PAUL DEBACH  
DAVID ROSEN



Blackwell  
Publishing

## Control and Natural Enemies

An introduction



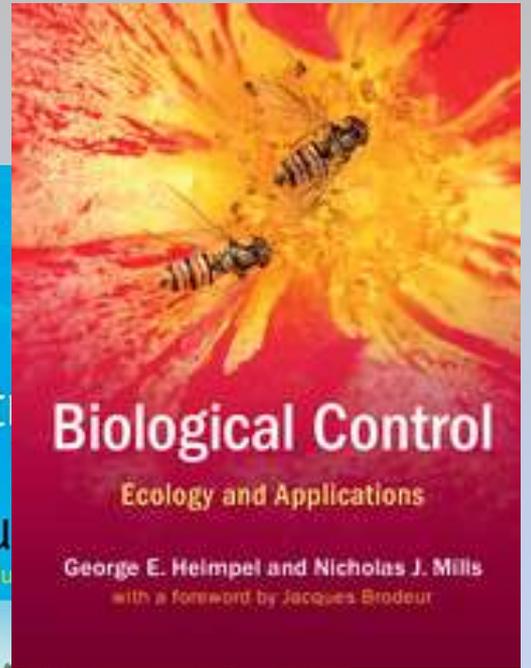
Roy Van Driesche, Mark Hoddle and Ted Center

Thomas S. Bellows  
T.W. Fisher

# Biological Control

Ecology and Applications

George E. Heimpel and Nicholas J. Mills  
with a foreword by Jacques Brodeur

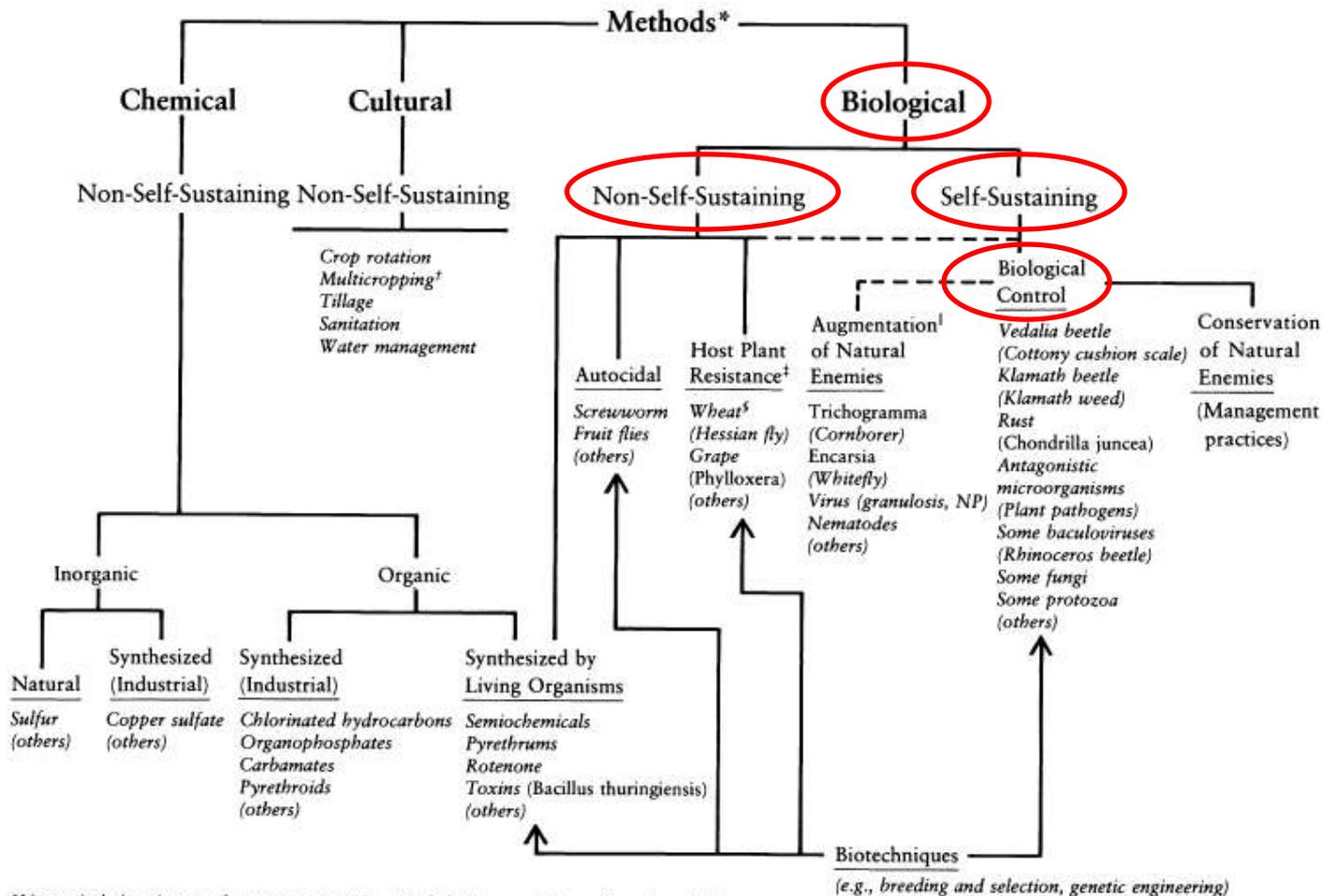


# Control biológico: Definición, y alcances

- El control biológico:
  - La acción de poblaciones de parasitoides, depredadores, patógenos, o antagonistas para mantener la densidad poblacional de otro organismo a un promedio menor al que ocurriría en su ausencia
  - Se aplica a través de tres métodos
    - **Importación** de enemigos naturales (o Clásico)
    - **Aumento** de enemigos naturales
    - **Conservación** de enemigos naturales

# Control biológico: Definición, y alcances

- El control biológico:
  - Puede ser aplicado, u ocurrir de manera natural
  - Se ha aplicado contra insectos, ácaros, maleza, fitopatógenos, y vertebrados
  - Se ha aplicado en la agricultura, forestería, pastizales, sistemas naturales, ganadería, etc.
  - Es distinto a otros *métodos biológicos* de control de plagas



\*List not inclusive—integrated pest management is not included because it draws from all methods.  
 †Some forms are self-sustaining.  
 ‡Placed by some experts under Cultural Control.  
 §Some varieties have retained resistance for decades, while others lose resistance sooner.  
 †Partially self-sustaining.

**Figure 1.** Methods for animal and plant protection, with some specific examples.

# Control biológico: Definición, y alcances

- métodos de control biológico:
  - ***Importación***
    - También llamado ***Clásico*** porque los primeros casos exitosos fueron a través de este método
    - Aplicado contra plagas invasivas
    - Consiste en re-unir especies invasivas con sus enemigos naturales nativos, provenientes de su área de origen
    - Ejemplos: Escama algodonosa en California, Mosca prieta en México, Cochinilla de la Yuca en Africa, Mosca blanca del fresno en California, y muchos más

# Control biológico: Definición, y alcances

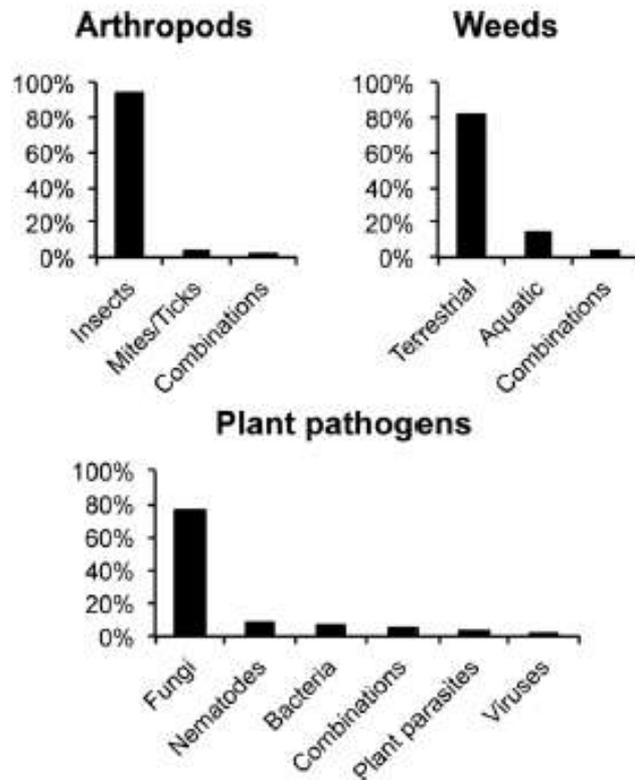
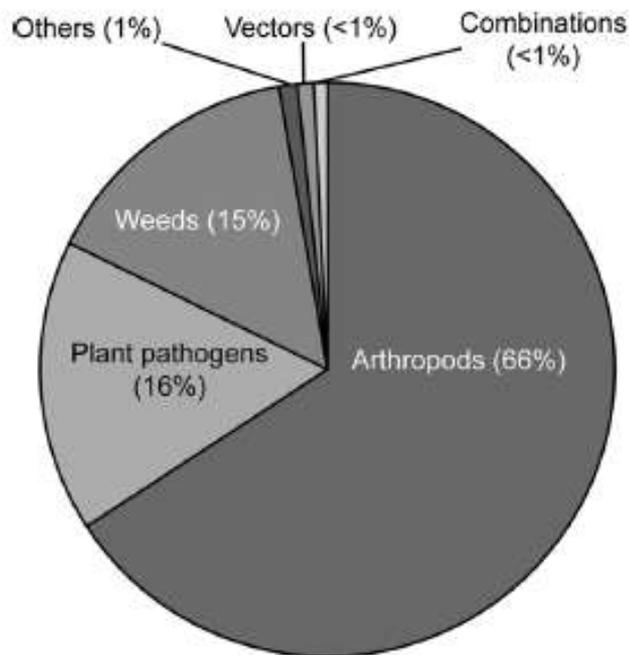
- métodos de control biológico:
  - ***Aumento***
    - Aplicado *mayormente* contra plagas nativas
    - Consiste en reproducir y liberar enemigos naturales de manera ***inoculativa o inundativa***
      - **Inoculativo:** liberación en cantidades menores; se espera que ocurra reproducción, y que el efecto sea duradero
      - **Inundativo:** liberación en cantidades mayores; no se espera reproducción, se espera efecto inmediato
    - *Trichogramma* spp., *Encarsia* spp., *Phytoseiulus* spp.  
*Fusarium* spp., distintos Nucleopolyhedrovirus

# Control biológico: Definición, y alcances

- métodos de control biológico:
  - ***Conservación***
    - El método más impactante, y menos aplaudido
    - Aplicado *mayormente* contra plagas nativas
    - Consiste en modificar el entorno para favorecer a los enemigos naturales existentes, y así aumentar la ***tasa de mortalidad natural*** en las poblaciones plaga
    - Prácticamente en todos los cultivos, olivares y viñedos en California, crisopas en algodón, etc.

# Control biológico: Definición, y alcances

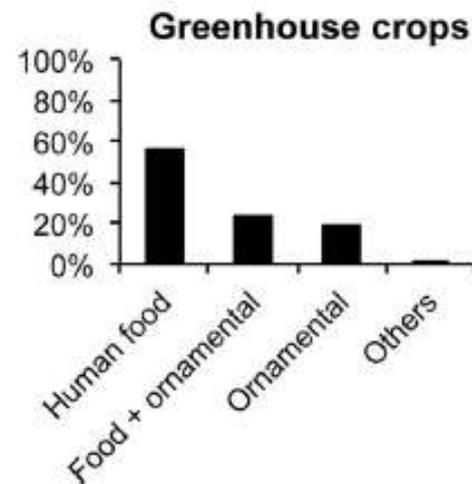
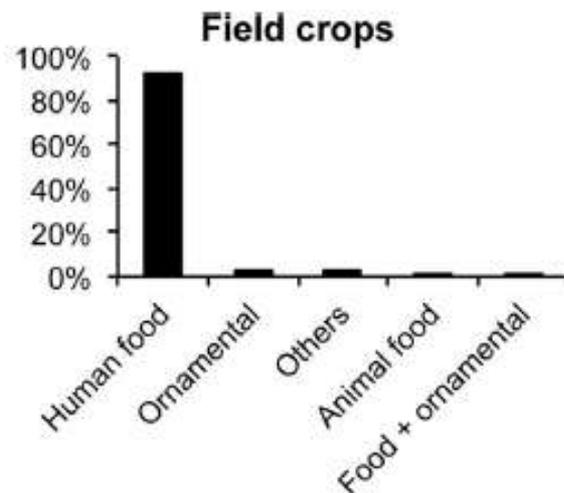
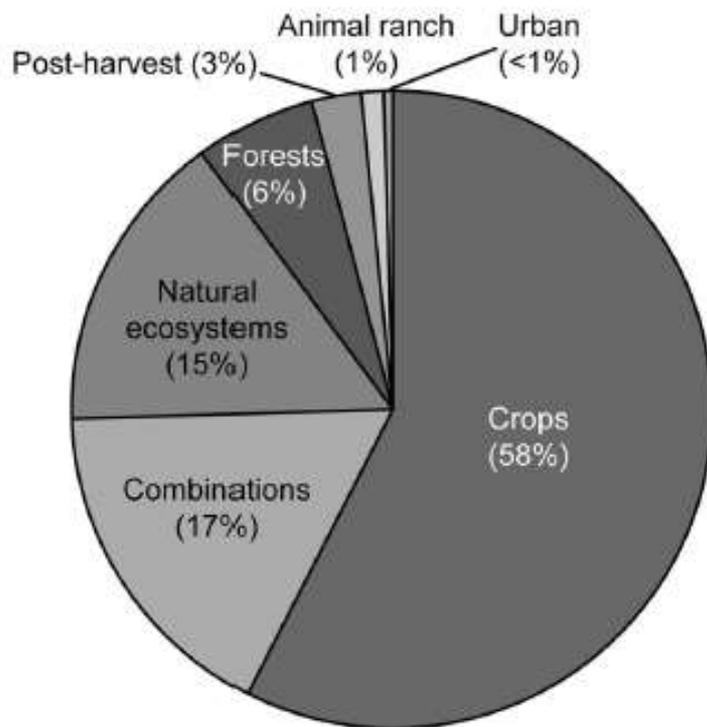
- Alcances del control biológico
  - El control biológico ha asegurado una posición entre los métodos más sustentables y efectivos de control de plagas
  - A pesar de su reconocido potencial, trayectoria, y su economía y sustentabilidad, representa un componente pequeño del control de plagas a nivel mundial
  - Barreras para que su uso sea más amplio incluyen: preocupación por impactos ambientales en plagas no-blanco; intereses económicos a plazo corto; aplicación comparativamente compleja; estandarización del uso de plaguicidas

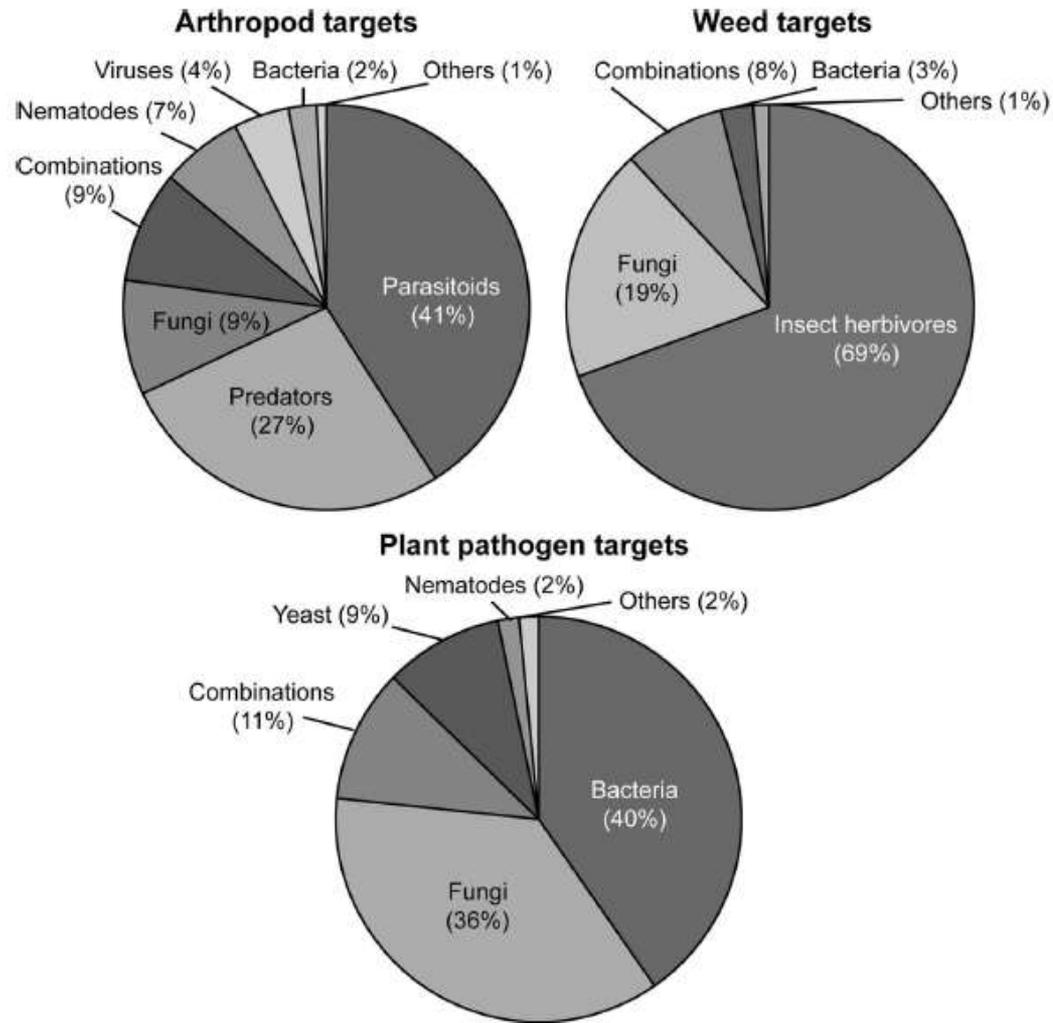


**Fig. 3** Percentage of studies published in *BioControl* and *Biological Control* (total, 1991–2016) on different target groups (n = 4683 articles), and percentage of studies focusing on

different sub-target groups for the three main target groups (arthropods, n = 3081; weeds, n = 704; plant pathogens, n = 771)

**Fig. 5** Percentage of studies published in *BioControl* and *Biological Control* (total, 1991–2016) on different commodities (n = 4678 articles), and percentage of field (n = 2327) and greenhouse (n = 221) studies focusing on different sub-commodities

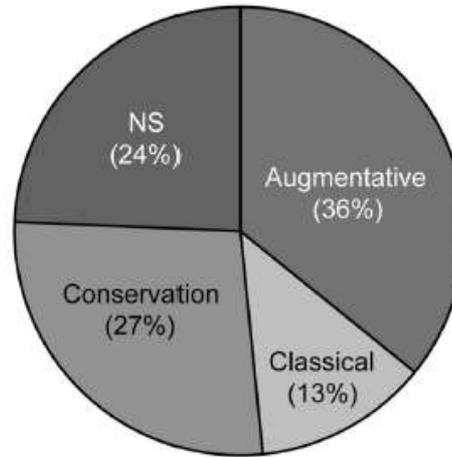




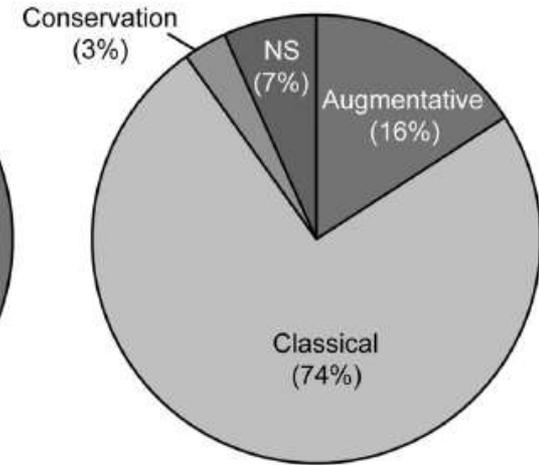
**Fig. 6** Percentage of studies published in *BioControl* and *Biological Control* (total, 1991–2016) focusing on different biological control agent types for each of the three main target groups (arthropods,  $n = 3081$ ; weeds,  $n = 704$ ; plant pathogens,  $n = 771$ )

**Fig. 7** Percentage of studies published in *BioControl* and *Biological Control* (1991–2016) focusing on different biological control approaches, for each of the three main target groups (arthropods, n = 3081; weeds, n = 704; plant pathogens, n = 771). NS: not specified or combination of approaches

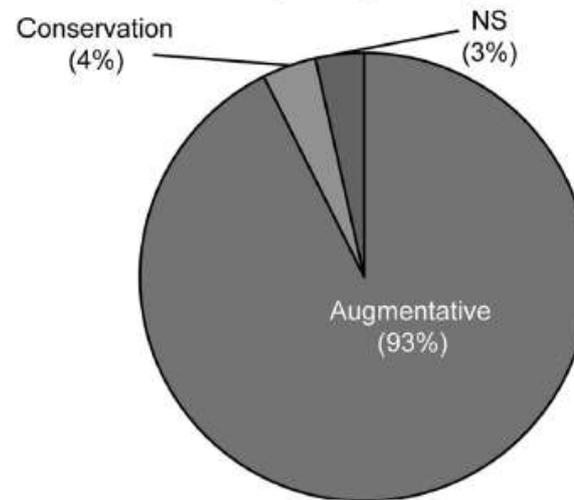
### Arthropod targets



### Weed targets

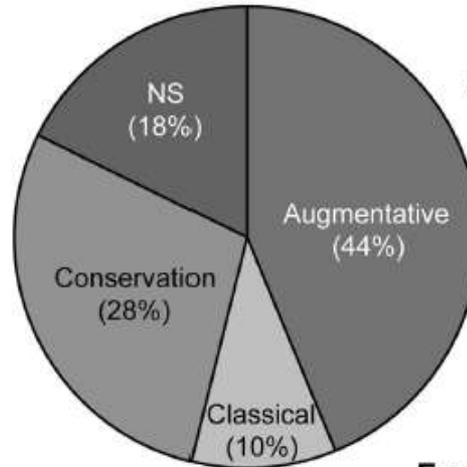


### Plant pathogen targets

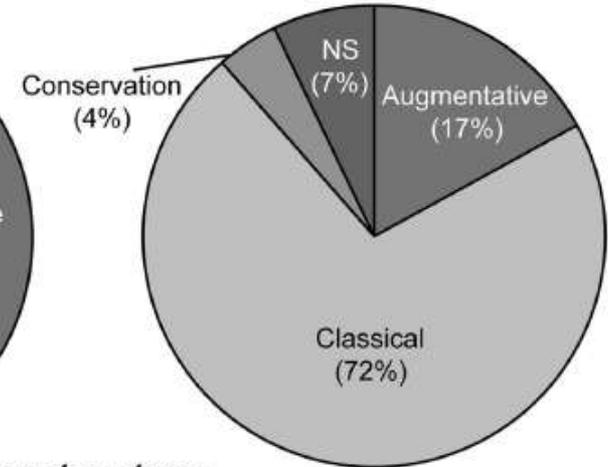


**Fig. 8** Percentage of studies published in *BioControl* and *Biological Control* (1991–2016) focusing on different biological control approaches, for each of three commodity systems (crop, n = 2463; natural, n = 717; forest, n = 281). NS: not specified or combination of approaches

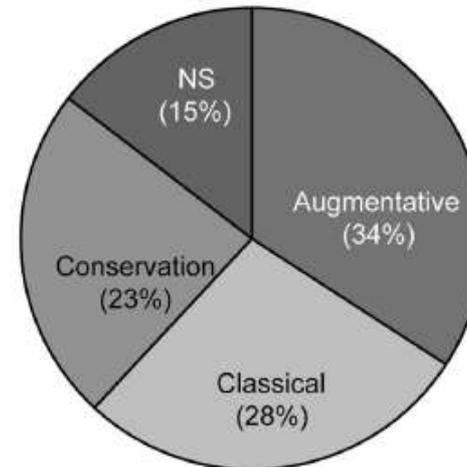
### Field crop systems



### Natural systems (incl. pastures)



### Forest systems



# Puntos para conversar

- Control biológico: definición, y alcances
- **Historia moderna del control biológico**
- Métodos del control biológico
- Ecología del control biológico

# Historia moderna del control biológico

- Previo a la historia moderna se había(n):
  - usado el control biológico en la agricultura
  - estudiado el parasitoidismo y enfermedad en insectos y plantas
  - sugerido el uso de enemigos naturales para el control de plagas
  - logrado el control de una maleza (*Opuntia*) con una cochinilla, pero accidentalmente
  - transferido insectos entre regiones (EUA) e introducido un parasitoide en EUA
- La “***historia moderna***” se inicia en huertos de cítricos en California, EUA, en la década de los 1880s

## Historia moderna *temprana*: 1888-1955

### Movimientos de insectos entomofagos 1888-1890

**C.V. Riley\*** (USDA) dirigió un proyecto contra la escama algodonosa (*Icerya purchasi*) en California; ésta había sido introducida accidentalmente en 1868

En 1888, **A. Koebele** envió por mar 1200 moscas parasíticas (*Cryptochaetum iceryae*) y 129 catarinitas **vedalia** (*Rodolia cardinalis*)

Para 1889 el proyecto tuvo impacto a nivel local, y fue éxito completo para 1890



## Historia moderna *temprana*: 1888-1955

### Movimientos de insectos entomofagos 1888-1890

El éxito contra la Escama algodonosa validó al control biológico como método efectivo de control de plagas



Porque el resultado fue drámatico, y porque ocurrió en California, ese estado se convirtió en abanderado y base de esfuerzos posteriores, y motor de desarrollo del control biológico

Rápidamente se inician esfuerzos contra otras plagas, ej., Escama roja de California, y Cochinilla de los cítricos

# Historia moderna *temprana*: 1888-1955

## Niñeces 1890-1899

Riley presiona a Koebele a regresar a Australia en busca de más enemigos naturales de escamas de cítricos

Koebele deja USDA, inicia labores en Hawaii

En Hawaii y California se enfatiza la importación de coccinelidos; ¿años de retraso para el control biológico?

**L. O. Howard** nombrado Entomólogo en Jefe del USDA en 1894; ¿(inicialmente) detiene el progreso del control biológico?

En California se contrata en 1899 un “Explorador foráneo” de tiempo completo, **George Compere**

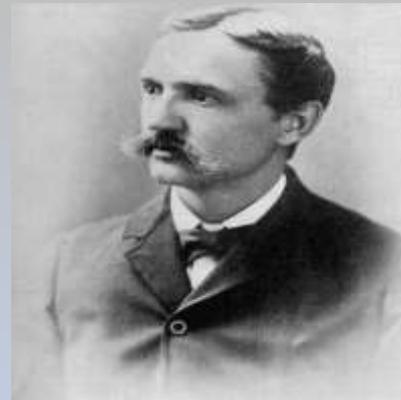


Fig. 13.—George Compere (1858–1928), from 1899 to 1909, collector of beneficial insects for the California State Board of Horticulture. (From a photograph taken in 1888 when he gave his occupation as “farmer.”)



Fig. 6.—Leland Ossian Howard (1857–1950), a specialist on the parasitic Hymenoptera. The world’s most honored entomologist, and from about 1896 to 1930 the leading authority on biological control. No man was better qualified, had a better perspective, or was more judicious in matters pertaining to biological control. (From a photograph in the Brunner Collection.)

# Historia moderna *temprana*: 1888-1955

## Rostros y proyectos nuevos 1900-1930



Proyecto Palomilla gitana en USDA: liderado por Howard, empleó a Fiske, **Smith, Timberlake, Thompson**

Proyectos en Hawaii contra maleza, insectos; primer publicación sobre CB de maleza; cañeros crean su División de Entomología

**Berliner** describe *Bacillus thuringiensis* en 1911

**Smith**: nombrado Jefe, California State Insectary, 1913; Department of Biological Control, Citrus Experiment Station, Riverside, 1923; branch at Albany

**USDA**: Biological control Laboratory en Francia 1919

**Imperial Bureau of Entomology**: Farnham House, Laboratorio de CB 1927

# Historia moderna *temprana*: 1888-1955

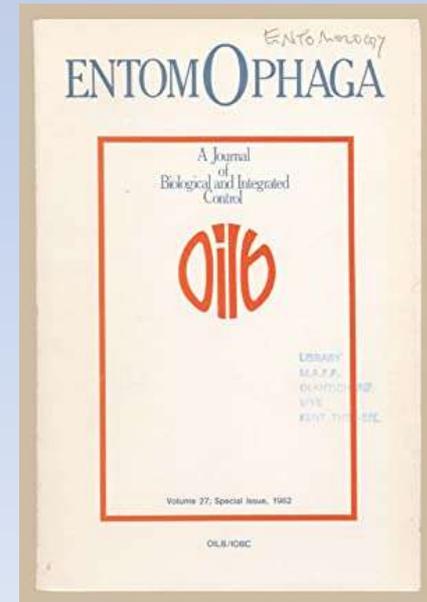
## Expansión y caída 1940-1955

**1930-40:** ca. 60 especies de enemigo natural transferidas entre países

**La guerra y los plaguicidas:** la búsqueda de enemigos naturales se dificulta durante la guerra; el DDT y otros plaguicidas cambian la naturaleza del control de plagas, incluida la investigación

**CBBC, CIBC:** creados en 1947, con base en Trinidad, Indias Occidentales

**CILB, OILB, IOBC:** creada en 1955, con base en Zurich, inicia en 1956 publicación de revista *Entomophaga* (ahora *BioControl*)



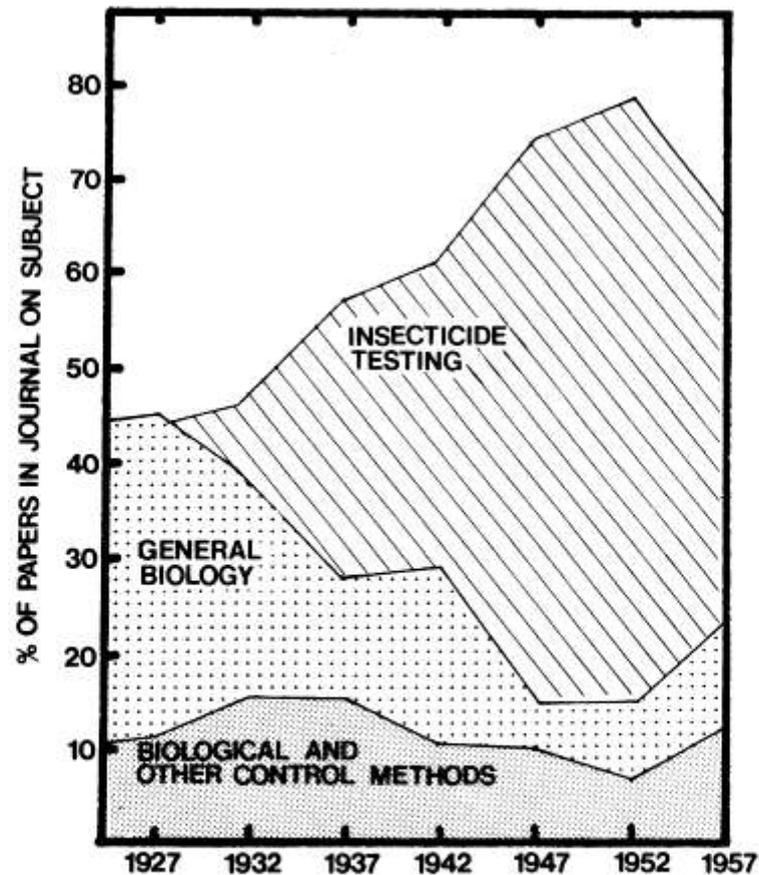
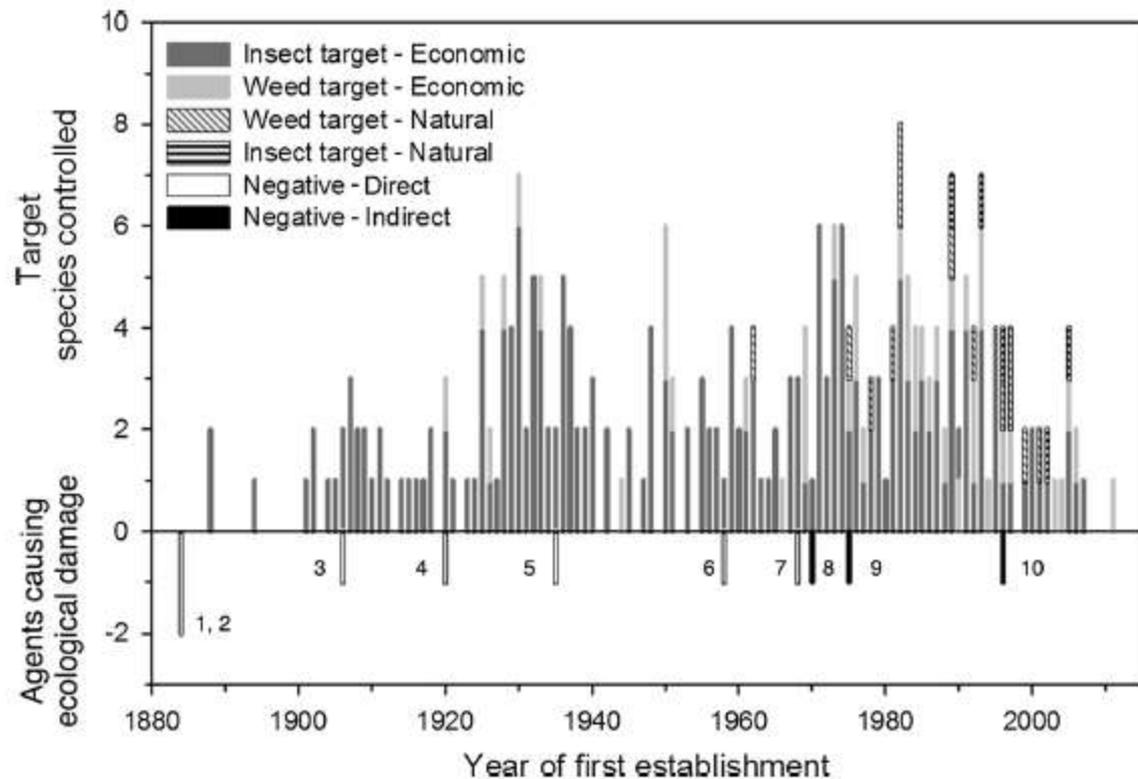


FIGURE 4-10. Trends in applied entomological research as reflected in the *Journal of Economic Entomology*, 1927–1957. Note how insect control research increasingly focused on insecticide testing and became less concerned with the biologies of the pests that were being controlled (data from Jones, 1973).



**Fig. 1** A timeline of biological control introductions of insect agents against invasive insect pests and invasive weeds based upon the year of the first introduction of agents that provided partial or complete control of their intended targets (positive values) divided into targets that were considered primarily detrimental to economic interests or natural ecosystems. Negative values denote introduction of agents that led to unintended negative consequences as follows: <sup>1</sup>Indian mongoose, *Herpestes javanicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire) (Seaman and Randall 1962); <sup>2</sup>The parasitoid *Cotesia glomerata*

(Linnaeus) (Benson et al. 2003); <sup>3</sup>The parasitoid *Compsilura concinnata* (Meigen) (Boettner et al. 2000); <sup>4</sup>Mosquitofish, *Gambusia* spp. (Minckley and Deacon 1968); <sup>5</sup>The cane toad, *Bufo marinus* (Linnaeus) (Urban et al. 2007); <sup>6</sup>The predatory snail *Euglandina rosea* (Férussac) (Civeyrel and Simberloff 1996); <sup>7</sup>The weevil *Rhinocyllus conicus* (Frölich) (Rose et al. 2005); <sup>8</sup>The seed-fly *Urophora affinis* (Frauenfeld) (Pearson and Callaway 2006); <sup>9</sup>The seed-fly *U. quadrafasciata* (Meigen) (Pearson and Callaway 2006); <sup>10</sup>The seed-fly *Mesoclanis polana* (Munro) (Carvalho et al. 2008)

## Historia moderna *Contemporánea: 1955-*

Plaguicidas exhibidos, conciencia ambiental,  
conceptos refinados y desarrollados,  
exportación  
1959-1964



Para la segunda mitad de los 1950s: se empiezan a documentar *resistencia*, *resurgimientos*, y *brotos* debidos al mal uso de insecticidas

**Control Integrado (precursor del MIP):** Stern et al. (1959) desarrollan concepto *umbral económico*, integración de control químico con control biológico

**Libro *Silent Spring*:** Carson (1962) exhibe los impactos ambientales de los plaguicidas, crece la conciencia ambiental

**DeBach et al. 1964:** libro que establece al CB como disciplina científica, con definiciones, conceptos, y base teórica

# HILGARDIA

*A Journal of Agricultural Science Published by  
the California Agricultural Experiment Station*

VOLUME 29

OCTOBER, 1959

NUMBER 2

## **THE INTEGRATION OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL CONTROL OF THE SPOTTED ALFALFA APHID**

### **The Integrated Control Concept**

**Vernon M. Stern, Ray F. Smith, Robert van den Bosch,  
and Kenneth S. Hagen**

### **Field Experiments on the Effects of Insecticides**

**Vernon M. Stern and Robert van den Bosch**

### **Impact of Commercial Insecticide Treatments**

**Ray F. Smith and Kenneth S. Hagen**

UNIVERSITY OF CALIFORNIA • BERKELEY, CALIFORNIA

# Historia moderna *Contemporánea: 1955-*

## Claro-oscuros recientes 1965-

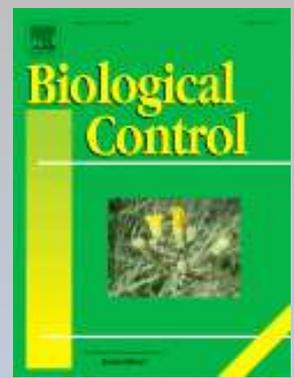
**Se intensifica la globalización del CB:** centenares de doctorantes entrenados en Universidad de California para 1980; centenares más en otras insituciones

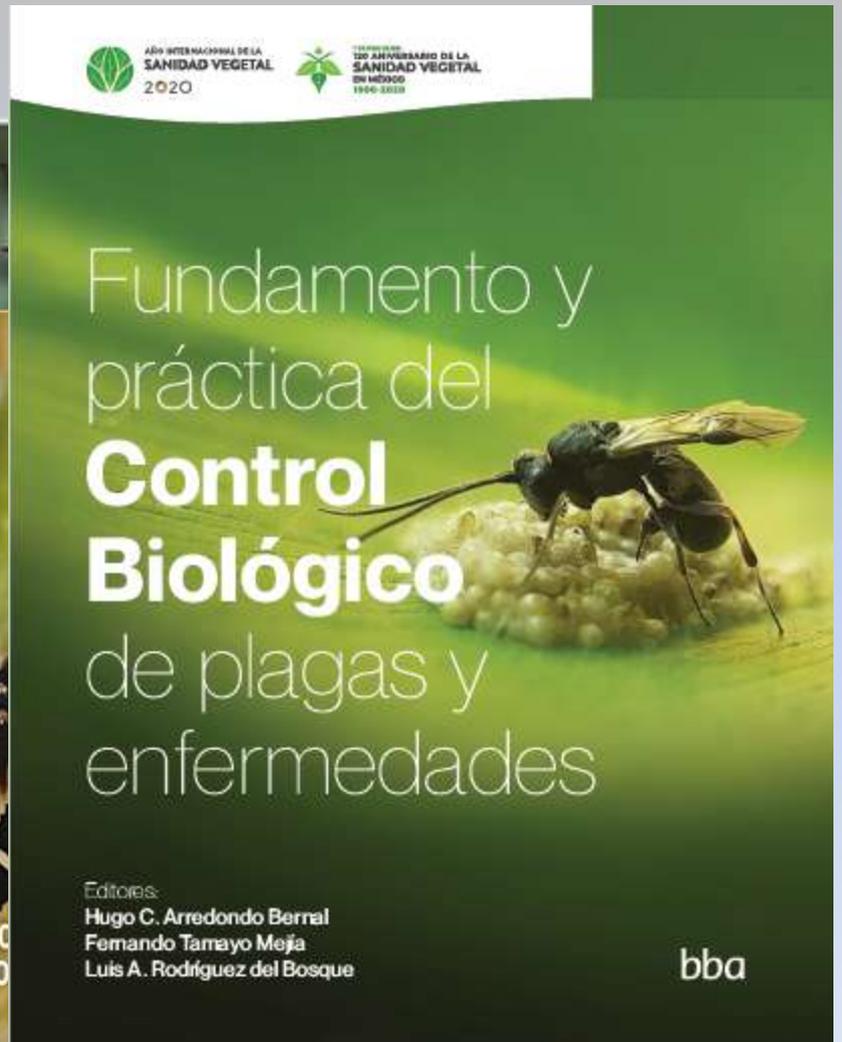
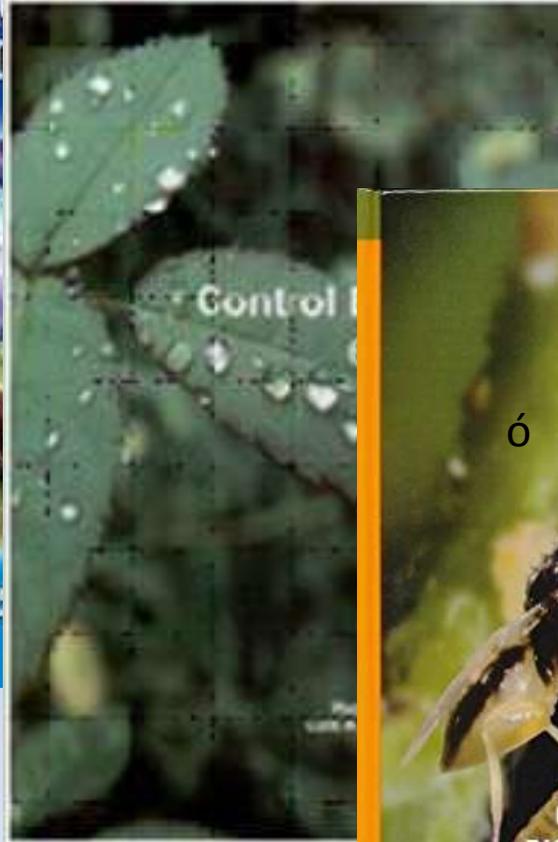
**Expansión internacional:** Investigadores formados en EUA y Europa inician enseñanza e investigación en sus países de origen

**Numerosos libros publicados, nuevas revistas:** libros de texto y especializados; revistas especializadas

**Pierde velocidad el CB Clasico:** crece la preocupación por efectos nocivos sobre organismos no-blanco

**Incrementa la colaboración internacional:** Autores de más países





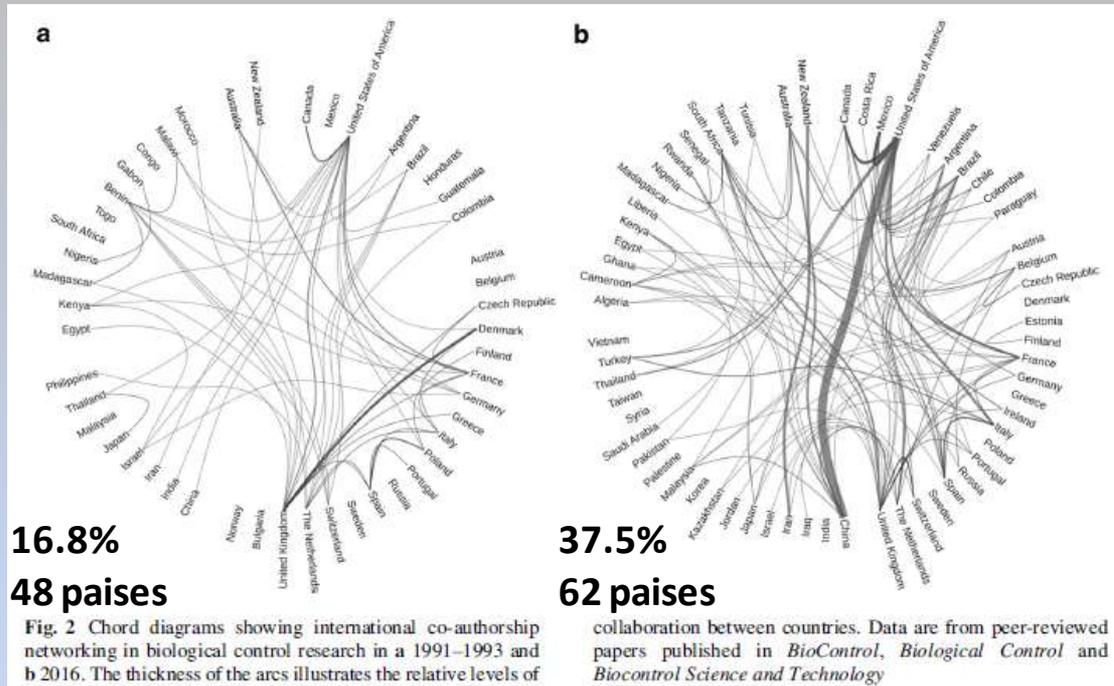


Fig. 2 Chord diagrams showing international co-authorship networking in biological control research in a 1991–1993 and b 2016. The thickness of the arcs illustrates the relative levels of

collaboration between countries. Data are from peer-reviewed papers published in *BioControl*, *Biological Control* and *Biocontrol Science and Technology*

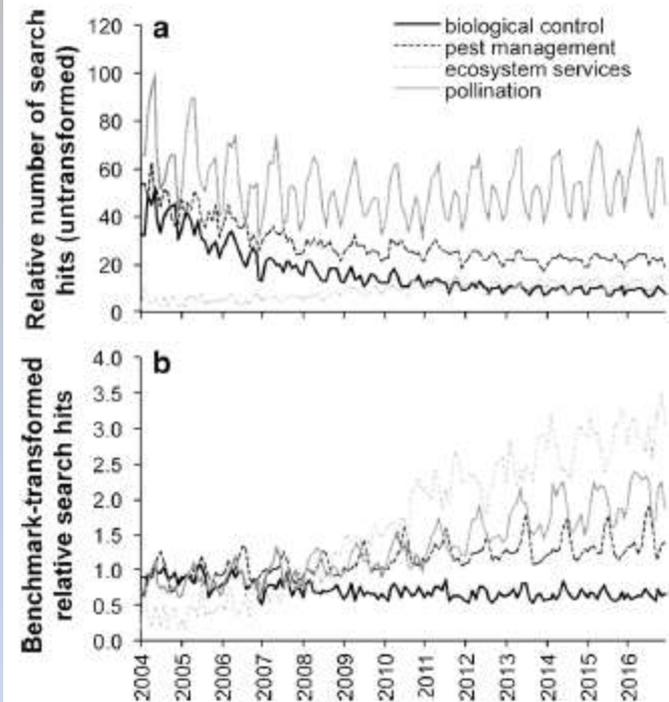
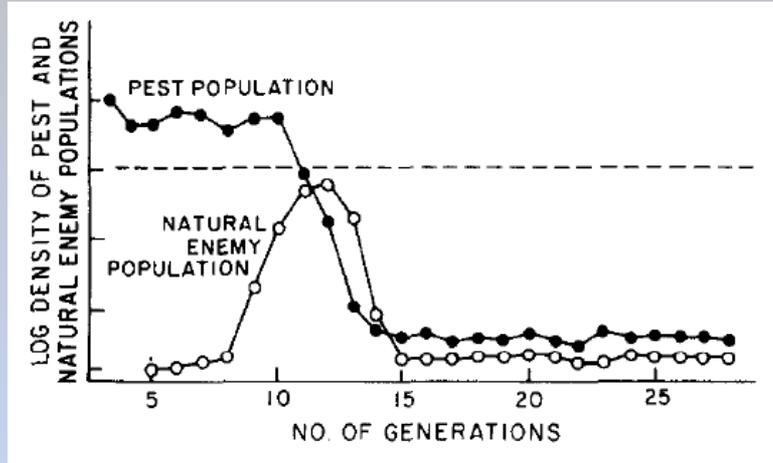


Fig. 1 Internet search data (2004–2016), from Google Trends for “biological control” and related search terms in applied ecology. a Relative popularity (in terms of search hits) of “biological control” as a search term compared to other terms for each year (does not show accurate trends over time). b Temporal trends (transformed with data for the benchmark term “ecology”) for “biological control” as a search term relative to other terms (values among search terms for a given year are not indicative of relative popularity)

# Puntos para conversar

- Control biológico: definición, y alcances
- Historia moderna del control biológico
- **Métodos del control biológico**
- Ecología del control biológico

# Escama algodonosa



# Escama algodonosa

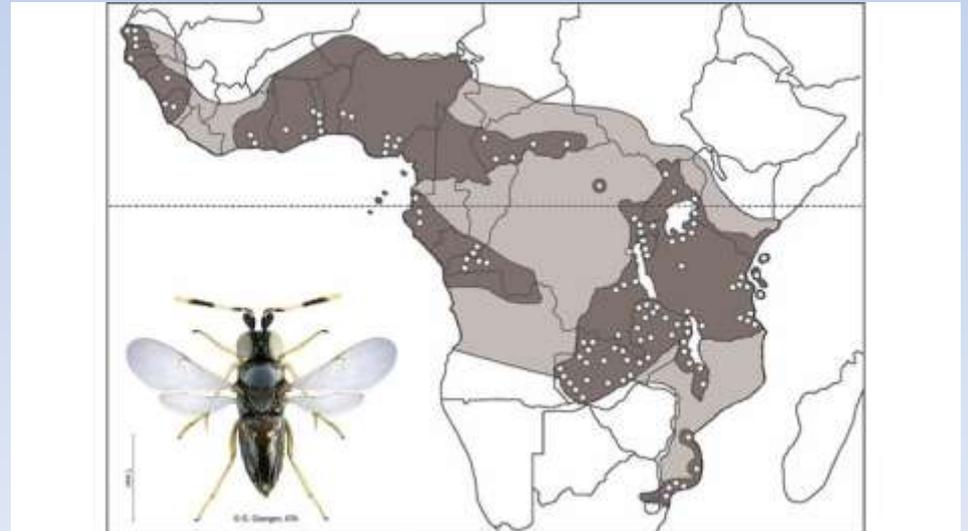


SEASONAL MORTALITY BY STAGES OF *Icerya purchasi* IN RIVERSIDE

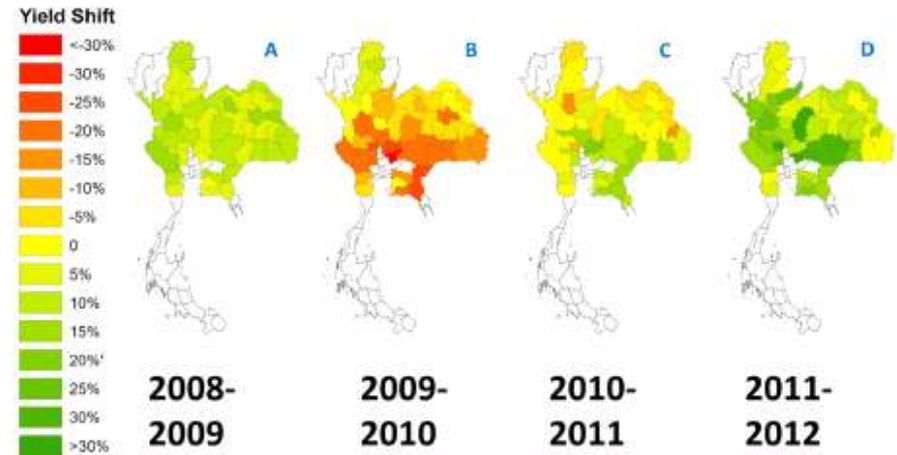
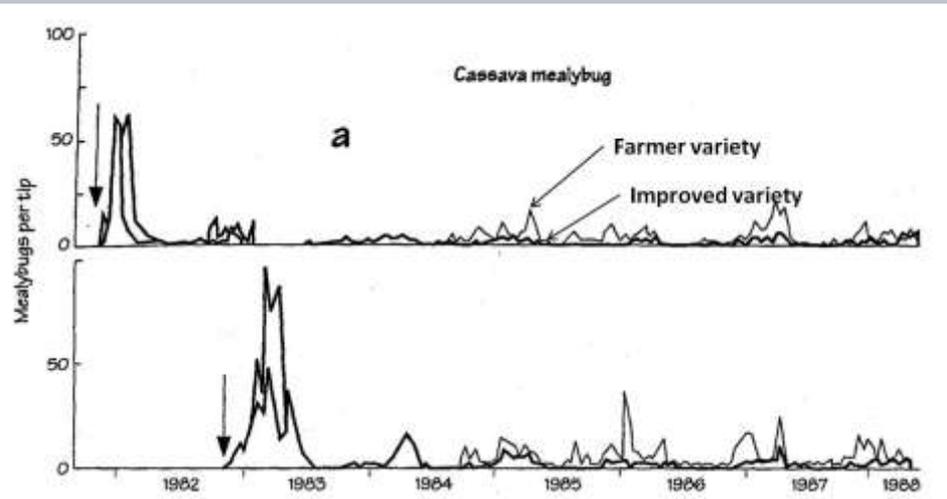
| Season | Stage                                  | No. individuals |         | Survivors        | Mortality           |                  |
|--------|--|-----------------|---------|------------------|---------------------|------------------|
|        |  | Initially       | Finally |                  | Over previous stage | Cumulative       |
| Summer | Crawlers.....                          | 4,000*          | 1,894   | Per cent<br>47.3 | Per cent<br>52.7    | Per cent<br>52.7 |
|        | Settled crawlers to second instar..... | 1,894           | 903     | 47.6             | 52.4                | 77.6             |
|        | Second instar to third instar.....     | 903             | 29      | 3.2              | 96.8                | 99.2             |
|        | Third instar to egg sac.....           | 29              | 7       | 24.1             | 75.9                | 99.8             |
| Fall   | Crawlers.....                          | 4,000*          | 1,465   | 36.6             | 63.4                | 63.4             |
|        | Settled crawlers to second instar..... | 1,465           | 415     | 28.3             | 71.7                | 89.6             |
|        | Second instar to third instar.....     | 415             | 37      | 8.9              | 91.9                | 99.0             |
|        | Third instar to egg sac.....           | 37              | 3       | 8.1              | 91.9                | 99.9             |
| Winter | Crawlers.....                          | 4,000*          | 1,063   | 26.5             | 73.5                | 73.5             |
|        | Settler crawlers to second instar..... | 1,063           | 334     | 31.4             | 68.6                | 91.6             |
|        | Second instar to third instar.....     | 334             | 45      | 13.4             | 86.6                | 98.8             |
|        | Third instar to egg sac.....           | 45              | 5       | 11.1             | 88.9                | 99.8             |
| Spring | Crawlers.....                          | 4,000*          | 1,456   | 36.4             | 63.6                | 63.6             |
|        | Settled crawlers to second instar..... | 1,456           | 374     | 25.6             | 74.4                | 90.6             |
|        | Second instar to third instar.....     | 374             | 35      | 9.3              | 90.7                | 99.1             |
|        | Third instar to egg sac.....           | 35              | 4       | 11.4             | 88.6                | 99.9             |

\* Estimated number. An average of 200 crawlers per female, 20 females observed each season.

# Cochinilla de la yuca



# Cochinilla de la yuca



**Figure 5** Annual percent shifts in crop yield (t/ha) for 51 cassava-growing provinces in Thailand, reflective of the mealybug invasion and ensuing biological control. Shifts (A–D) cover the country-wide spread of *P. manihoti* from late 2008 until 2011, the first small-scale release of *A. lopezi* (Nov. 2009) and subsequent nation-wide distribution of the parasitoid from June 2010 onward. Province-level yield shifts depict the percent change of crop yield in one given year, as compared to the previous year.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.5796/fig-5](https://doi.org/10.7717/peerj.5796/fig-5)

# Mosca blanca de los invernaderos

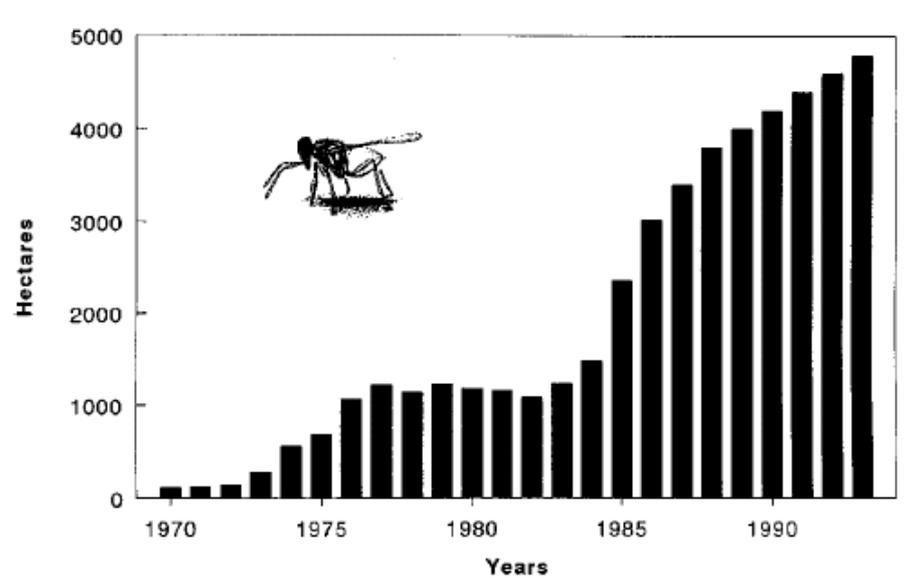


FIG. 1. World use of biological control of greenhouse whitefly with *Encarsia formosa* in greenhouses since 1970.

# Mosca blanca de los invernaderos

>90% de cultivos de tomate, pepino, y chiles en invernadero bajo MIP en Países Bajos

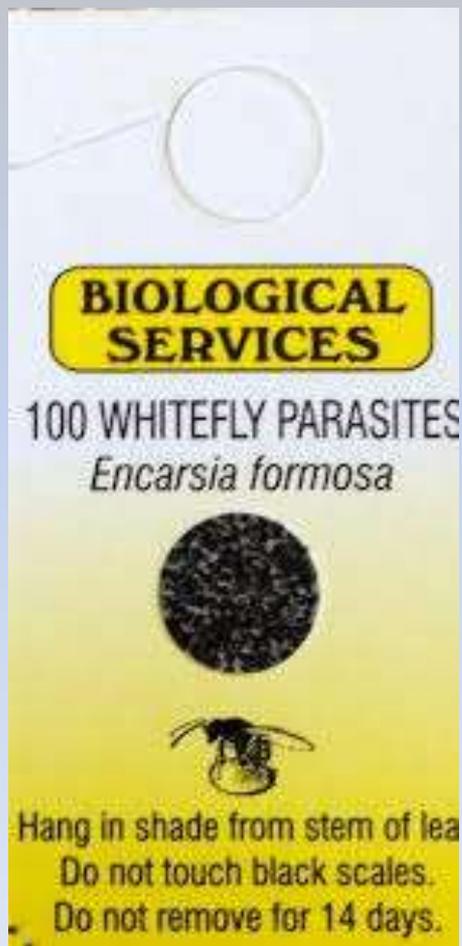


Table 1  
Integrated pest and disease management program as applied in tomato in Europe\*

| Pests and diseases   | Method used to prevent or control pest/disease   |
|--|--|
| <i>Pests</i>   |  |
| Whiteflies ( <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )                                      | Parasitoids <i>Encarsia</i> , <i>Eretmocerus</i><br>Predators <i>Macrolophus</i><br>Pathogens <i>Verticillium</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Aschersonia</i><br>Predator <i>Phytoseiulus</i> |
| Spider mite ( <i>Tetranychus urticae</i> )   | Parasitoids <i>Dacnusa</i> , <i>Diglyphus</i> and <i>Opius</i> and natural control   |
| Leafminers ( <i>Liriomyza bryoniae</i> , <i>L. trifolii</i> and <i>L. huidobrensis</i> )                     | Parasitoids: <i>Trichogramma</i><br>Pathogens: <i>Bacillus thuringiensis</i>   |
| Lepidoptera (e.g. <i>Chrysodeixis chalcites</i> , <i>Lacanobia oleracea</i> , <i>Spodoptera littoralis</i> ) | Parasitoids: <i>Aphidius</i> , <i>Aphelinus</i>  |
| Aphids (e.g. <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> )                 | Predators: <i>Aphidoletes</i> and natural control  |
| Nematodes (e.g. <i>Meloidogyne</i> spp.)   | Resistant and tolerant cultivars, soilless culture   |
| <i>Diseases</i>  |  |
| Gray mold ( <i>Botrytis cinerea</i> )  | Climate management, mechanical control and selective fungicides  |
| Leaf mold ( <i>Fulvia</i> = <i>Cladosporium</i> )  | Resistant cultivars, climate management  |
| Mildew ( <i>Oidium lycopersicon</i> )  | Selective fungicides   |
| Fusarium wilt ( <i>Fusarium oxysporum lycopersici</i> )  | Resistant cultivars, soilless culture  |
| Fusarium root rot ( <i>Fusarium oxysporum radicum-lycopersici</i> )  | Resistant cultivars, soilless culture, hygiene   |
| Verticillium wilt ( <i>Verticillium dahliae</i> )  | Pathogen-free seed, tolerant cultivars, climate control, soilless culture  |
| Bacterial canker ( <i>Clavibacter michiganensis</i> )  | Pathogen-free seed, soilless culture   |
| Several viral diseases   | Resistant cultivars, soilless culture, hygiene, weed management, vector control  |
| <i>Pollination</i>   |  |
|  | Bumble bees or bees  |

\*Natural control: natural enemies spontaneously immigrating into the greenhouse and controlling a pest.

# Arañas rojas

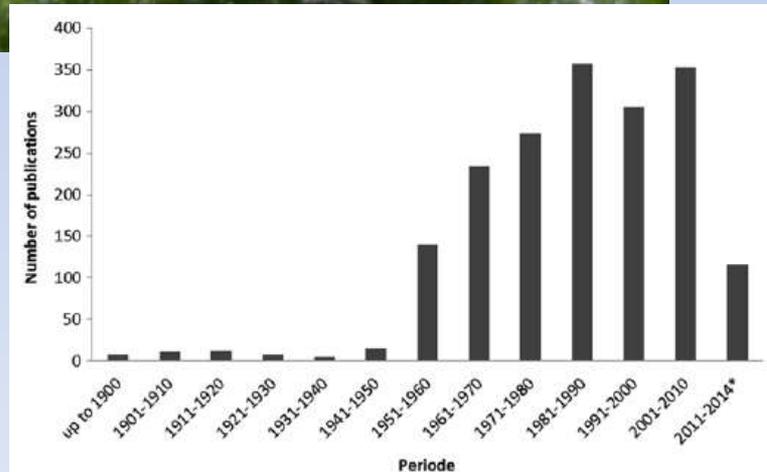


Fig. 5.2 Cumulative number of described phytoseiid species (Based on Demite et al. 2014b). \*Up to April 2014

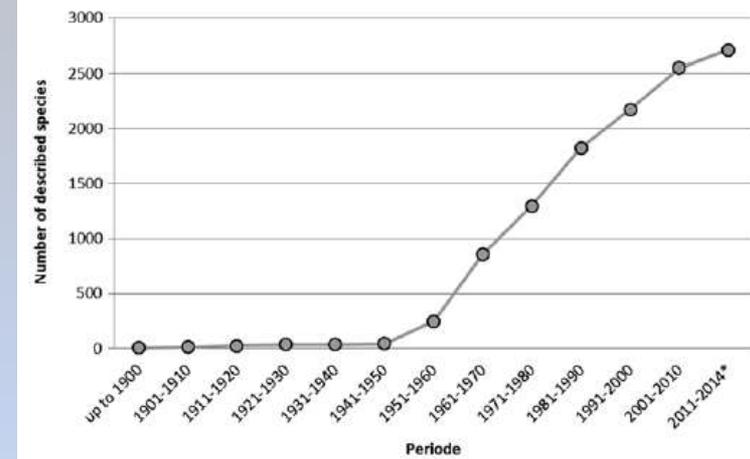
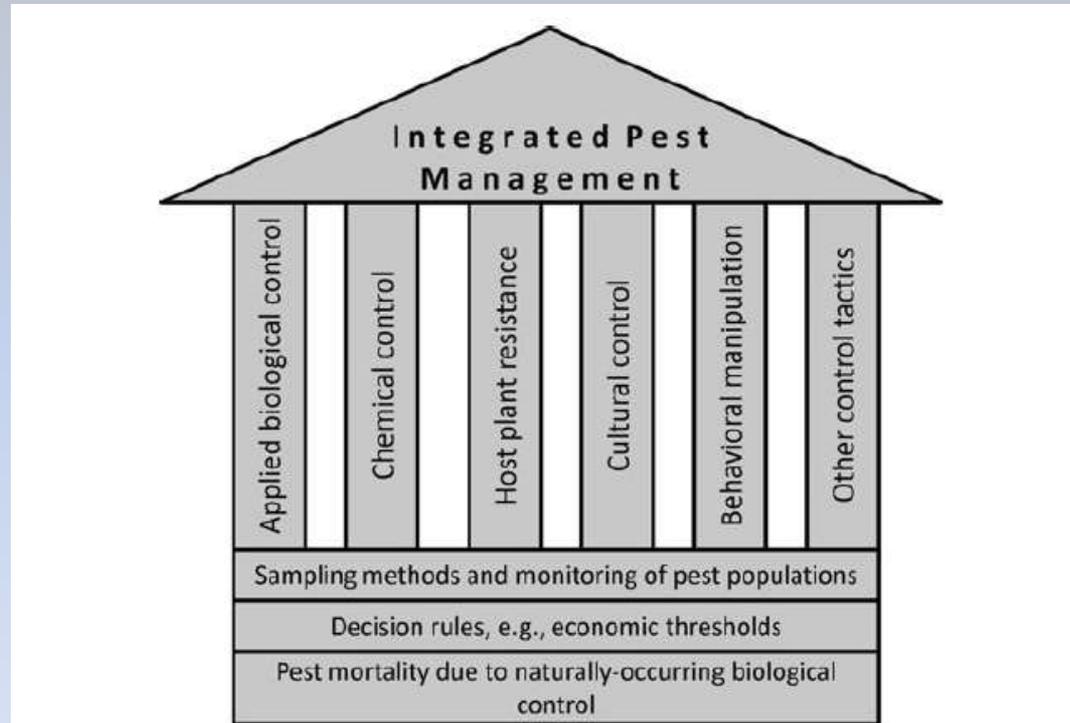


Fig. 5.1 Cumulative number of scientific papers on phytoseiid taxonomy (Based on Demite et al. 2014b). \*Up to April 2014

# Arañas rojas



# El control biológico por conservación es fundamental para el manejo de plagas



**Fig. 17.1** Naturally-occurring biological control is a fundamental component of IPM strategies. Effective IPM strategies build upon the pest mortality caused by naturally-occurring biological control by adding mortality and reducing natality and crop colonization through application of a variety of control tactics. Modified from Gonzalez (1971)

# Arañas rojas en vid

## *Metaseiulus occidentalis*

Western predatory mites (top and bottom), a spider mite (center), and round spider mite eggs



Western predatory mite attacking spider mite egg



A western predatory mite egg



Plaga menor  
*Tetranychus pacificus*



Plaga principal  
*Eotetranychus willamettei*



# Arañas rojas en vid

HILGARDIA • Vol. 40, No. 10 • December, 1970

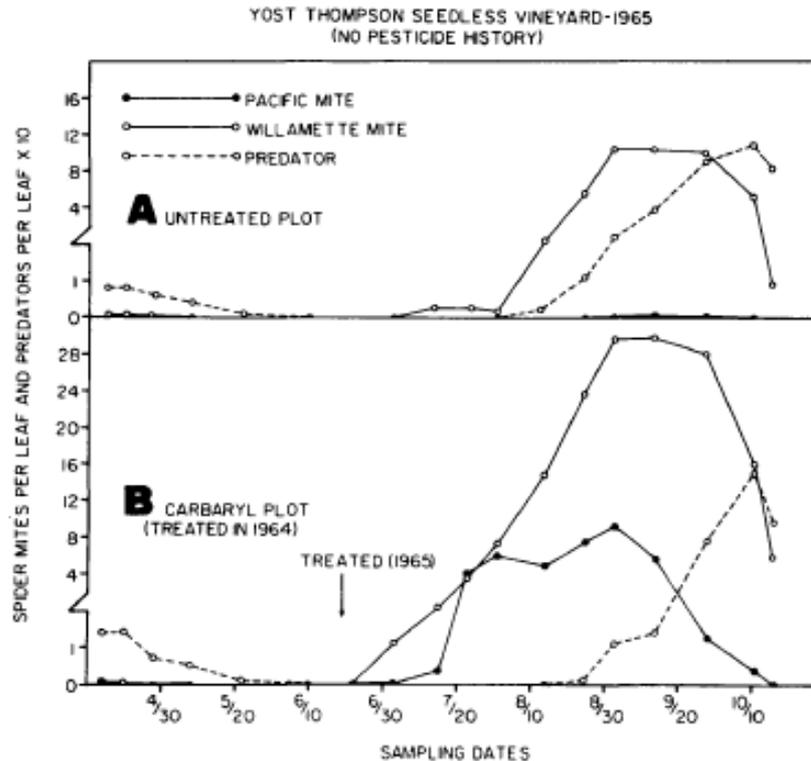


Fig. 5. Counts were made in 80-leaf samples; spider mite eggs were included.

# Puntos para conversar

- Control biológico: definición, y alcances
- Historia moderna del control biológico
- Métodos del control biológico
- **Ecología del control biológico**

# Ecología del control biológico

- Por su definición, el control biológico es un fenómeno que involucra a dos o más poblaciones
  - El estudio de la ecología del control biológico se basó hasta recientemente en la ecología de poblaciones
  - más recientemente se ha incorporado el estudio de otras disciplinas, ej. ecología de comunidades y ecología del comportamiento
- Los especialistas en CB durante sus inicios, **Riley, Howard & Fiske, Smith** sentaron las bases de los fundamentos ecológicos teóricos de la disciplina

# Ecología del control biológico

- **Howard & Fiske**, y **Smith** fueron los primeros en apuntar a la importancia de factores de mortalidad *denso-dependientes* y *denso-independientes*
- Estos dos tipos de factores se mantienen centrales en nuestro entendimiento de la ecología de poblaciones, particularmente la regulación de poblaciones
- Con el paso de las décadas, ecólogos especializados ampliaron el entendimiento de procesos que regulan las poblaciones de organismos, así como la importancia para el CB de la *ecología de comunidades* y *ecología del comportamiento*

# Natural Control

Density independent factors

Physical

Biological

Temperature  
Humidity  
Air Movement  
Exposure  
Soil pH

Host Suitability  
Food Quality

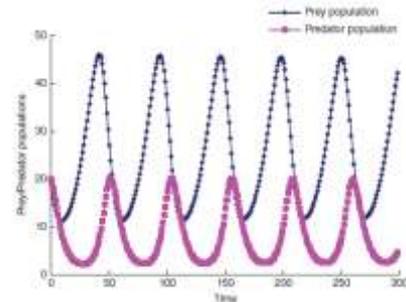
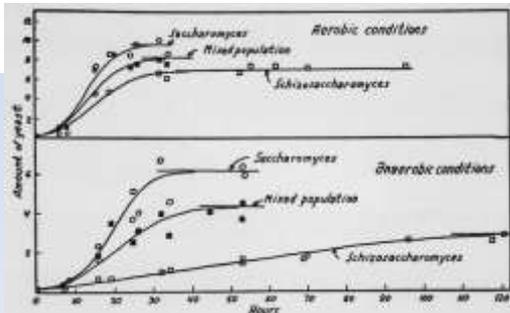
Density dependent factors

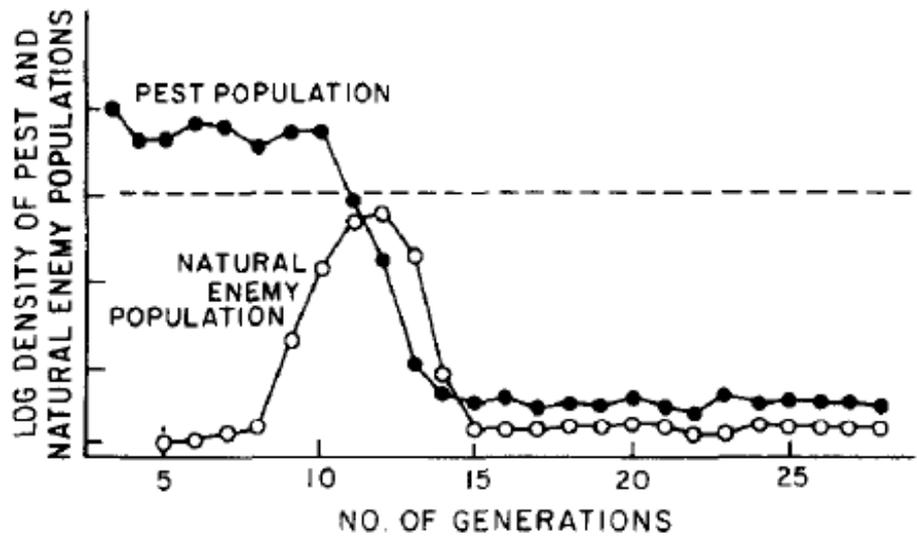
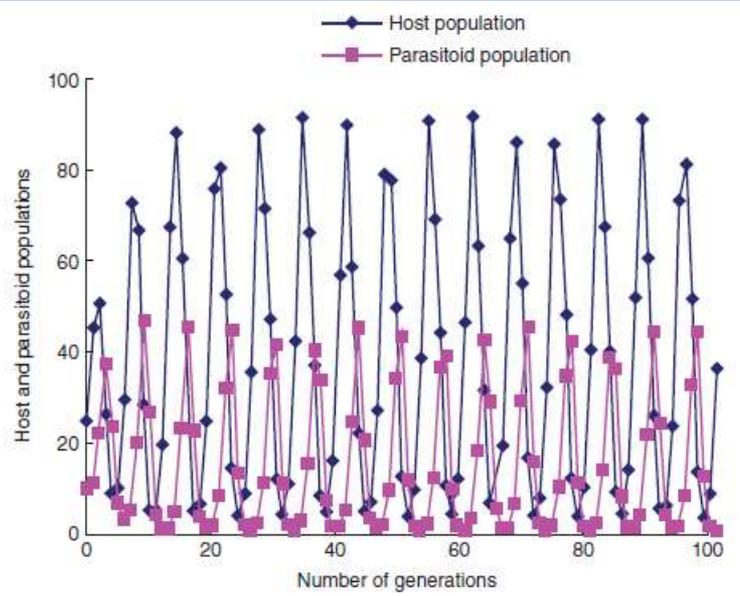
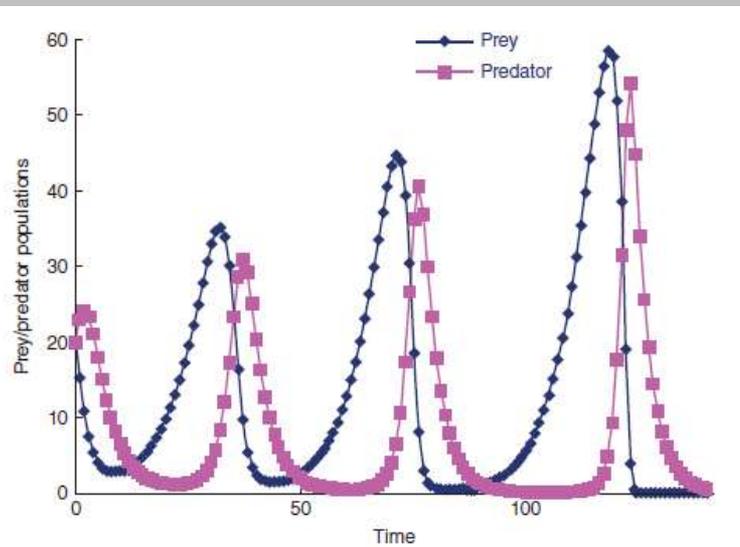
Nonreciprocal

Reciprocal

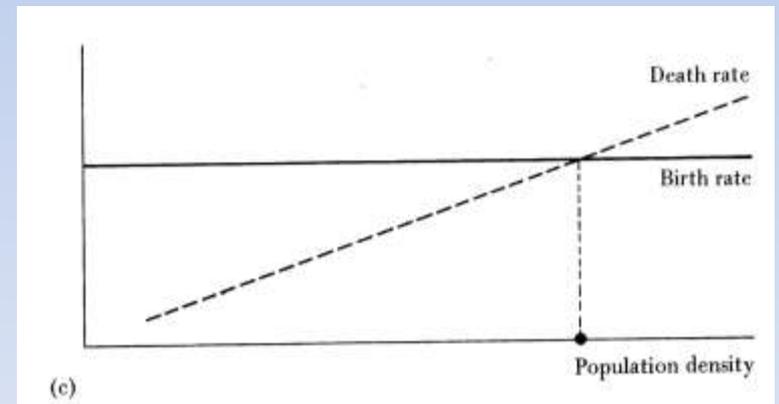
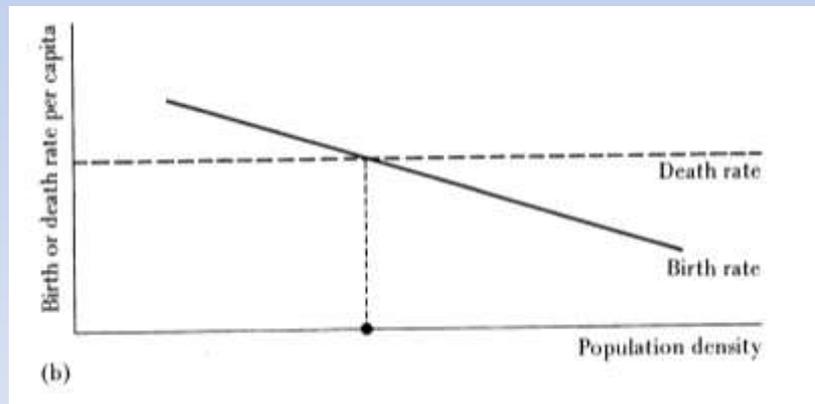
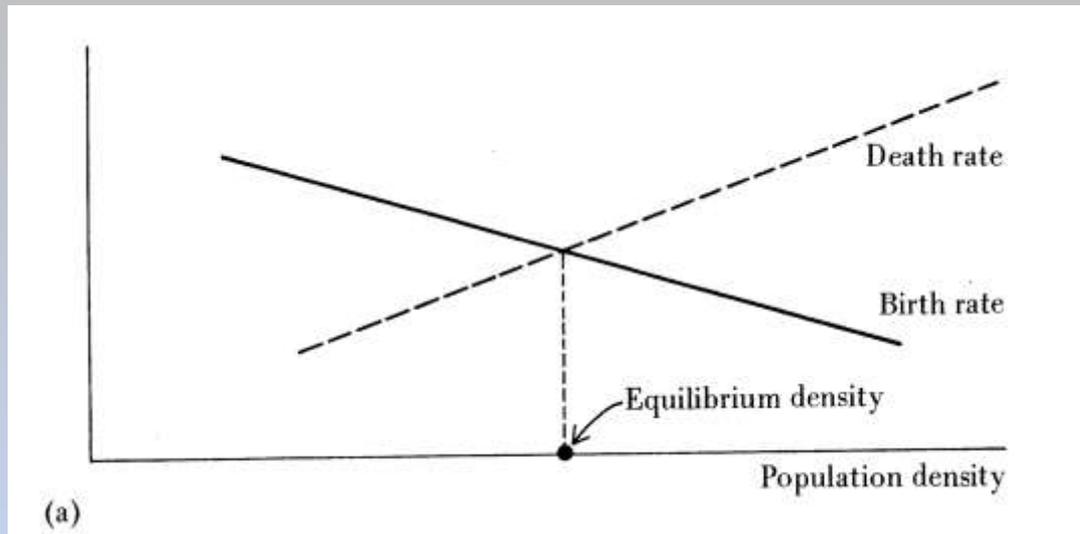
Some Foods  
Space  
Territoriality

Parasitoids  
Predators  
Pathogens  
Herbivores

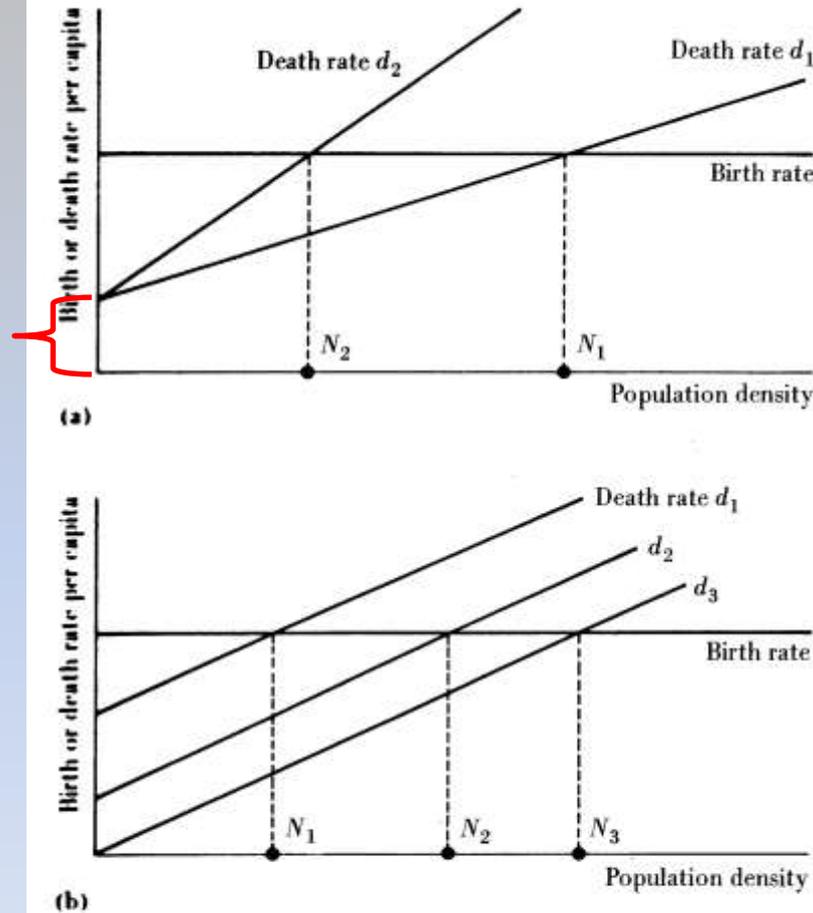




**Fig. 1.** A graphical model depicting the traditional view of the expected changes in pest (host) and natural enemy (parasitoid) densities arising from a successful classical biological control project. The parasitoid was introduced in the second generation (near the origin). The dashed line represents the density at which the pest species will cause economic losses; at or above this density (the economic or intervention threshold) it is economic to suppress the pest. In this case, the introduced parasitoid suppresses the pest population to, and maintains it at an equilibrium below, the density of economic concern. *Redrawn from Ref. 43.*



La constante "a"  
( $Y = a + bX$ )  
representa la  
mortalidad denso-  
independiente



**Figure 16.3** Simple graphic model to illustrate how two populations may differ in average abundance. In (a) the two populations differ in the amount of density-dependent mortality. In (b) the populations differ in the amount of density-independent mortality. Dotted lines mark the equilibrium population densities. (Modified from Enright 1976.)



UC Statewide IPM Project  
© 2000 Regents, University of California

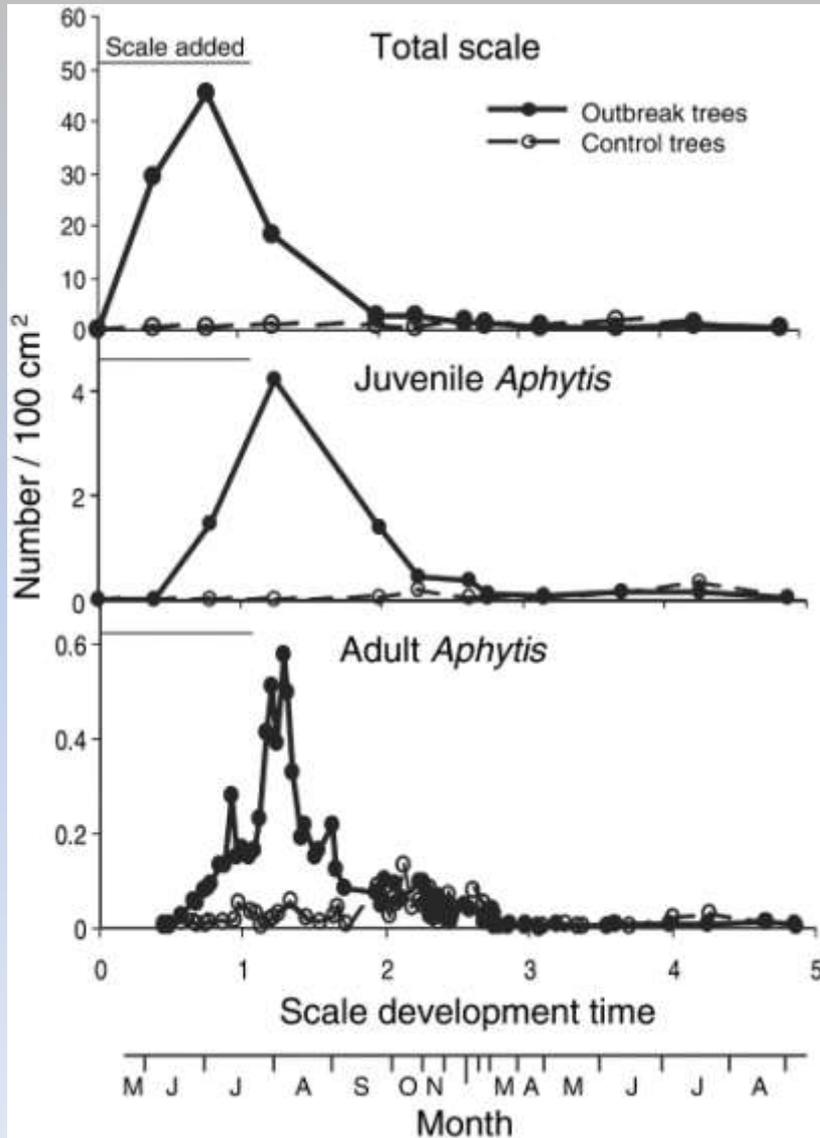


UC Statewide IPM Project  
© 2001 Regents, University of California

***Aphytis melinus*:**  
**Controlador biológico de**  
**Escama roja de California**  
**desde ~1958**



Densidades promedio en **arboles tratados (*Outbreak*; escamas+)** y **arboles testigo (CB establecido)** a lo largo de 5 generaciones de la escama



*Aphytis* y escama roja: También ilustra la importancia de la ecología del comportamiento y de comunidades – esto es historia para otra ocasión



Figure 1. Scale infested fruit

Host Suppression and Stability in a Parasitoid-Host System: Experimental Demonstration  
William Murdoch,<sup>1\*</sup> Cheryl J. Briggs,<sup>2</sup> Susan Swarbrick<sup>1</sup>  
22 JULY 2005 VOL 309 SCIENCE