

# EVALUACIÓN EN CAMPO Y LABORATORIO DE AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO

Héctor González Hernández, Esteban Rodríguez Leyva, J. Refugio Lomeli Flores  
COLEGIO DE POSTGRUADOS, POSGRADO EN FITOSANIDAD  
MONTECILLO, TEXCOCO, MÉX.



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Curso Internacional de Control Biológico 2020, SMCB



# CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN
- MÉTODOS GENERALES PARA EVALUAR EL PAPEL DE LOS ENEMIGOS NATURALES EN CAMPO
  1. Adición
  2. Interferencia
  3. Exclusión
- TABLAS DE VIDA EN LA EVALUACIÓN DE AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO
- CONCLUSIONES



# INTRODUCCIÓN

## Primer caso de CB exitoso: California, USA, 1887-1889

**La plaga:** escama algodonosa de los cítricos, *Icerya purchasi* (Hem.: Monophlebidae). Origen: Sureste asiático

**El enemigo natural:** depredador *Rodolia cardinalis* (Col.: Coccinellidae). Origen: Australia



# INTRODUCCIÓN

Cochinilla Rosada del Hibisco *Maconellicoccus hirsutus* (Green)  
Región del Caribe 1996; México: 2004-2007

## LA PLAGA



## SUS ENEMIGOS NATURALES



Jorge Valdez Carrasco, 2015

*Anagyrus kamali* Moursi  
(Hym., Encyrtidae)



Jorge Valdez Carrasco, 2015

*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant  
(Col., Coccinellidae)



# INTRODUCCIÓN

## METODOLOGÍAS DE CONTROL BIOLÓGICO

- Clásico o por Introducción
- Aumento
- Conservación



# INTRODUCCIÓN

## NECESIDAD DE EVALUAR ENEMIGOS NATURALES

- La incidencia o densidad poblacional de ciertas plagas tienden a bajar repentinamente debido a ciertos factores biótico o abiótico
- El nivel de parasitismo o depredación de un EN recientemente introducido o establecido, no es el mejor indicador de su efectividad



# INTRODUCCIÓN

## EVALUACIÓN DE AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO (CB): ESPECIES ENTOMÓFAGAS

Razones para evaluar a los agentes de CB (Van Driesche y Bellows, 1996):

- Determinar diversidad de especies de enemigos naturales asociados a ciertas plagas antes de la liberación
- Evaluar la efectividad de las acciones de un programa de CB
- Determinar el papel de factores bióticos y abióticos en la regulación de la plaga y de los enemigos naturales
- Evaluar el impacto económico de un programa de CB



# INTRODUCCIÓN

## POSICIÓN DE EQUILIBRIO DEL HOSPEDERO O PRESA (LEGNER, 1969)

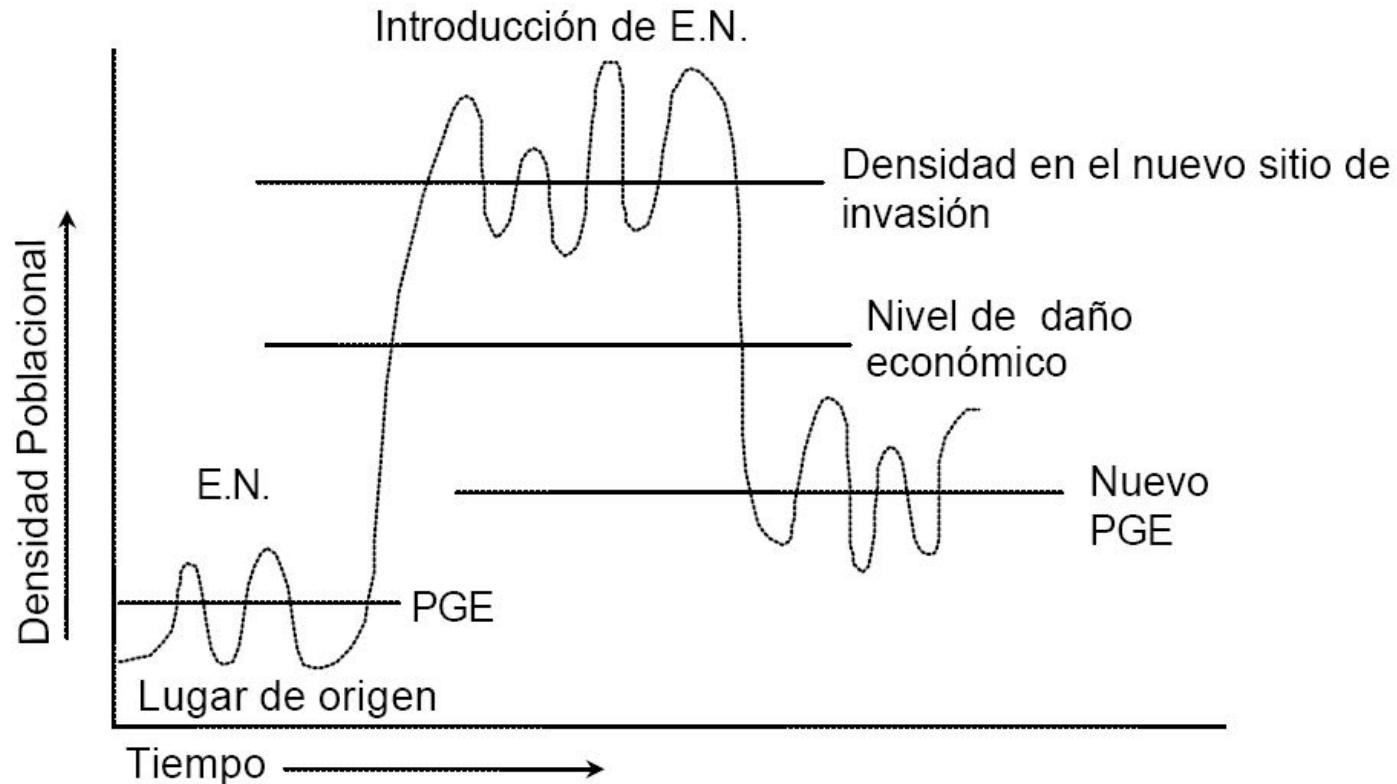
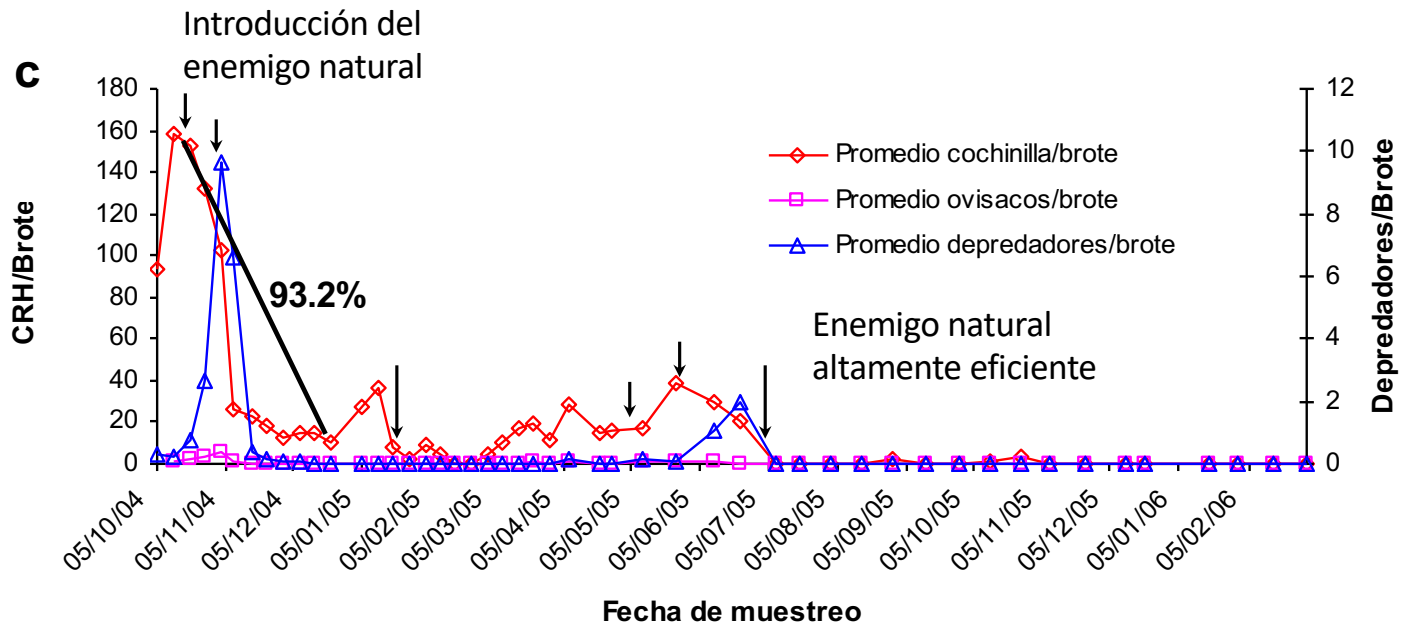


Figura 5. Razonamiento teórico-ecológico del control biológico clásico.



# INTRODUCCIÓN



Cochinilla rosada del hibisco (ninfas, hembras ovisacos) y depredador *Cryptolaemus montrouzieri* en teca, Paso del Valle, Bahía de Banderas, Nayarit (2004-2006). Flechas cortas: liberación del depredador; flechas largas: prácticas culturales. Fuente: García-Valente, 2008.



# INTRODUCCIÓN

Los métodos experimentales de evaluación pueden explicar la efectividad de un *EN*

PERO NO EXPLICAN EL PORQUÉ DE LA POSIBLE EFECTIVIDAD DEL *EN*

# MÉTODOS GENERALES PARA EVALUAR EL PAPEL DE LOS EN

- Métodos comparativos experimentales de evaluación
- Modelos poblacionales y tablas de vida
- Análisis serológico de contenido alimenticio o molecular

JHR 73: 125–141 (2019)  
doi: 10.3897/jhr.73.38025  
<http://jhr.pensoft.net>

RESEARCH ARTICLE

 JOURNAL OF A peer-reviewed open-access journal  
**Hymenoptera**  
The International Society of Hymenopterists RESEARCH

**Field studies and molecular forensics identify a new association: *Idris elba* Talamas, sp. nov. parasitizes the eggs of *Bagrada hilaris* (Burmeister)**

J. Refugio Lomeli-Flores<sup>1</sup>, Susana Eva Rodríguez-Rodríguez<sup>1</sup>,  
Esteban Rodríguez-Levya<sup>1</sup>, Héctor González-Hernández<sup>1</sup>,  
Tara D. Garipey<sup>2</sup>, Elijah J. Talamas<sup>3</sup>



# MÉTODOS EXPERIMENTALES DE EVALUACIÓN

1. ADICIÓN
2. INTERFERENCIA
3. EXCLUSIÓN



# 1. MÉTODO DE ADICIÓN

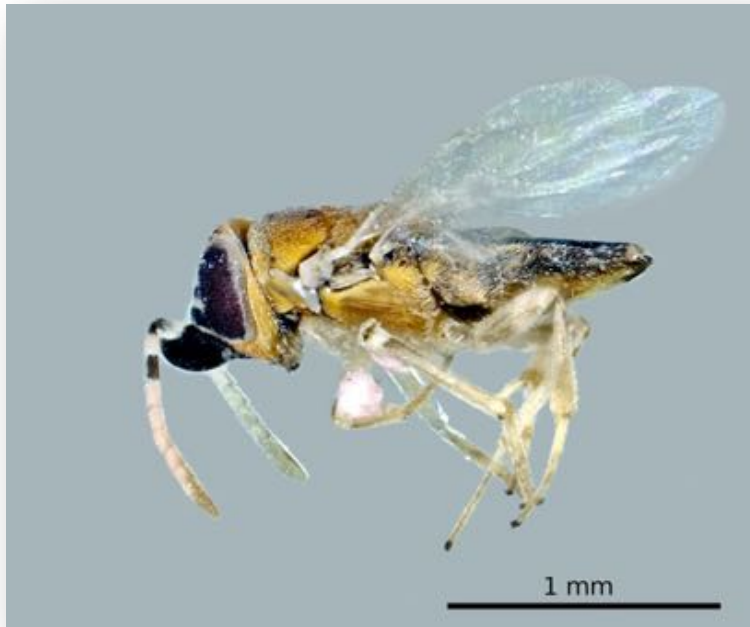
- Comparación de áreas experimentales, antes y después de la introducción o liberación del **EN**
- Introducción o liberación del **EN** en varias parcelas que estén lo suficientemente separadas de las parcelas control (sin introducción)



# 1. MÉTODO DE ADICIÓN

Programa de Erradicación y Control de la CRH-BB, Nayarit & Jalisco, 2004

Hembra adulta del parasitoide  
*Anagyrus kamali*  
(Hym., Encyrtidae)



Jorge Valdez Carrasco, 2015.

Hembra adulta del parasitoide  
*Gyranusoidea indica*  
(Hym., Encyrtidae)



# 1. MÉTODO DE ADICIÓN

Programa de Erradicación y Control de la CRH-BB, Nayarit & Jalisco, 2004

*Cryptolaemus montrouzieri* (Col., Coccinellidae)



Jorge Valdez Carrasco, 2015.

*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant  
(Col. Coccinellidae)



# 1. MÉTODO DE ADICIÓN CRH-BB, NAY, 2004



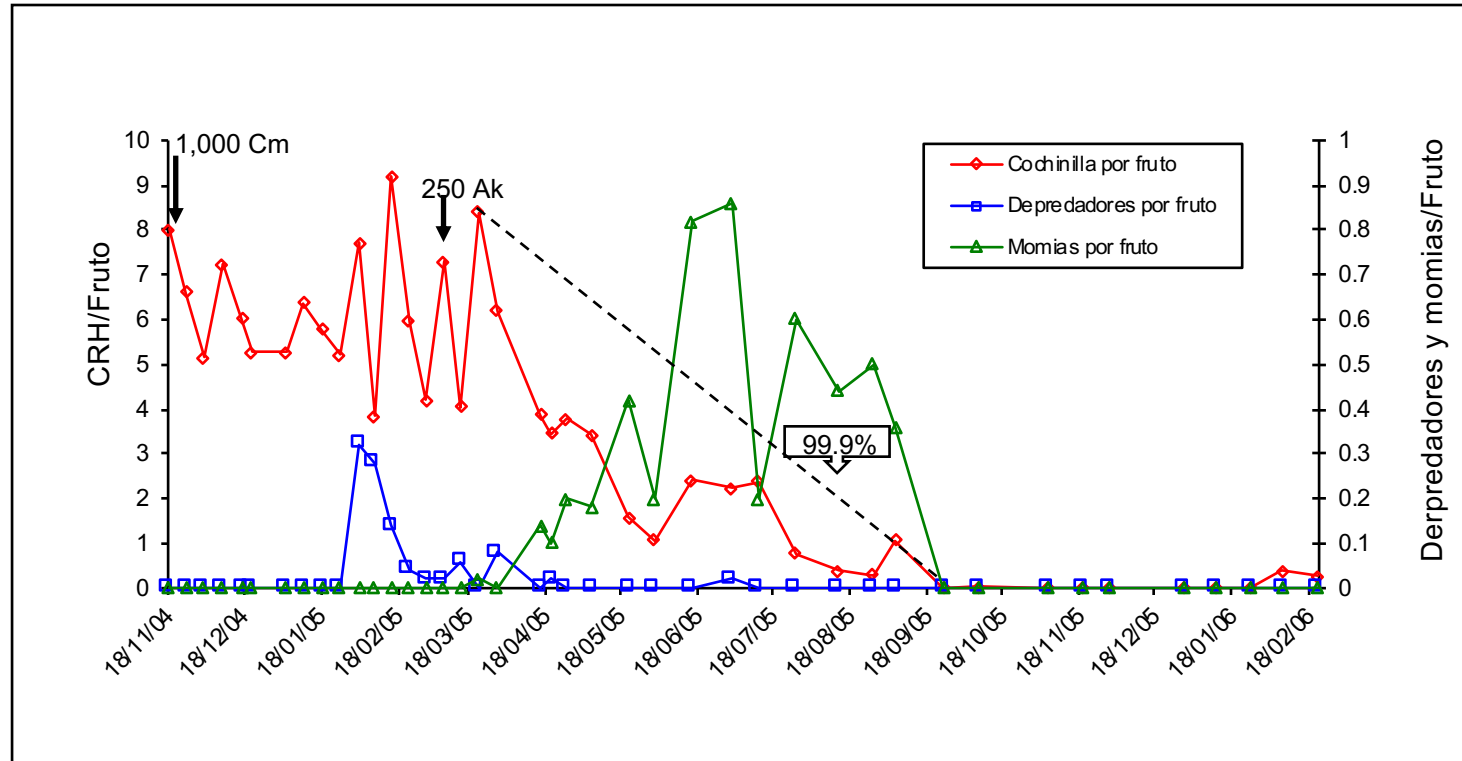


# 1. MÉTODO DE ADICIÓN CRH-BB, NAY, 2004



# 1. MÉTODO DE ADICIÓN

## COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE LA CRH Y AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO



J.M.- Valdez Carrasco, 2015.

Densidad de CRH (ninfas, hembras adultas y ovisacos) y liberaciones del depredador *C. montrouzieri* (Cm) y el parasitoide *A. kamali* (Ak), en frutos de carambolo, huerto Popotán, Bahía de Banderas, Nayarit. 2004-2006. Flechas= liberaciones de Cm y de Ak. Fuente: García Valente (2008).



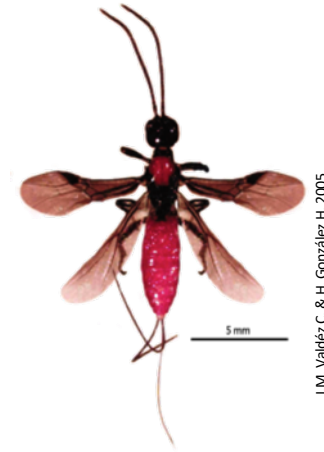
## 2. MÉTODOS DE INTERFERENCIA

Reducción de la eficiencia de los EN en una serie de parcelas para compararlas con otra serie donde los EN tienen libre actividad



## 2. MÉTODOS DE INTERFERENCIA

- QUÍMICA
- BIOLÓGICA



J.M. Valdez C. & H. González H., 2005



## 2. MÉTODOS DE INTERFERENCIA: Química

Reducción de la eficiencia de enemigos naturales a través de la aplicación de insecticidas selectivos



## 2. MÉTODOS DE INTERFERENCIA: Química



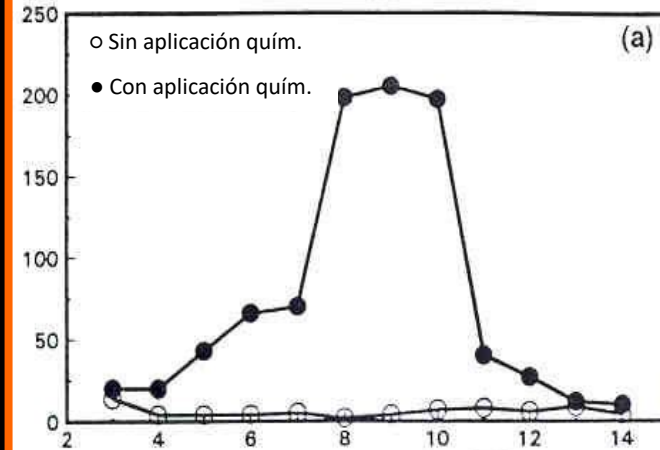
EcoPort (<http://www.ecoport.org>): Georg Goergen

*Phenacoccus manihoti* Matile Ferrero (Hem., Pseudococcidae)

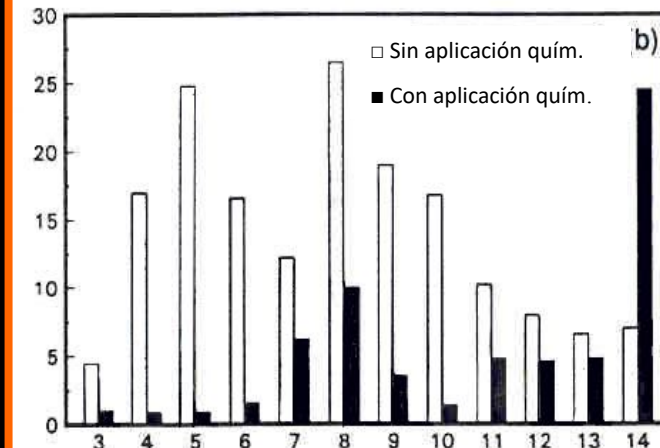


*Apoanagyrus lopezi* De Santis (Hym., Encyrtidae)

No. de piojos harinosos de la yuca



% de parasitismo



(Neuenschwander *et al.*, 1986; redibujado por Van Driesch & Bellows, 1996)

## 2. MÉTODO DE INTERFERENCIA: Biológica

Patosistema de la Marchitez roja de la piña: virus (agente causal)-piojos harinosos-hormigas-enemigos naturales



*Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)



AntWeb. Version 8.42. California Academy of Science

*Pheidole megacephala* F.



## 2. MÉTODO DE INTERFERENCIA: Biológica

Enemigos naturales de  
*Dysmicoccus brevipes*



*Anagyrus ananatis*



*Lobodiplosis pseudococci*



*Nephus bilucernarius*





## 2. MÉTODO DE INTERFERENCIA: Biológica

Enemigos naturales de *Dysmicoccus brevipes*

Los indeseados: otros encírtidos



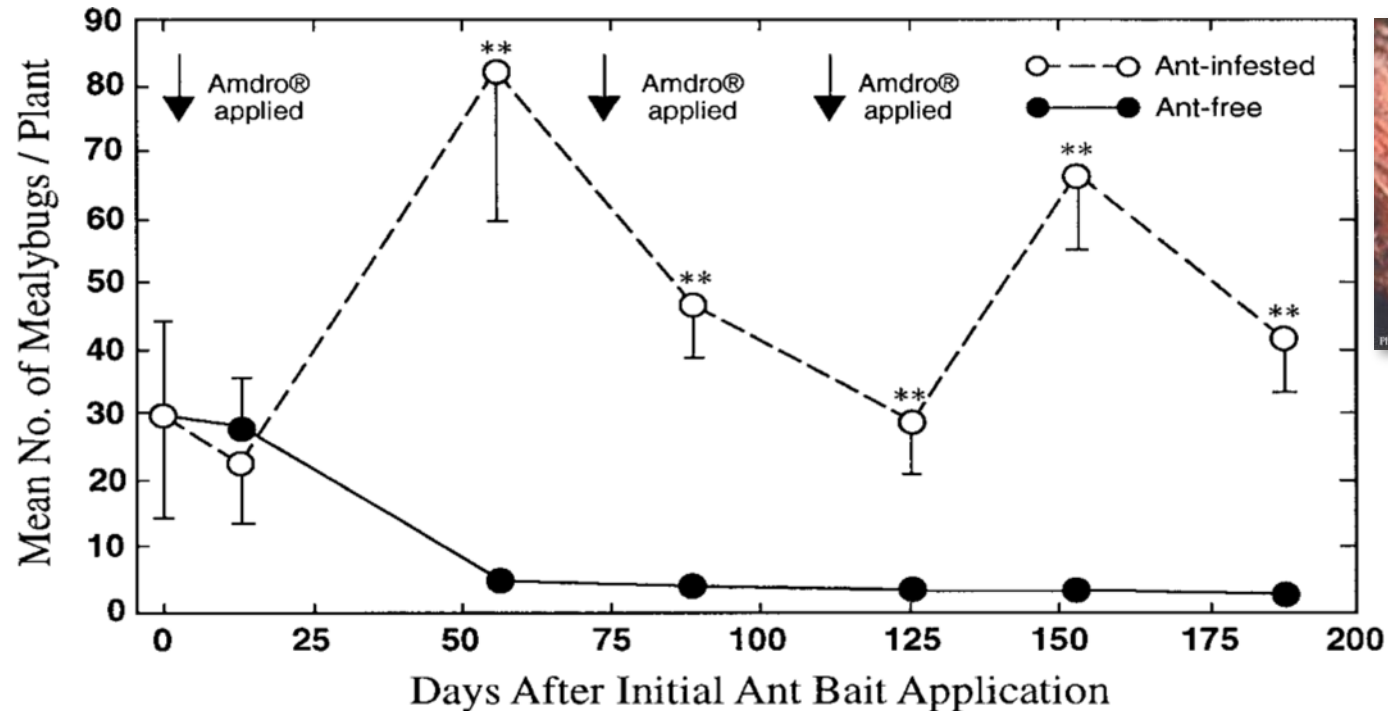
*Prochiloneurus* sp.,  
hiperparasitoide de  
*Euryrhopalus propinquus*



*Homalotylus* sp., parasitoide de  
larva del depredador *Nephus*  
*bilucernarius*



## 2. MÉTODO DE INTERFERENCIA: Biológica



Piojo harinoso de la piña *Dysmicoccus brevipes* (todos los estados de desarrollo, excepto 1er. instar) por planta de piña en parcelas con y sin hormiga *Pheidole megacephala*. Honolulu. Hi, USA. González-Hernández *et al.*, 1999.

Biological Control **15**, 145–152 (1999)  
 Article ID bcon.1999.0714, available online at <http://www.idealibrary.com> on IDEAL®

### Impact of *Pheidole megacephala* (F.) (Hymenoptera: Formicidae) on the Biological Control of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae)

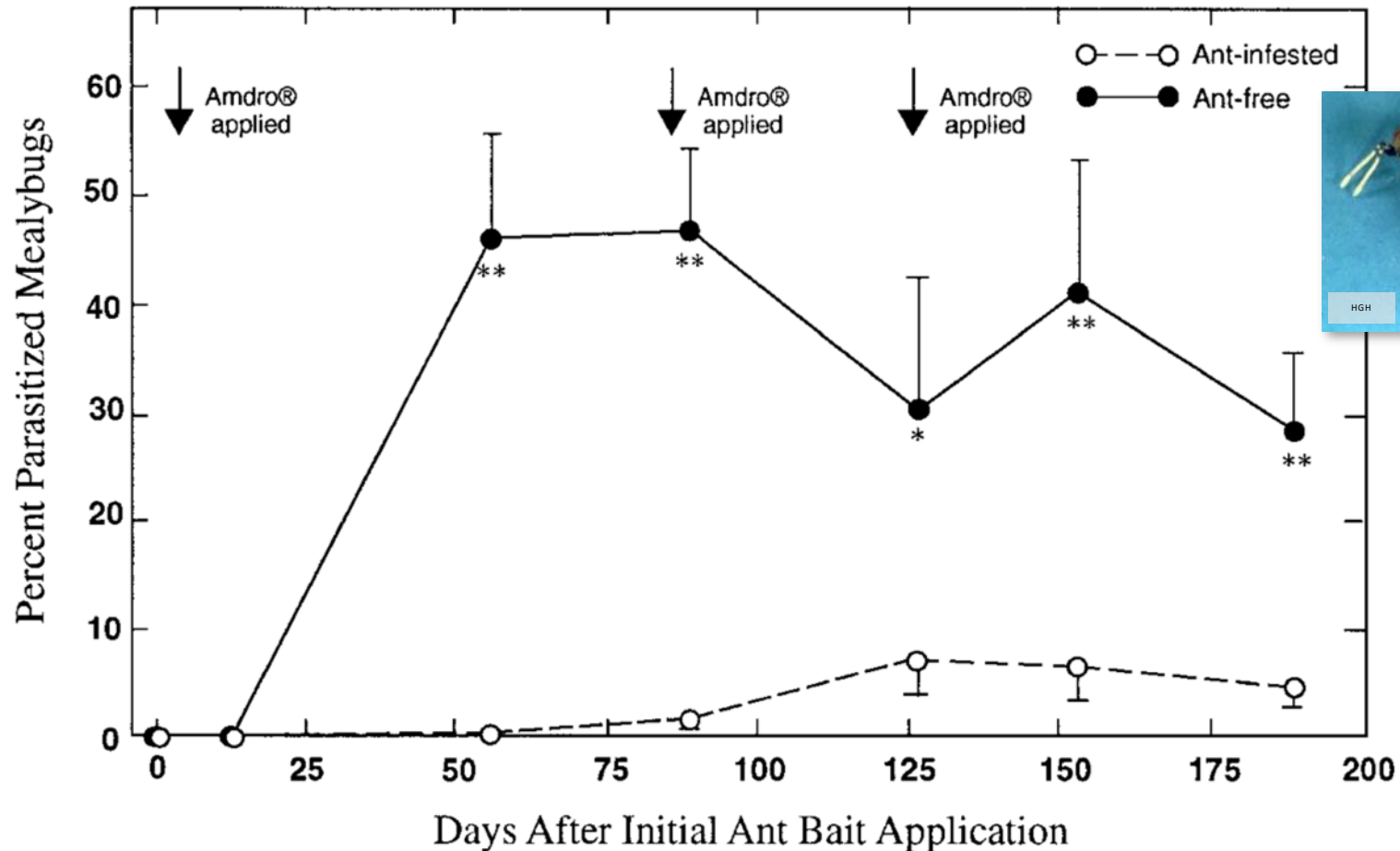
Hector González-Hernández,<sup>1</sup> Marshall W. Johnson,<sup>2</sup> and Neil J. Reimer<sup>3</sup>

*Department of Entomology, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii 96822*

Received September 25, 1998; accepted January 29, 1999



## 2. MÉTODO DE INTERFERENCIA: Biológica



Porcentaje de parasitismo por *Anagyrus ananatis* en *D. brevipes*/ planta de piña en parcelas con y sin hormiga *Pheidole megacephala*. Honolulu. HI, USA. González-Hernández *et al.*, 1999.



### 3. MÉTODO DE EXCLUSIÓN O DE “CAJA PAR”

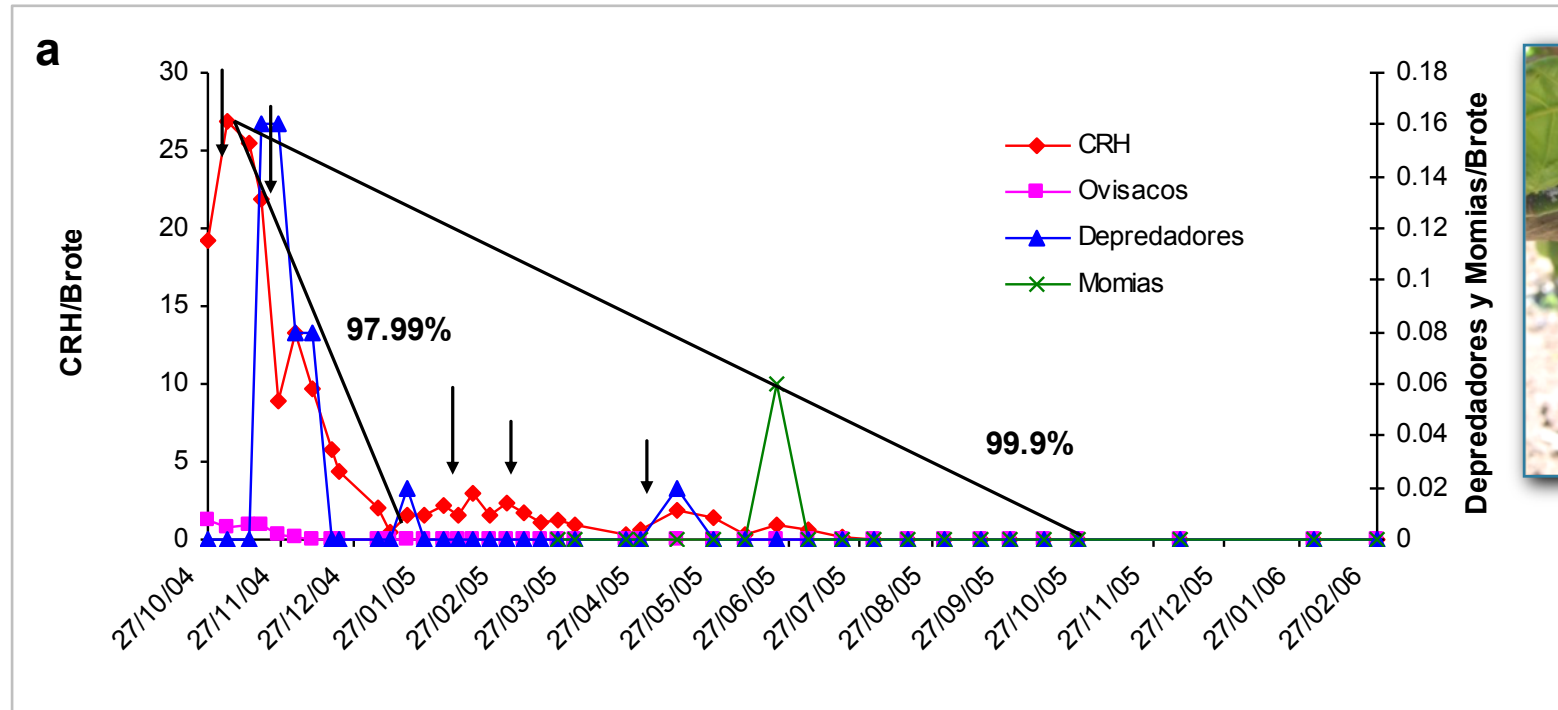
Eliminación y posterior exclusión de EN

- Plagas de bajo poder de dispersión
- Eliminación manual o con insecticidas de los EN y las plagas



### 3. MÉTODO DE EXCLUSIÓN O DE “CAJA PAR”

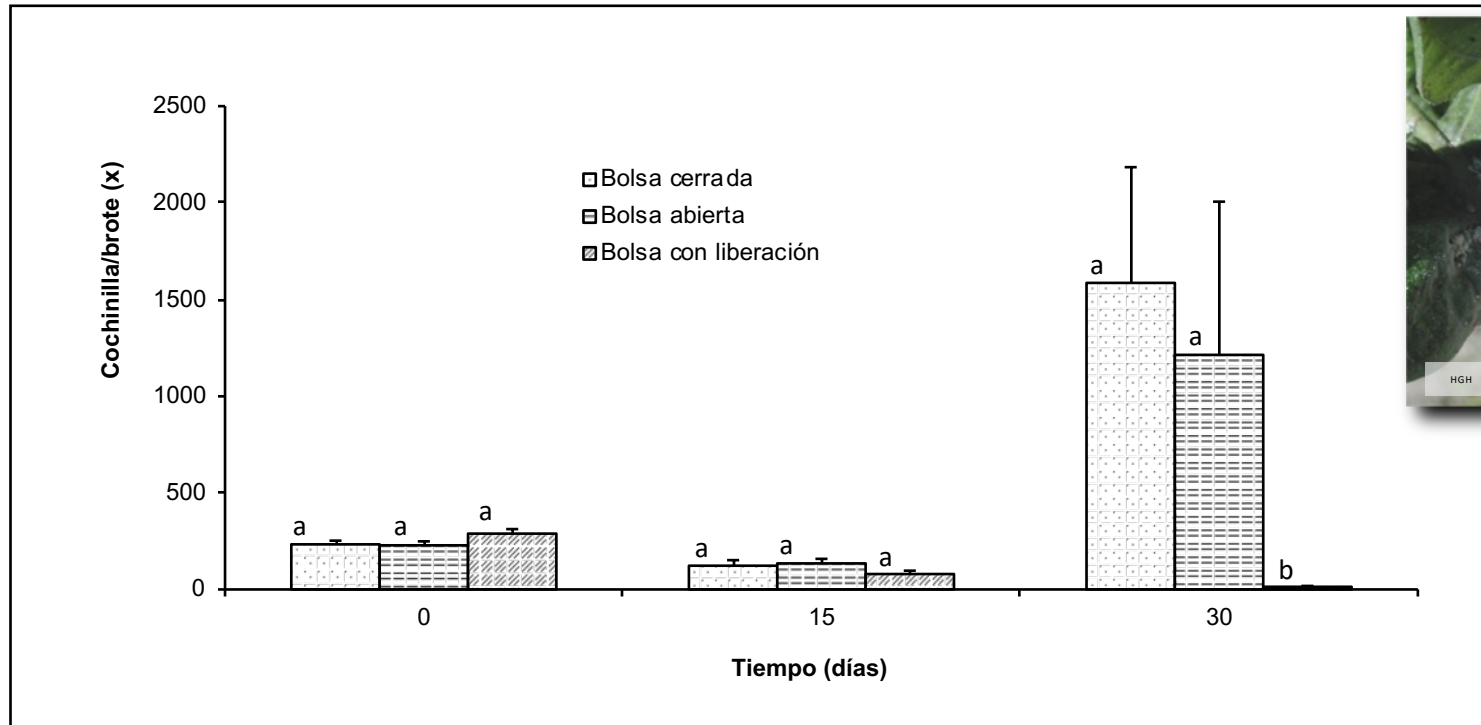
## COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE LA CRH Y CB CLÁSICO



CRH en brotes de yaca, Popotán, BB, Nay: Las flechas largas indican liberación de *C. montrouzieri* y las cortas liberación de *A. kamali*. García-Valente, 2008.



### 3. MÉTODO DE EXCLUSIÓN O DE “CAJA PAR”



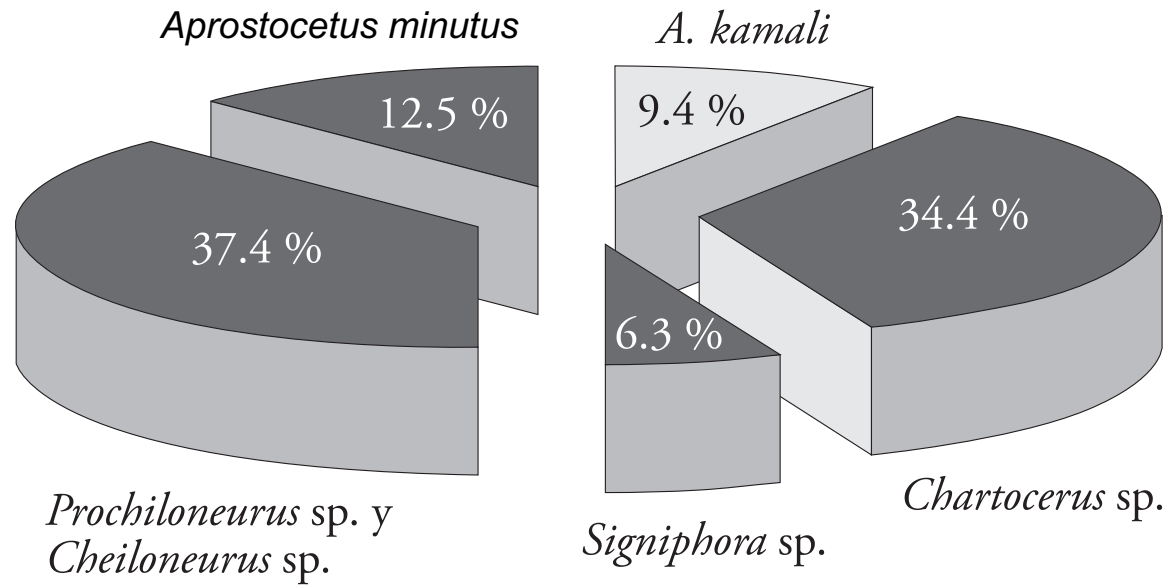
CRH (ninfas y adultos) en brotes de teca; pruebas de exclusión de enemigos naturales y parasitismo inducido con *A. kamali*. Fuente: García-Valente et al., 2009.

PARASITISMO NATURAL E INDUCIDO DE *Anagyrus kamali* SOBRE LA COCHINILLA ROSADA EN BROTES DE TECA, EN BAHÍA DE BANDERAS, NAYARIT  
NATURAL AND INDUCED PARASITISM OF *Anagyrus kamali* AGAINST PINK HIBISCUS MEALYBUG ON TEAK SHOOTS IN BAHIA DE BANDERAS, NAYARIT  
Félix García-Valente<sup>1</sup>, Laura D. Ortega-Arenas<sup>1\*</sup>, Héctor González-Hernández<sup>1</sup>, Juan A. Villanueva-Jiménez<sup>2</sup>, José López-Collado<sup>2</sup>, Alejandro González-Hernández<sup>3</sup>, Hugo C. Arredondo-Bernal<sup>4</sup>

\* Autor responsable v Author for correspondence.  
Recibido: Junio, 2008. Aprobado: Mayo, 2009.  
Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia 43: 729-738. 2009.



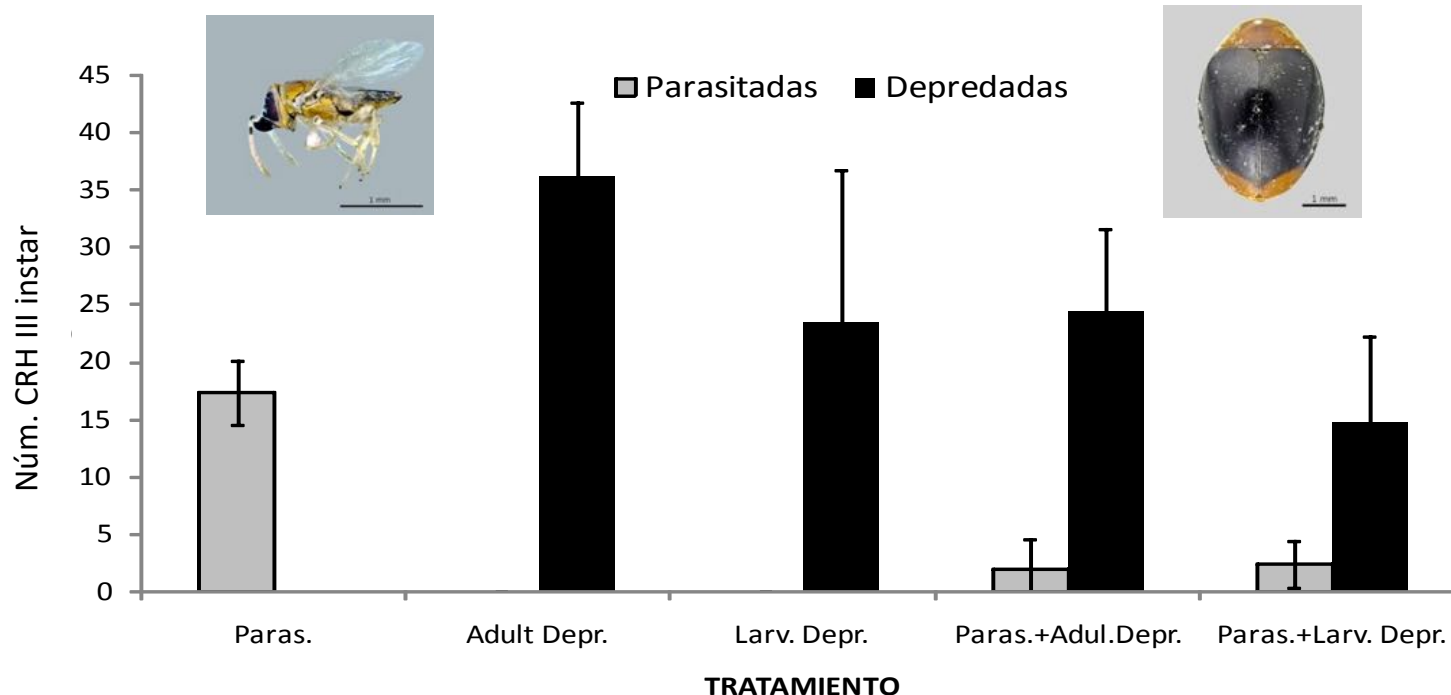
### 3. MÉTODO DE EXCLUSIÓN O DE “CAJA PAR”



Proporción de parasitoides primarios y secundarios emergidos de las momias de CRH colectadas en los brotes de teca con libre acceso de enemigos naturales, en Bahía de Banderas, Nayarit. Fuente: García-Valente et al., 2009.



### 3. MÉTODO DE EXCLUSIÓN O DE “CAJA PAR”



Parasitismo por *Anagyrus kamali* y depredación por adultos y larvas de *Cryptolaemus montrouzieri*, solos o en combinación sobre ninfas III de CRH (Hernández-Moreno et al., 2012). Imágenes por Jorge Valdez Carrasco, 2015.

Revista Colombiana de Entomología 38 (1): 64-69 (2012)

Efecto de *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) en la actividad parasitoide de *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae)

Effect of *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) in the parasitoid activity of *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae)

SALVADOR HERNÁNDEZ-MORENO<sub>1</sub>, HÉCTOR GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ<sub>2</sub>, J. REFUGIO LOMELI-FLORES<sub>1</sub>, ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA<sub>1</sub> y AGUSTÍN ROBLES BERMÚDEZ<sub>3</sub>





# Evaluación de Agentes de Control Biológico: Evaluación Económica

Campaña Fitosanitaria contra cochinilla rosada del hibisco. SENASCIA-SAGARPA, 2002-2010.

GOBIERNO FEDERAL		
SAGARPA		
Evaluación de Diseño, Procesos y Factibilidad Económica		
Campaña contra la Cochinilla Rosada del Hibisco		
<b>Cuadro V.20. Pérdidas potenciales en la producción del conjunto de hospedantes de la CRH de no haber estado en operación la campaña de 2002 a 2010</b>		
PERDIDAS POTENCIALES DE LOS CULTIVOS HOSPEDANTES DE NO HABER OPERADO LA CAMPAÑA CONTRA LA CRH DE 2002 A 2010		
FRUTO HOSPEDANTE	PERDIDA ESPERADA EN PRODUCCION	MILES DE TONELADAS
Guanábana	90%	99
Guayaba	50%	221
Jamaica	20%	4
Lima	5%	5
Limón	5%	360
Mango	40%	2,757
Naranja	5%	273
Otros cítricos	5%	2
Toronja	5%	38
Jaca	80%	3
<b>TOTAL</b>		<b>3,762</b>

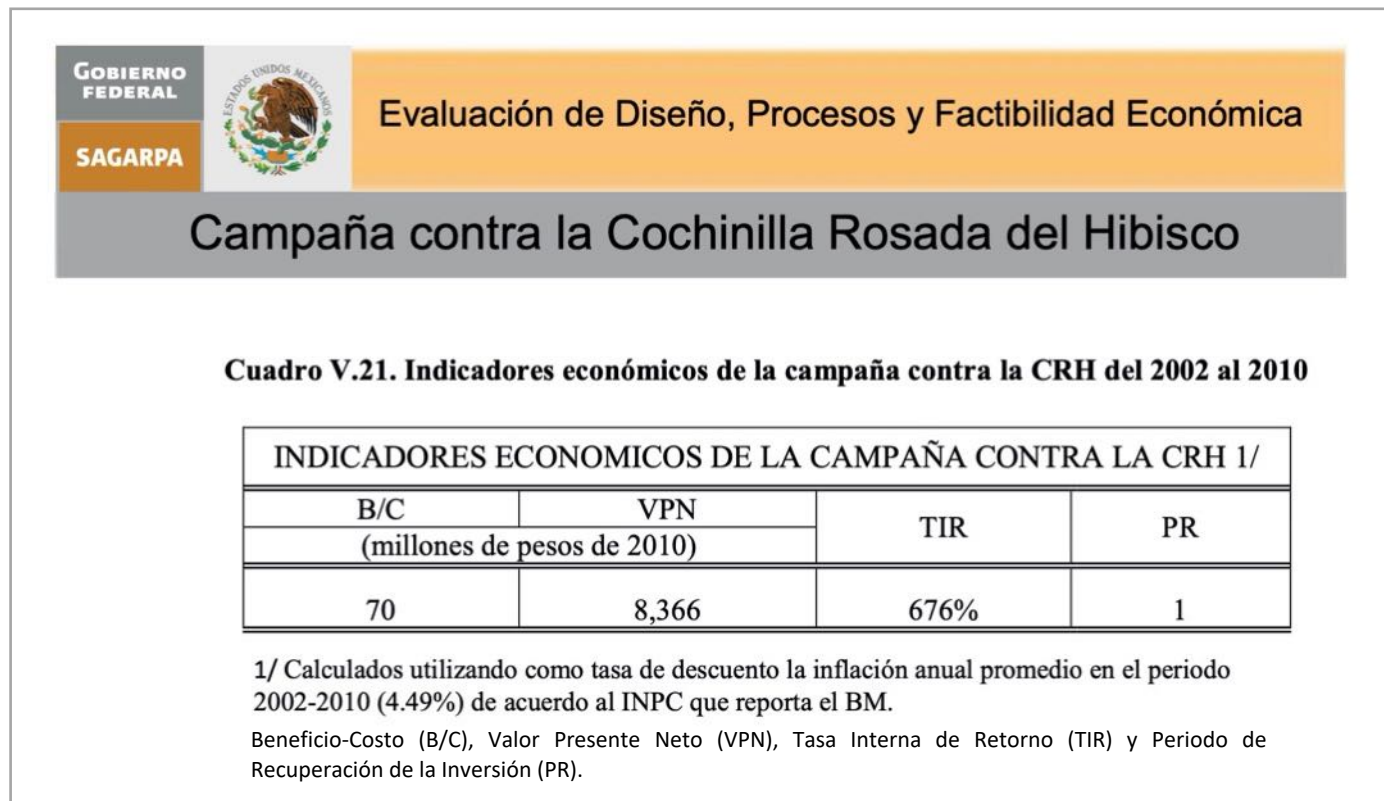
Fuente: Cálculos propios utilizando los porcentajes de pérdida esperada sugeridos por el especialista en la CRH (Hérmendez H., comunicación personal).

FUENTE: Salcedo et al., 2012. Evaluación de diseño, procesos y factibilidad económica de la Campaña contra Cochinilla Rosada del Hibisco. FAO-IICA, SAGARPA.



# Evaluación de Agentes de Control Biológico

Evaluación Económica. Campaña Fitosanitaria contra cochinilla rosada del hibisco. SENASCIA-SAGARPA, 2002-2010.



FUENTE: Salcedo et al., 2012. Evaluación de diseño, Procesos y factibilidad económica de la Campaña contra cochinilla rosada del hibisco. FAO-IICA, SAGARPA.



# Tablas de vida en la evaluación de agentes de control biológico



JM Valdez C & S Arias, 2019



# TABLAS DE VIDA

- Forma sinóptica de identificar las causas de mortalidad en algún momento de la vida de los individuos y atribuirla a una causa específica.
- Tipos de tablas de vida:
  - **Horizontal o de cohorte.** Seguimiento detallado de un grupo de individuos (cohorte) en el tiempo.
  - **Vertical.** Aplicable a una población estacionaria con traslapeo de generaciones.



# TABLAS DE VIDA & FERTILIDAD

- Manera sistemática de identificar el potencial de crecimiento de la población, se consideran factores de mortalidad, natalidad y proporción sexual.
- Es la base para calcular la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ) y el resto de parámetros poblacionales.



# Construcción de una tabla de vida y fertilidad y los parámetros poblacionales

$x$ = edad

- $l_x$ = proporción de hembras vivas al inicio de edad  $x$
- $m_x$ = fertilidad a edad específica. Hembras vivas nacidas por cada hembra en una edad específica.
- En la práctica a veces se asume una proporción sexual 50:50. Entonces  $m_x = N_x/2$  donde  $N_x$ = natalidad total por hembra edad  $x$
- **$R_0$ = Tasa neta de reproducción** (tasa de remplazo)
- $R_0 = \sum l_x m_x$

$x$	$l_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$x l_x m_x$
dias				
5	1.00	0	0	0
1.5	1.00	0	0	0
2.5	0.99	13.4	13.27	33.17
3.5	0.83	11.9	9.88	34.57
4.5	0.51	4.6	2.35	10.56
5.5	0.36	4.6	1.66	9.11
6.5	0	0	0	0
			27.15	87.40

*Aphis fabae* (Ravinovich, 1984)



# TABLAS DE VIDA

Chapter 8

## Life Tables as Tools of Evaluation and Quality Control for Arthropod Mass Production

Maribel Portilla,<sup>1</sup> Juan A. Morales-Ramos,<sup>1</sup> M. Guadalupe Rojas<sup>1</sup> and Carlos A. Blanco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Biological Control Laboratory, USDA-Agricultural Research Service, Stoneville, MS, USA. <sup>2</sup>USDA Animal and Plant Health Inspection Service, Riverdale, MD, USA

## Mass Production of Beneficial Organisms

Invertebrates and Entomopathogens

Edited by

**Juan A. Morales-Ramos**

USDA-ARS  
National Biological Control Laboratory  
Stoneville, MS, USA

**M. Guadalupe Rojas**

USDA-ARS  
National Biological Control Laboratory  
Stoneville, MS, USA

**David I. Shapiro-Ilan**

USDA-ARS, SAA  
SE Fruit and Tree Nut Research Unit  
Byron, GA, USA



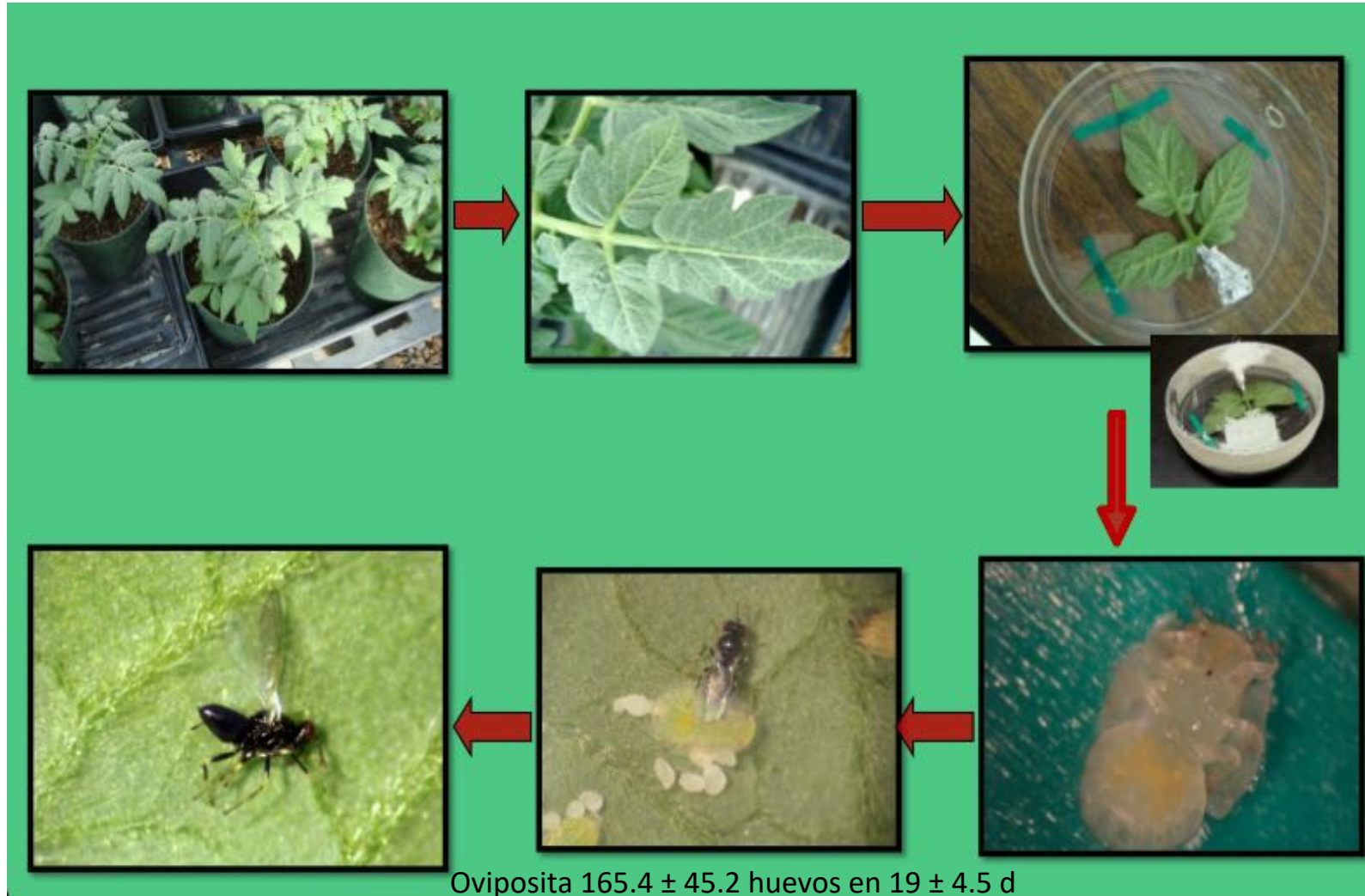
ELSEVIER

AMSTERDAM • BOSTON • HEIDELBERG • LONDON  
NEW YORK • OXFORD • PARIS • SAN DIEGO  
SAN FRANCISCO • SINGAPORE • SYDNEY • TOKYO

Academic Press is an imprint of Elsevier



# Fecundidad de *Tamarixia triozae* (Rojas et al., 2014)





**Table 2** Life table parameters calculated for *Tamarixia triozae* reared on *Bactericera cockerelli* on tomato in comparison with its host reared on two host plants under laboratory conditions [ $26.7 \pm 2$  °C,  $75 \pm 5$  % RH and 14:10 h (L:D) h]

Parameters	<i>Tamarixia triozae</i> parasitizing <i>B. cockerelli</i> on tomato	<i>Bactericera cockerelli</i>	
		Eggplant	Pepper
Net reproductive rate ( $R_0$ )	130.9 (113.1–148.7)	84.5 (56.4–112.7)	59.0 (29.6–88.4)
Intrinsic rate of increase ( $r_m$ )	0.260 (0.25–0.27)	0.110 (0.106–0.114)	0.087 (0.076–0.098)
Mean generation time ( $T$ ), day	18.7 (17.8–19.7)	40.5 (38.2–42.9)	46.8 (37.9–55.7)
Doubling time ( $DT$ ) day	2.7 (2.6–2.8)	6.3 (6.1–6.5)	7.9 (6.9–8.9)
Finite rate of increase ( $\lambda$ ) day	1.3 (1.2–1.3)	1.1 (1.11–1.12)	1.1 (1.08–1.10)

Data for *B. cockerelli* were taken from Yang and Liu (2009). In both studies life table parameters and confidence levels (95 %,) were calculated using the SAS programme of Maia et al. (2000) with Jackknife estimations

- *Tamarixia triozae* tiene un potencial reproductivo más grande (0.26) comparado con *B. cockerelli* (0.11 y 0.087) en berenjena y chile

BioControl  
DOI 10.1007/s10526-014-9625-4

## Biology and life history of *Tamarixia triozae*, a parasitoid of the potato psyllid *Bactericera cockerelli*

Patricia Rojas · Esteban Rodríguez-Leyva ·  
J. Refugio Lomeli-Flores · Tong-Xian Liu



# TABLAS DE VIDA VERTICAL



Imágenes por JR Lomelí-Flores

Minador de la hoja del café *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lep., Lyonetiidae)



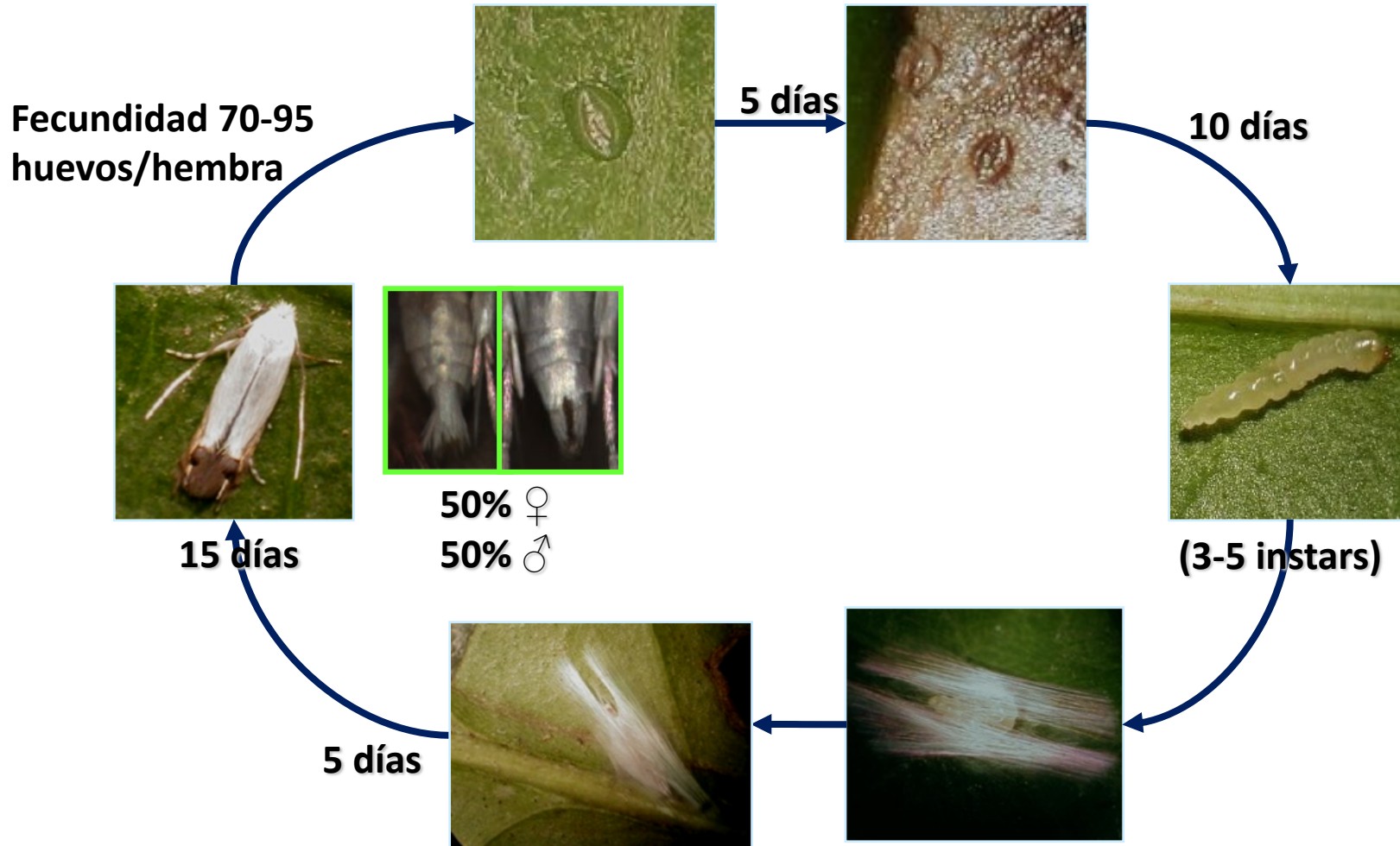
# TABLAS DE VIDA VERTICAL O ESTÁTICA

- Reflejan solo las causas y tasas de mortalidad que actúan antes de muestrear
- Suposición: población estática
  - Distribución estable de edades
  - Todas las causas de mortalidad son concurrentes
  - La importancia de los distintos factores de mortalidad es constante en el tiempo
  - Distribución estable de sexos
- Las mismas suposiciones aplican a tablas de vida de cohorte cuando ocurre  $> 1$  generación por año
- Por lo general, se requieren calcular múltiples tablas de vida



# Ciclo de vida

Minador de la hoja del café *Leucoptera coffeella*



Imágenes por JR Lomelí-Flores



# *Leucoptera coffeella*: Factores de mortalidad

---



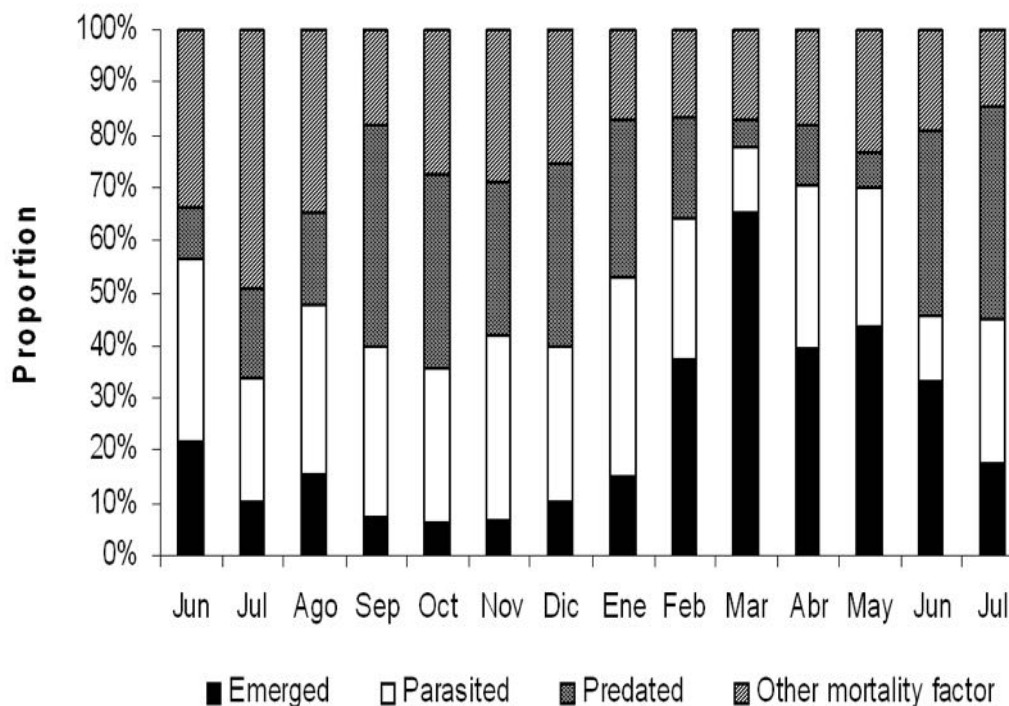
Imágenes por JR Lomelí-Flores



# Uso de tablas de vida para comparar factores de mortalidad en el tiempo



**Factores de mortalidad en MHC**



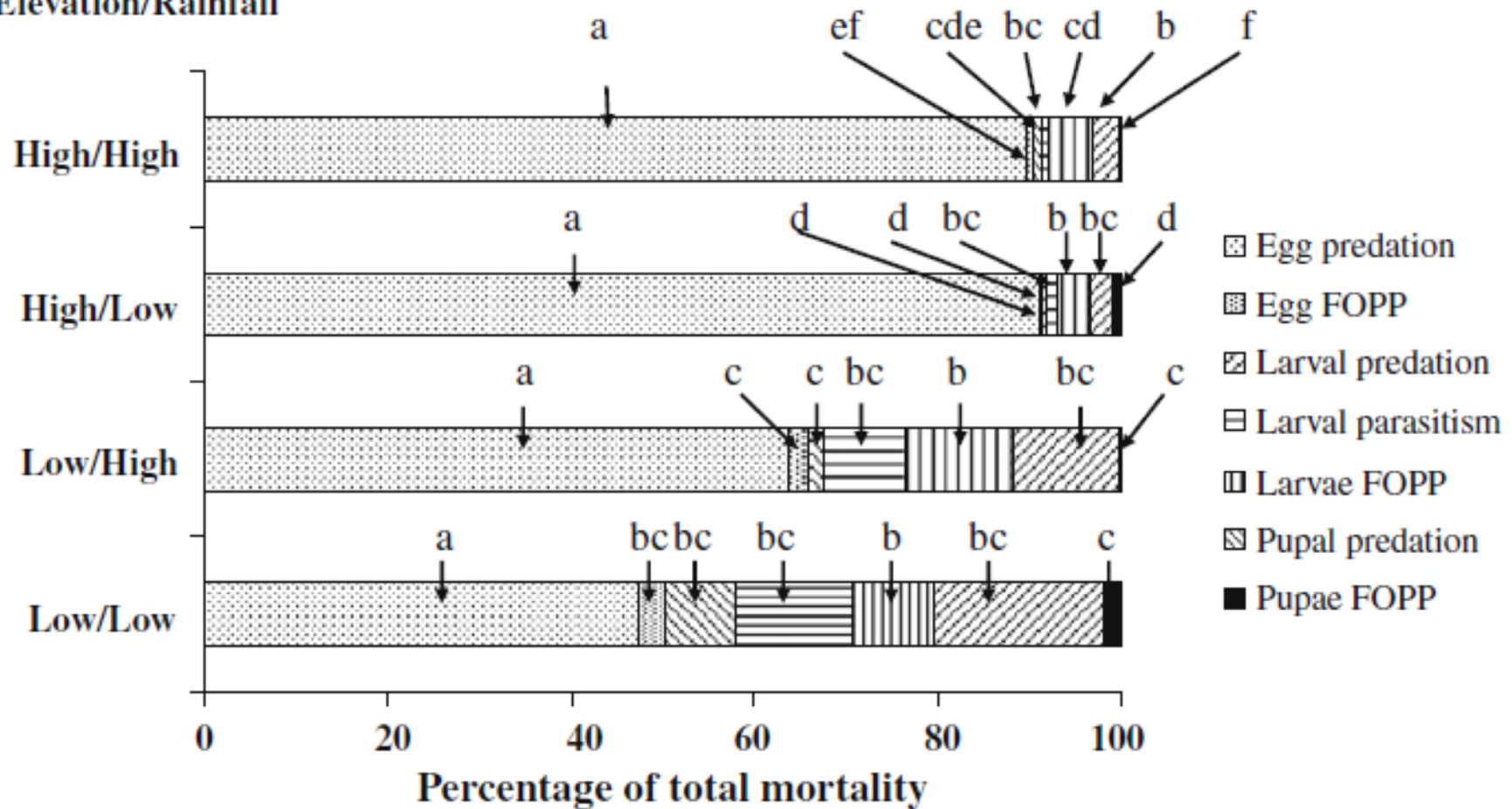
Imágenes por JR Lomelí-Flores



# Comparación entre poblaciones

*J.R. Lomeli-Flores et al./Biological Control 51 (2009) 51–60*

Elevation/Rainfall



# CONCLUSIONES: EVALUACIÓN EN CAMPO DE ENEMIGOS NATURALES

- El nivel de parasitismo o depredación, no es el mejor indicador de efectividad de un EN, es necesario evaluar experimentalmente el papel de cada EN en la regulación o supresión de la plaga
- Los métodos experimentales de evaluación sólo explican la efectividad de un enemigo natural
- Los métodos de evaluación más usados: adición, interferencia y exclusión





# AGRADECIMIENTOS

Al Comité Directivo de la Sociedad Mexicana de Control Biológico, A.C.



J.M. Valdéz C. & H. González H., 2015

hgzzhdz@colpos.mx