

WEBINARIO ceiA3 - INNOVAGRO



Resultados del Proyecto agroMIS- Implementación de sistemas de control biológico en invernaderos

Prof. Tomás Cabello. Catedrático de Zoología.
Dpto. Biología y Geología, Escuela Superior de Ingeniería
Universidad de Almería, España



16 junio de 2022

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

1. Introducción los sistemas de control biológico de plagas en invernaderos de Almería

2. Problemática actual y objetivos del proyecto agroMIS

3. Principales resultados del proyecto agroMIS

3.1. Metodología utilizada

3.2. Resultados sobre el tema

1. Introducción

Principales cultivos en invernaderos de Almería y uso del control biológico



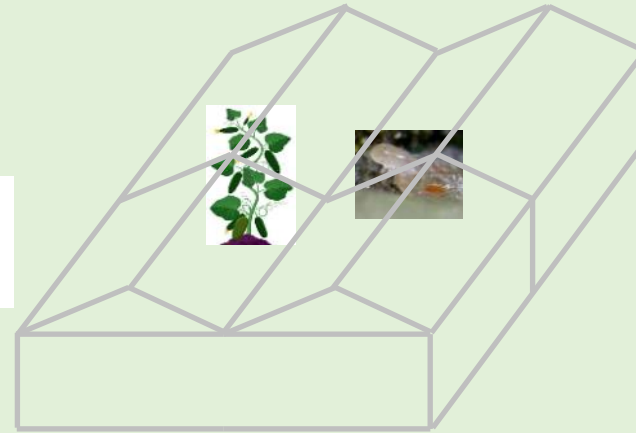
Pimiento
(≈ 100%)



Tomate
(85%)



Pepino - Berenjena
(70%)

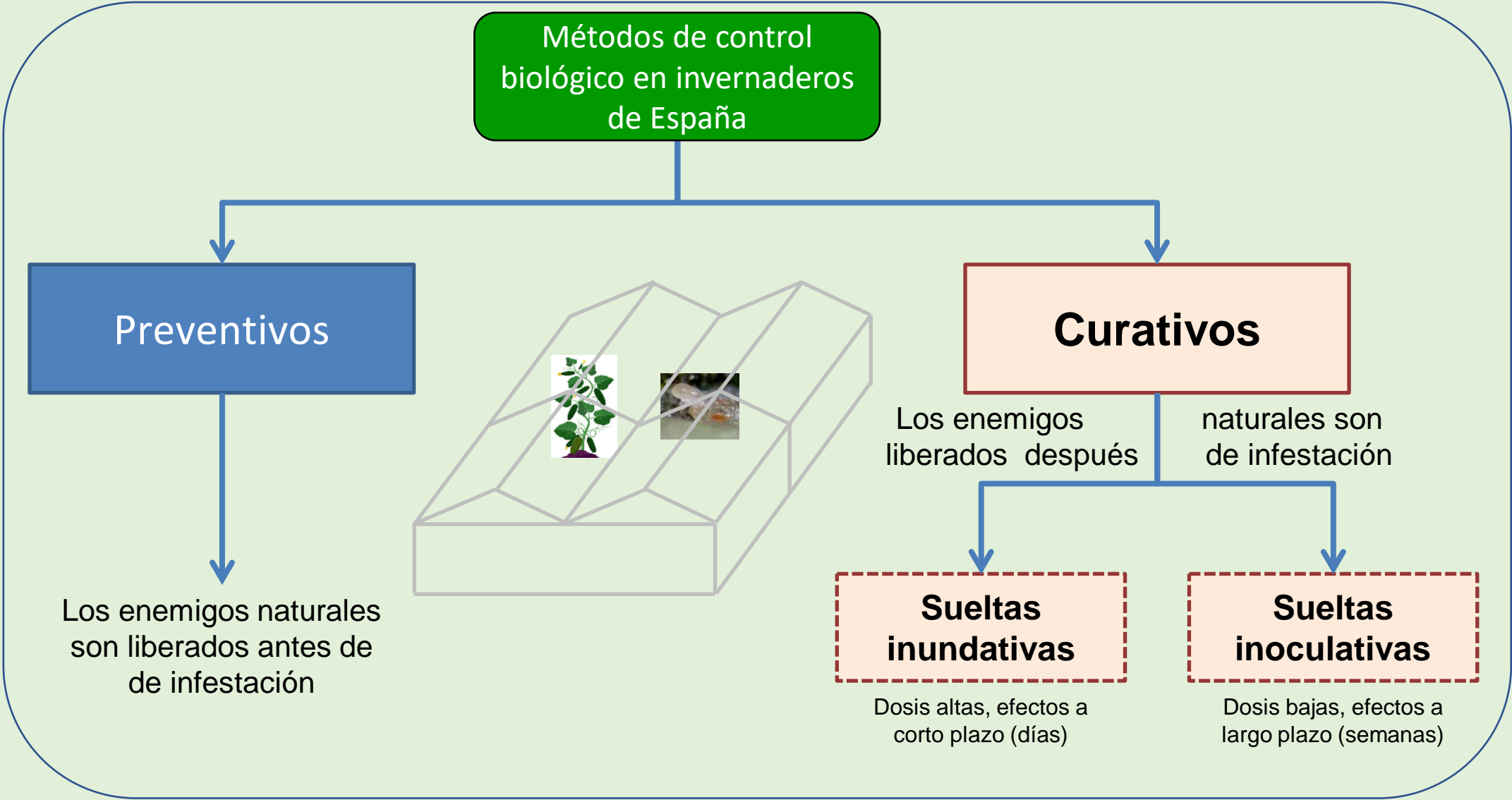


Melón – Sandía -
Calabacín
(30%)



Fuente: COEXPHAL

1. Introducción



Fuente: Vila & Cabello (2014)

1. Introducción

Tipo	Entomófago	Régimen alimenticio	Principales plagas controladas	Método de control biológico			Notas
				Preventivo	Curativo		
					Inoculativo	Inundativo	
Ácaros depredadores	<i>Amblyseius swirskii</i>	Omnívoro verdadero (también se alimenta de polen)	Moscas blancas, thrips	●(1)	●	●	(1) Seltas con presa de cría y polen
	<i>Noesoeilus cucumeris</i>	Omnívoro verdadero (también se alimenta de polen)	Thrips	●(1)	●	●	
	<i>N. californicus</i>	Zoófago - olífago	Arañas rojas	●(1)	●	●	
	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Zoófago - olífago	Arañas rojas	—	●	●	—
Insectos depredadores	<i>Aphidoletes aphidimiza</i>	Zoófago - olífago	Áfidos	—	●	●	—
	<i>Adalia bipunctata</i>	Zoófago - olífago	Áfidos	—	—	●	—
	<i>Chrysoperla carnea</i>	Zoófago - olífago	Áfidos	—	●	●	—
	<i>Orius laevigatus</i>	Omnívoro verdadero (también se alimenta de polen)	Thrips	●(1)(2)	●	●	(2) Depredación intragremial en <i>A. swirskii</i>
	<i>Nesidiocoris tenuis</i>	Omnívoro verdadero (también se alimenta de planta)	Moscas blancas, thrips	●(3)	●	—	(3) Seltas en semillero con presa de cría
	<i>Machrolophus pygmaeus</i>	Omnívoro verdadero (también se alimenta de planta)	Moscas blancas, thrips	●(3)	●	—	
	<i>Nabis pseudoferus</i>	Zoófago - olífago	Áfidos, lepidópteros	—	—	●(4)	(4) Seltas en focos
	<i>Feltiella acarisuga</i>	Zoófago - olífago	Arañas rojas	—	●	●	—

Fuente: Vila & Cabello (2014)

1. Introducción

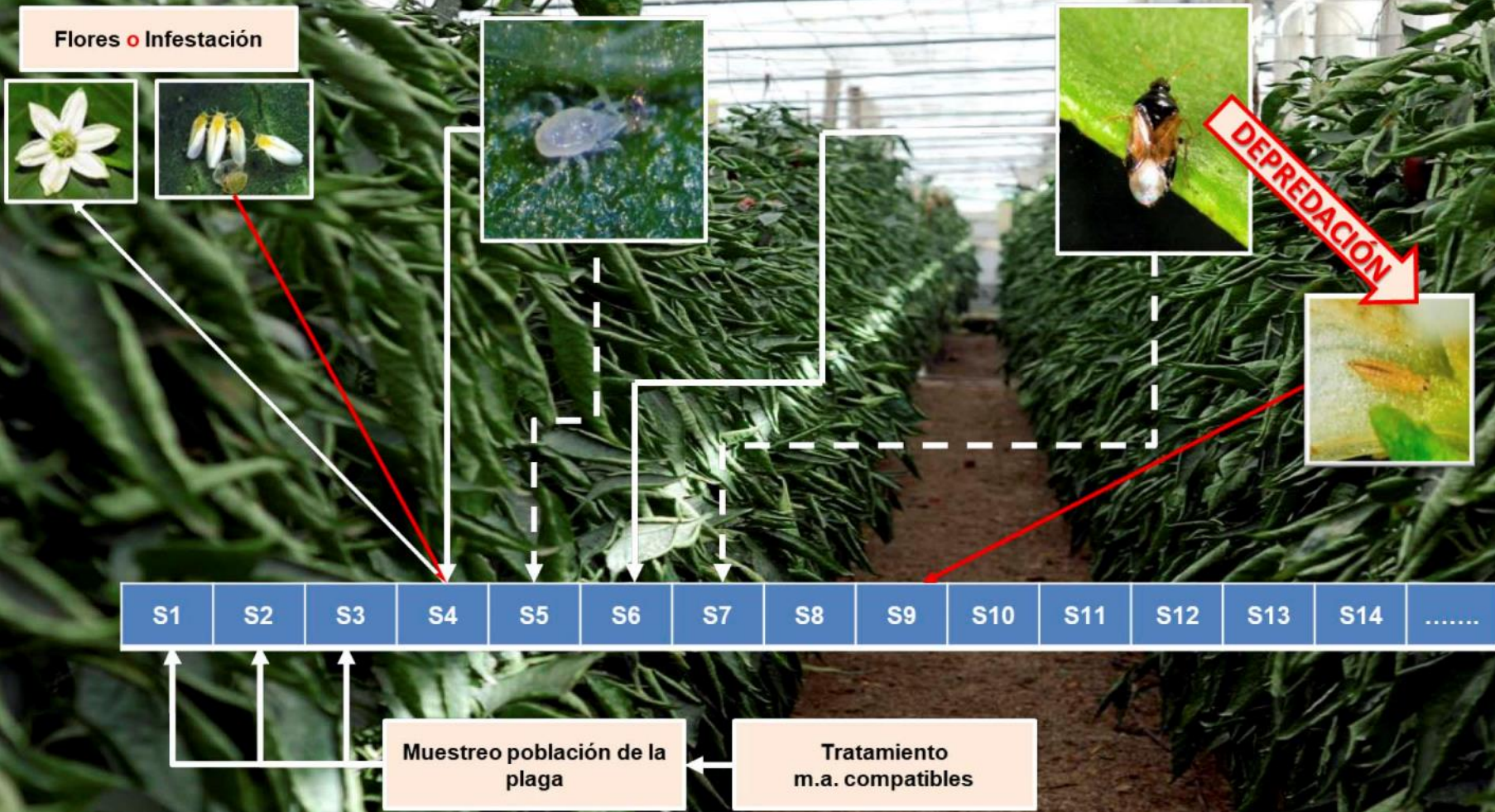
(Continuación)

Tipo	Entomófago	Régimen alimenticio	Principales plagas controladas	Método de control biológico			Notas
				Preventivo	Curativo		
					Inoculativo	Inundativo	
Parasitoides	<i>Aphidius colemani</i>	Parasitismo (estado: larva)	Áfidos	•(5)	•	•	(5) Banker plants
	<i>A. ervi</i>		Áfidos	•(5)	•	•	
	<i>A. matricariae</i>		Áfidos	•(5)	•	•	
	<i>Dacnusa sibirica</i>		Minadores de hojas	—	—	•	—
	<i>Diphyphus isaea</i>		Minadores de hojas	—	•	•	—
	<i>Encarsia formosa</i>		Moscas blancas	—	•	•	—
	<i>Eretmocerus mundus</i>		Moscas blancas	—	•	•	—
	<i>E. eremicus</i>		Moscas blancas	—	•	•	—
	<i>Trichogramma achaeae</i>		Lepidópteros	—	•	•	—

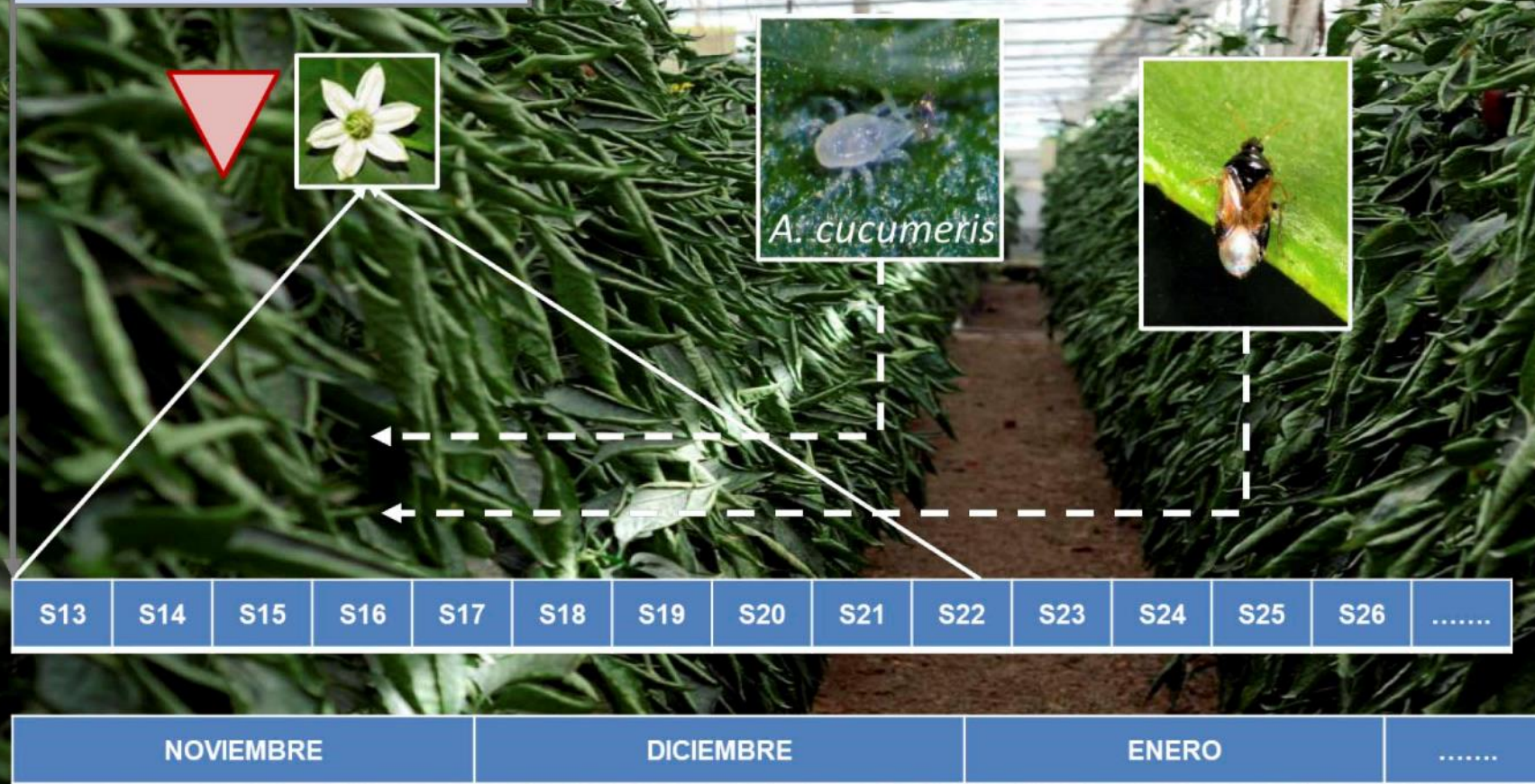
Fuente: Vila & Cabello (2014)

Pimiento





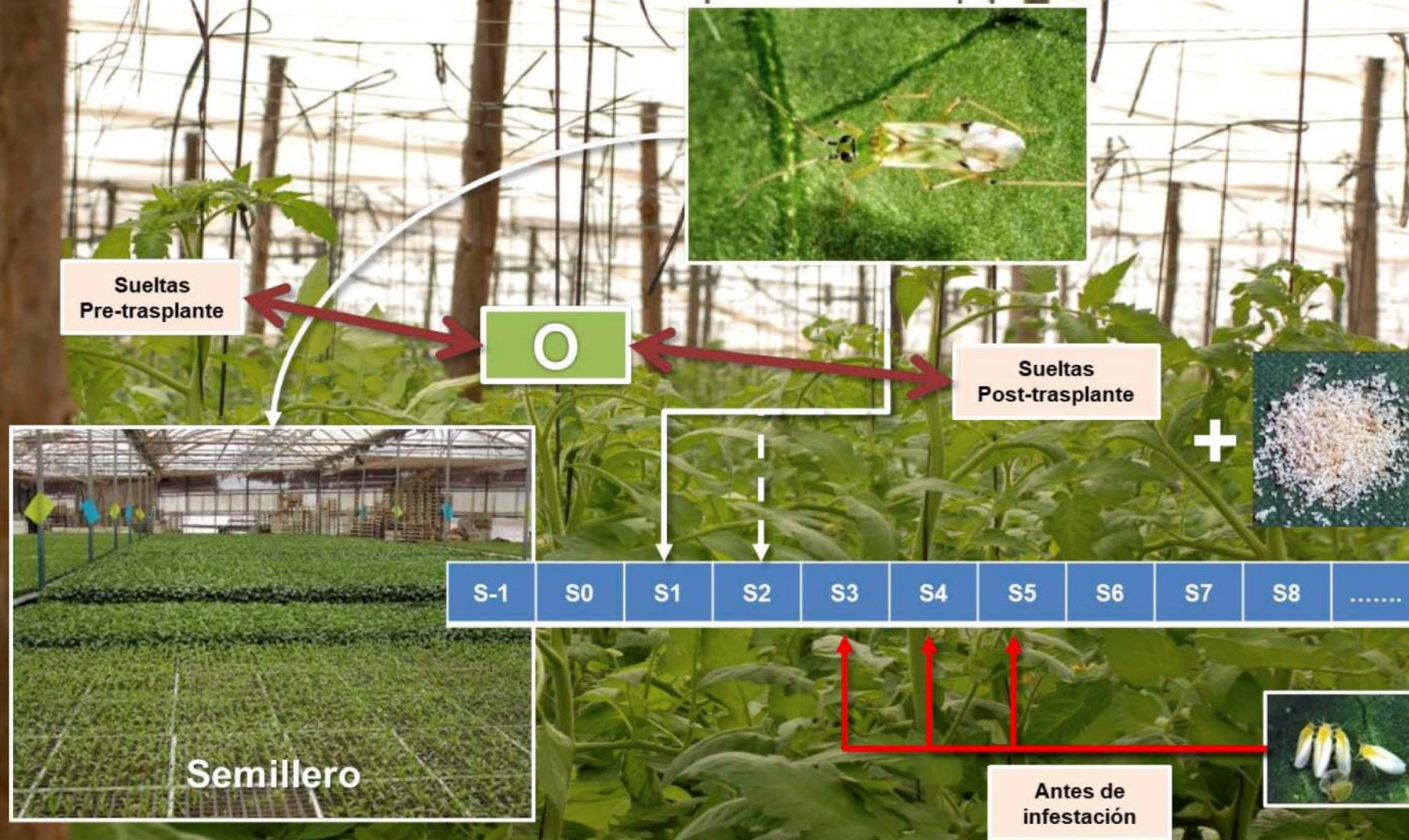
TRAMPAS AZULES



1. Introducción

Tomate







Trichogramma achaeae



AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

1. Introducción los sistemas de control biológico de plagas en invernaderos de Almería

2. Problemática actual y objetivos del proyecto agroMIS

3. Principales resultados del proyecto agroMIS

3.1. Metodología utilizada

3.2. Resultados sobre el tema

- Cultivos de ciclo corto
 - Problemas de establecimiento y colonización de ee.nn.
 - Cultivos de primavera y/o verano
- Nuevas especies plagas: autóctonas
- Nuevas especies plagas: exóticas (que puedan introducirse)

Proyecto **AgroMIS**: ceiA3 instrumento estratégico hacia un tejido productivo agroalimentario moderno innovador y sostenible: motor del territorio rural andaluz
(Universidades de Córdoba, Almería, Cádiz, Huelva, Jaén y el consorcio ceiA3)

Línea 2: Ecosistema práctico horticultura intensiva (UAL y UHU)

Actuación : Control biológico-implementación de sistemas de control biológico





Amblyseius swirskii



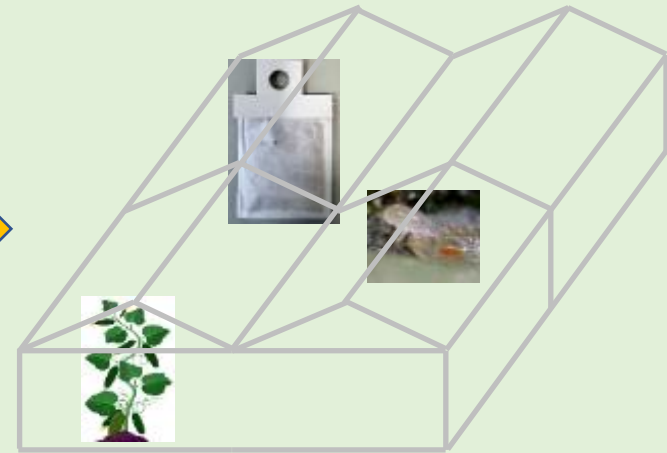
Carpoglyphus lactis



Sustrato



**SOBRES "a la carta"
(liberación lenta de ácaros
depredadores)**



2.2. Objetivos

AgroMIS: Control biológico- implementación de sistemas de control biológico

Actividades

- 1.- Realización de los ensayos en laboratorio con diferentes valores del ratio depredador-presa en "sobre a la carta" (y otros sistemas). Evaluación de la producción del sistema
- 2.- Adaptación del modelo matemático depredador-presa, previamente desarrollado, con los datos encontrados en los ensayos de laboratorio
- 3.-Implementación del sistema productivo de "sobre a la carta" (y otros sistemas) para su utilización como sistema de liberación de depredadores en cultivos en invernadero
- 4.-Validación del modelo matemático usado en el sistema productivo en cultivos en invernaderos de verano-invierno
- 5.-Validación del modelo matemático usado en el sistema productivo en cultivos en invernaderos de invierno-primavera.
- 6.-Elaboración final de resultados y puesta a punto del sistema de la programación del sistema productivos en función del ciclo de cultivo en invernaderos comerciales

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

1. Introducción los sistemas de control biológico de plagas en invernaderos de Almería

2. Problemática actual y objetivos del proyecto agroMIS

3. Principales resultados del proyecto agroMIS

3.1. Metodología utilizada

3.2. Resultados sobre el tema

AgroMIS: Control biológico- implementación de sistemas de control biológico

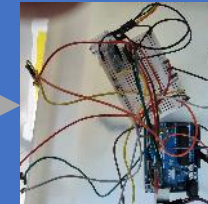
Metodología en laboratorio I



Evaluación del
contenidos en sobres



Registro de datos de
humedad relativa y
temperatura en sobres



ARDUINO©



Laboratorio

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

Metodología en laboratorio II



Evaluación de salidas de los ácaros

Efectos del régimen de H.R.



Laboratorio

Laboratorio

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico



Metodología en invernadero

Evaluación del
contenidos en sobres



Laboratorio

Efectos del régimen de
H.R. en plantas
(depredador-plagas)



Invernadero

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

1. Introducción los sistemas de control biológico de plagas en invernaderos de Almería

2. Problemática actual y objetivos del proyecto agroMIS

3. Principales resultados del proyecto agroMIS

3.1. Metodología utilizada

3.2. Resultados sobre el tema

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

Nuevos substratos (formulación) eficacia en el C.B.



**SOBRES (liberación
lenta de ácaros
depredadores)**

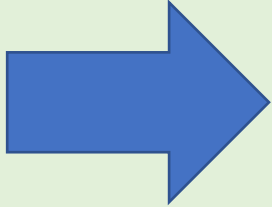
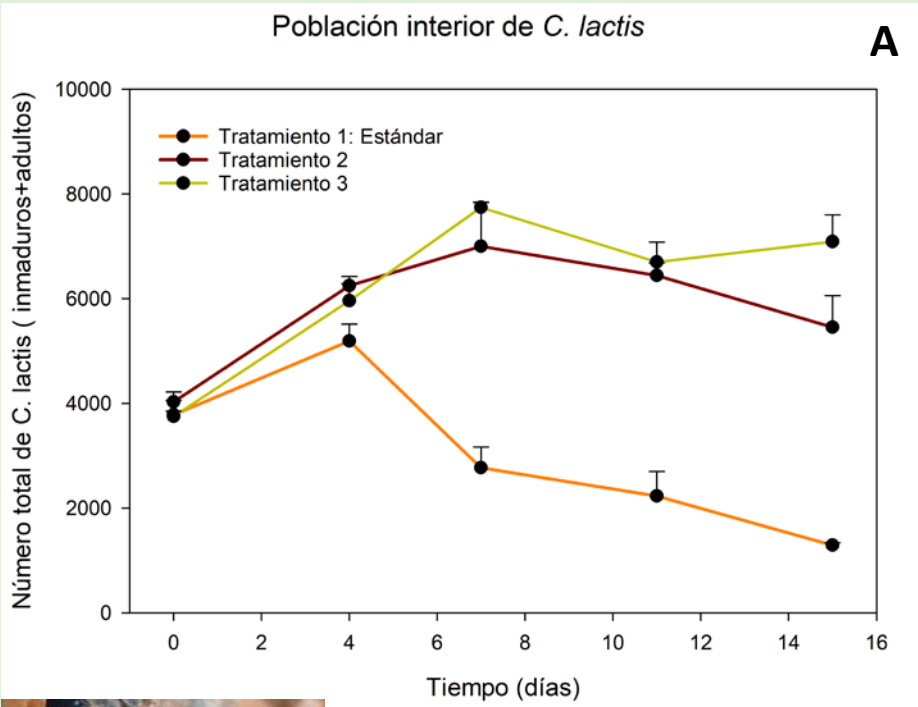
AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

¿Efectos de la nuevas formulaciones?



**-Condiciones de laboratorio
-Temp.: 25 °C, H.R.: 55-75%**

Figuras: Evolución de la población de *C. lactis* (A) y *A. swirskii* (B), en el interior de sobres de liberación, según sustrato, en condiciones de laboratorio



Formulado 1 (Estándar)

Formulado 2

Formulado 3

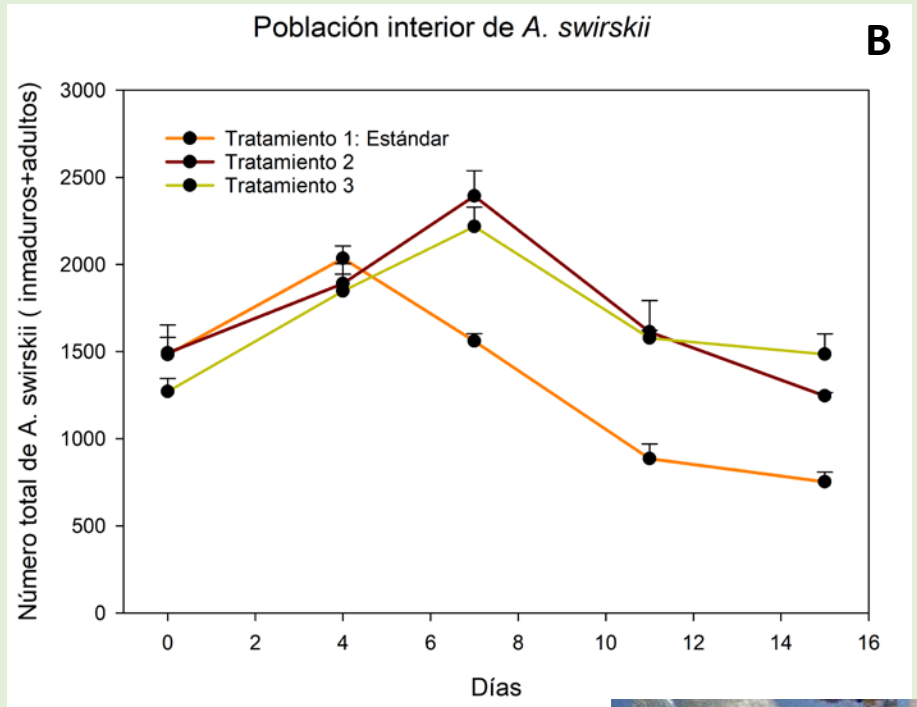
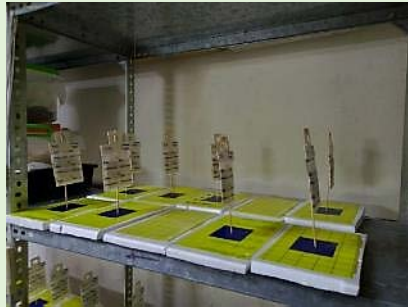


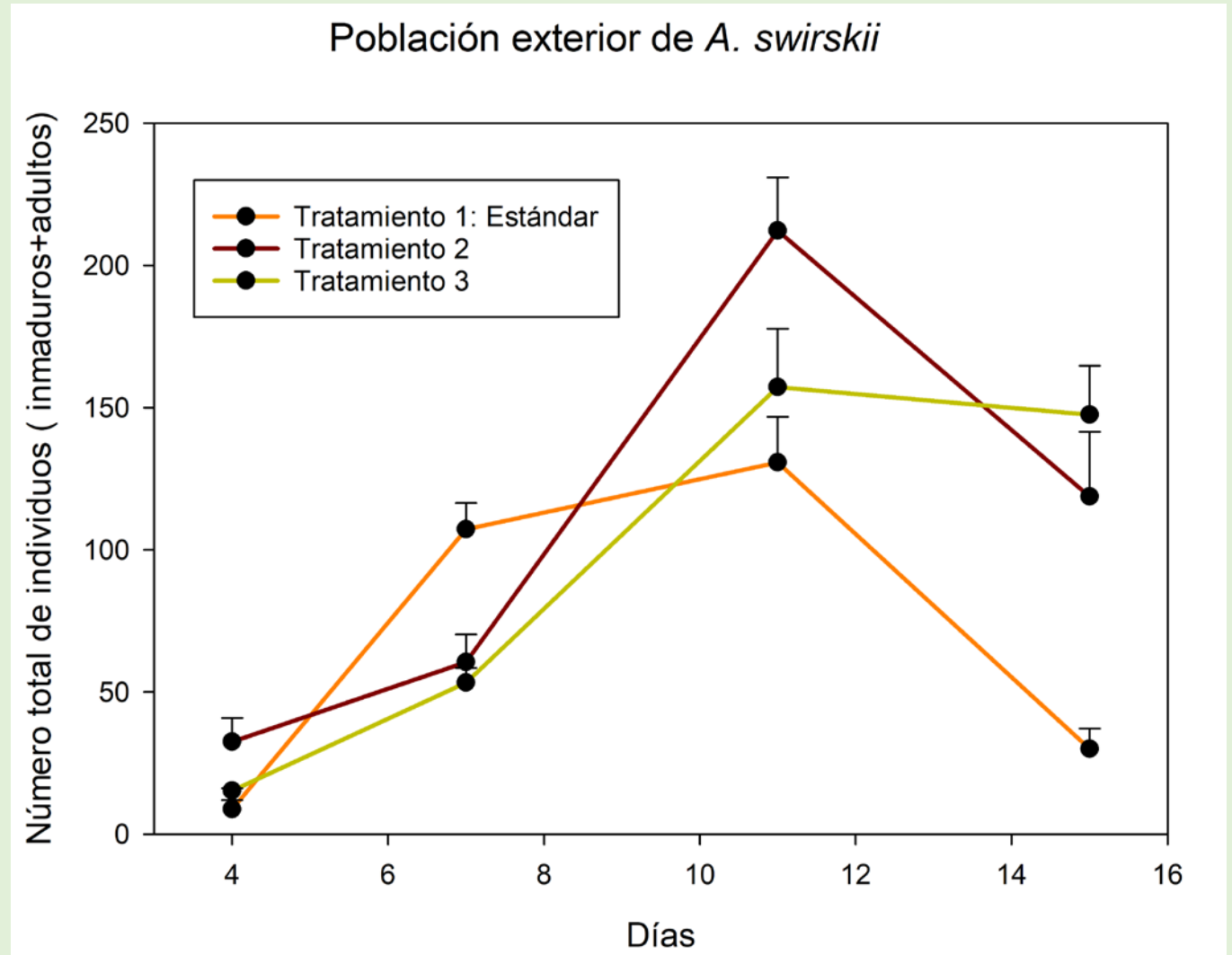
Figura: Perfil de liberación de *A. swirskii*, en sobres de liberación expuestos, a tres regímenes de humedad relativa en condiciones de laboratorio



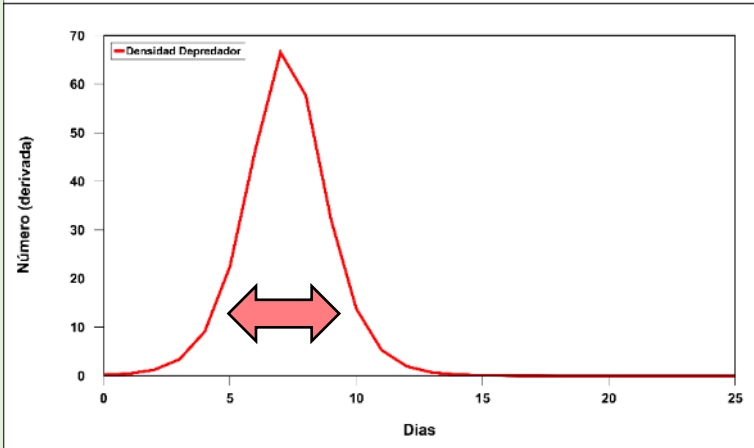
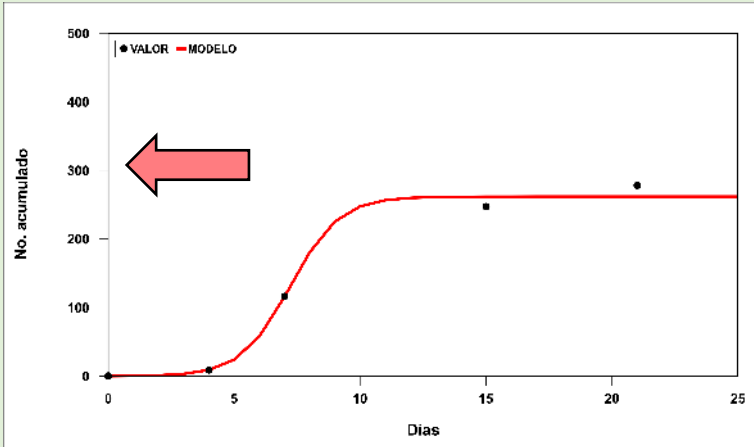
Formulado 1
(Estándar)

Formulado 2

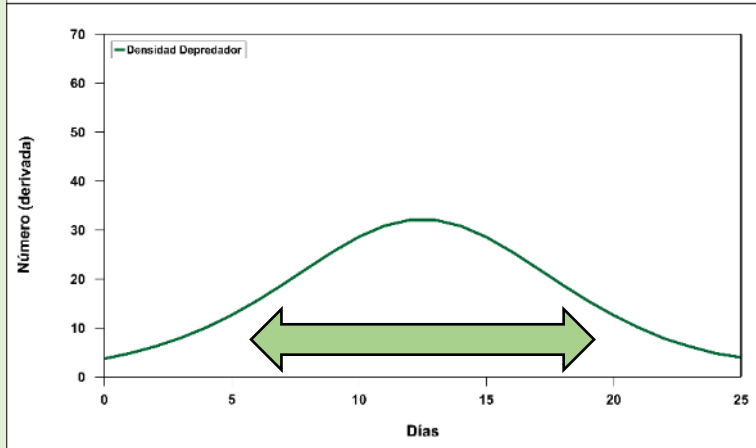
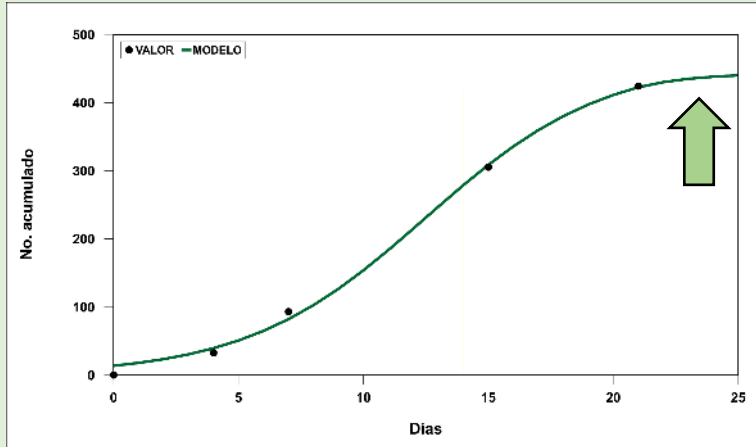
Formulado 3



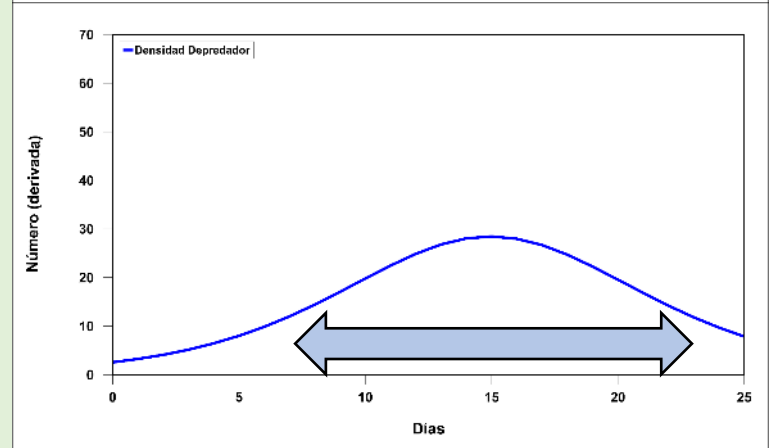
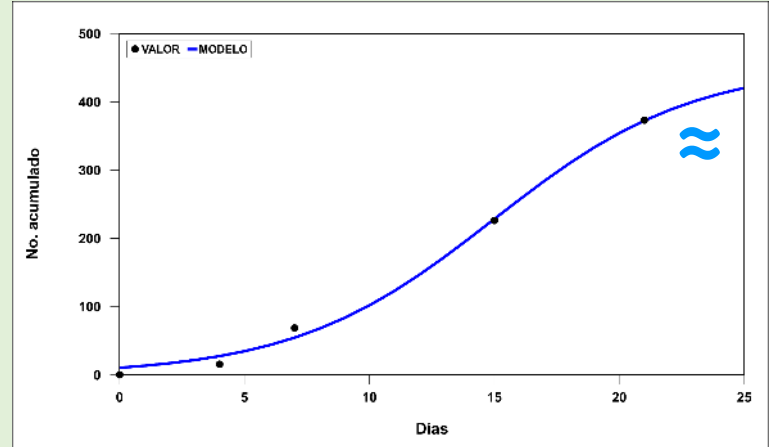
Modelos matemáticos: análisis de resultados



Formulado 01 Estándar



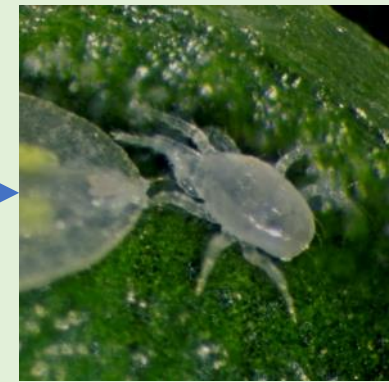
Formulado 02



Formulado 03

3.2. Resultados: Actividad 1

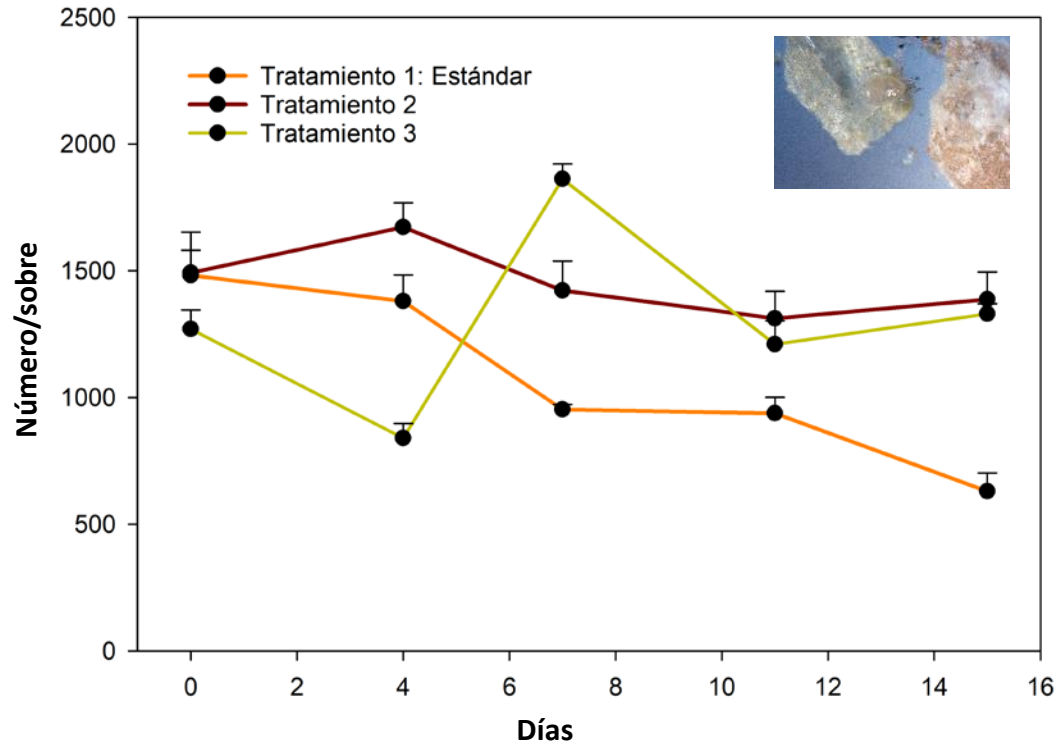
AgroMIS: Control biológico- implementación de sistemas de control biológico



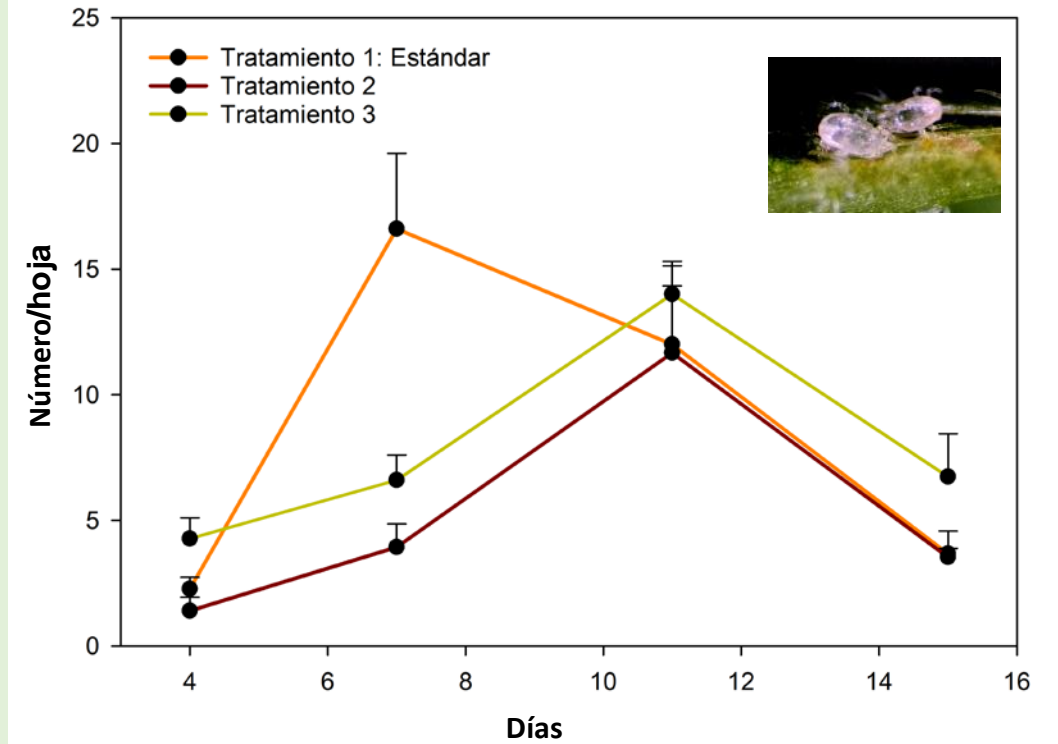
¿Qué sucede en la realidad: ensayo en invernadero?

3.2. Resultados: Actividad 1

Amblyseius swirskii población dentro del sobre



Amblyseius swirskii población en plantas



Formulado 1
(Estándar)

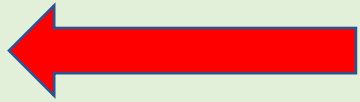
Formulado 2

Formulado 3

AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

Efectos del microclima del invernadero en la eficacia del C.B.

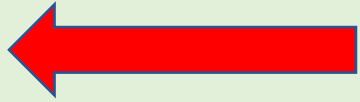
ARTRÓPODOS y MICROCLIMA



TEMPERATURA



HUMEDAD

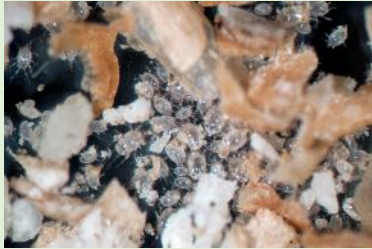


TEMPERATURA



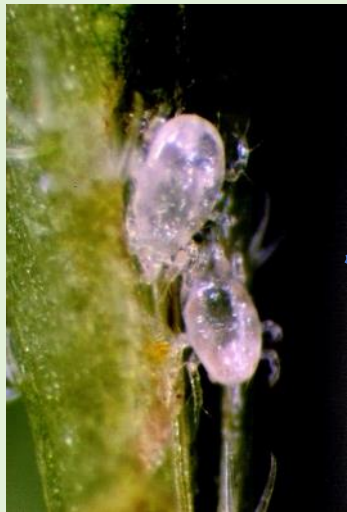
HUMEDAD





Carpoglyphus lactis

Okamoto, M. (1983) Studies on the environmental factors for the life cycle of *Carpoglyphus lactis*: 1. The effects of relative humidities on individual rearing. Jp. Soc. Med. Entomol. Zool., 35: 269-275



Amblyseius swirskii

Midthassel, S. et al. (2014) The effect of relative humidity and temperatura on predator release from an *Amblyseius swirskii* breeding sachet. IOBC-WPRS Bull., 102: 151-155.

Shimoda, T. et al. (2019). Moisturized sheltered are potentially useful for the effecient reléase of selected predators in a wide range of humidity environments. BioControl, 64: 65-75.

¿Efectos del régimen de humedad?



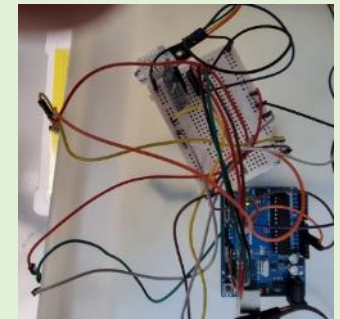
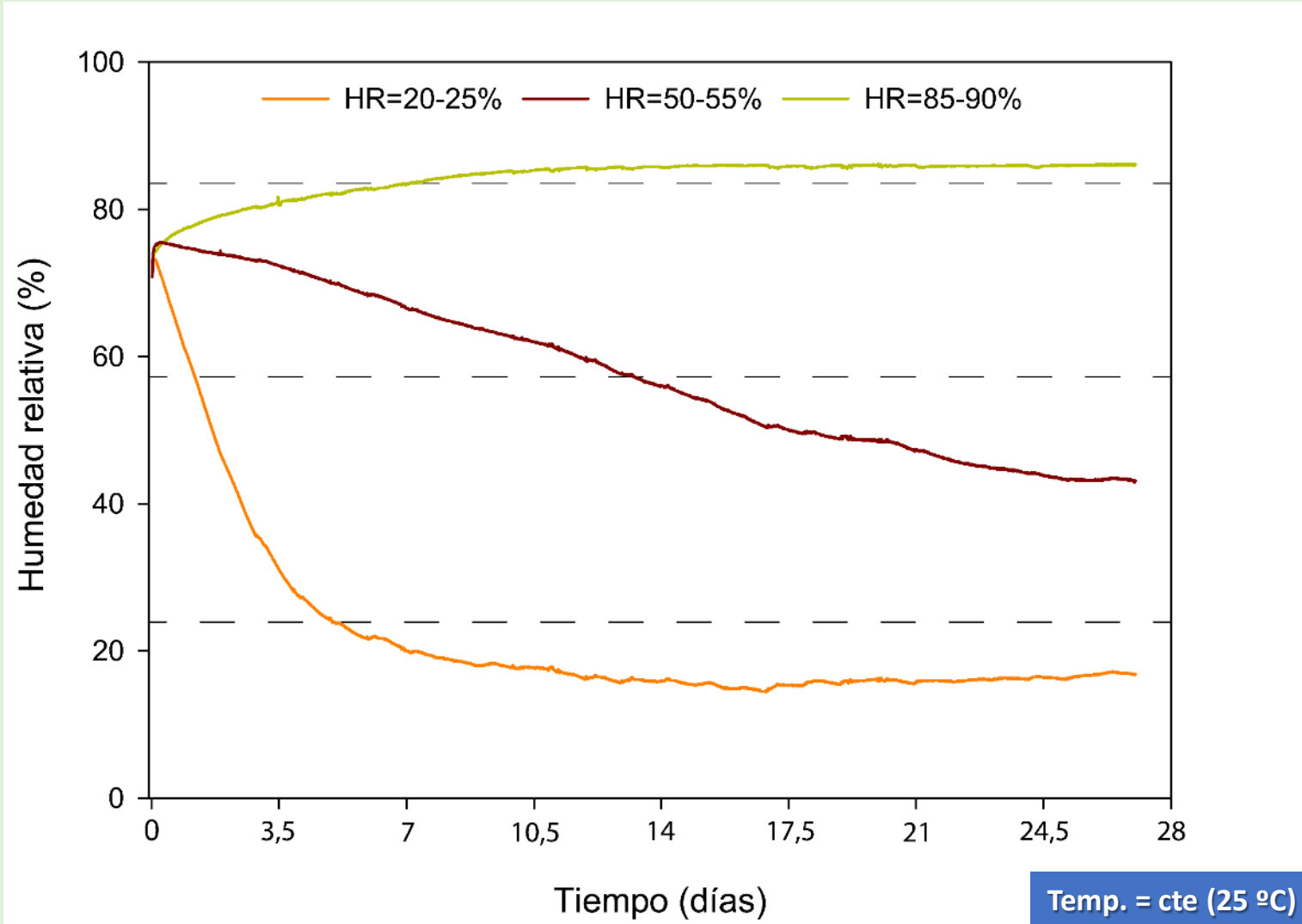
- Régimen variable (H.R.)
- Temperatura cte (25 °C)
- Condiciones de laboratorio

3.2. Resultados: Actividad 2

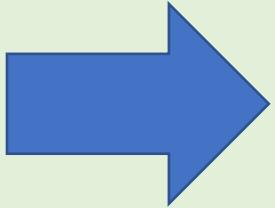
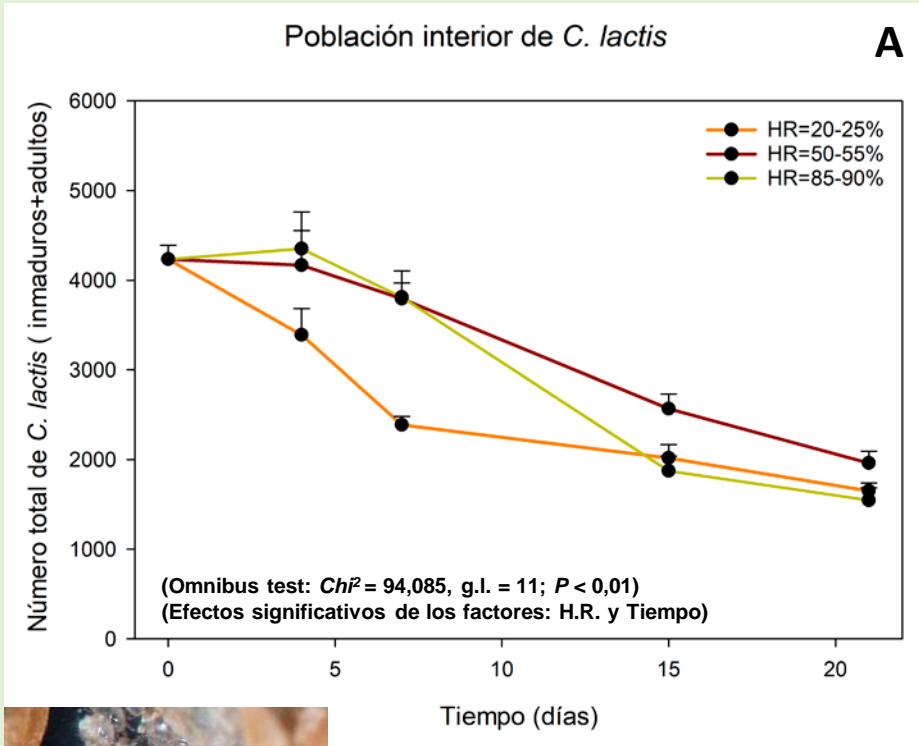
H.R.: ALTA

H.R.: MEDIA

H.R.: BAJA



Figuras: Evolución de la población de *C. lactis* (A) y *A. swirskii* (B), en el interior de sobres de liberación, expuestos a tres regímenes de humedad relativa en laboratorio



H.R.: ALTA

H.R.: MEDIA

H.R.: BAJA

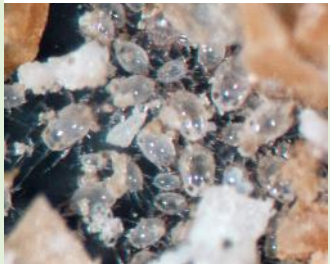
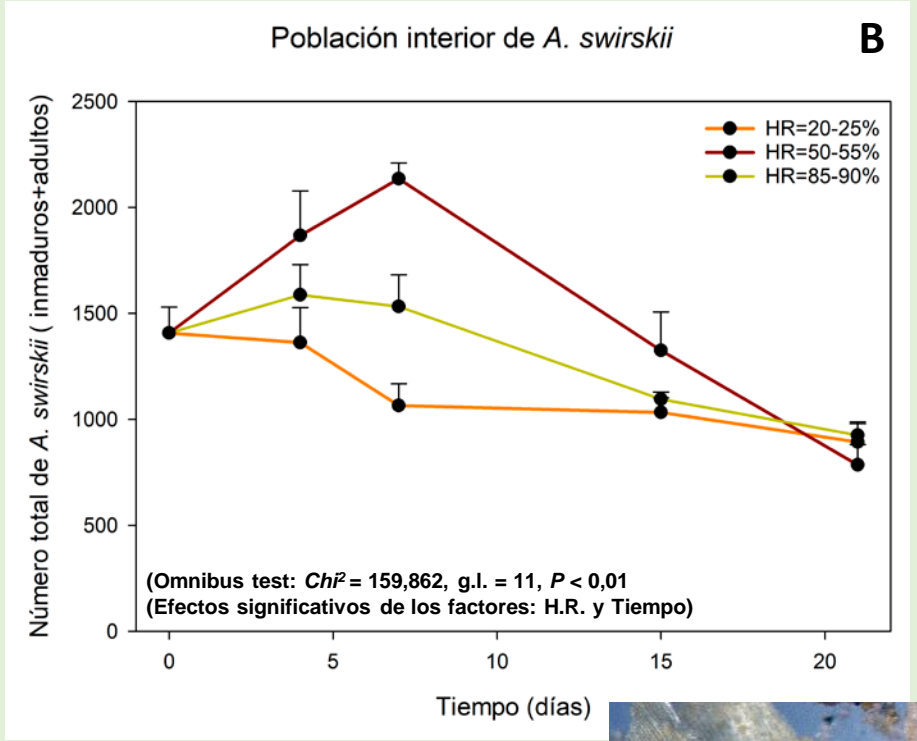
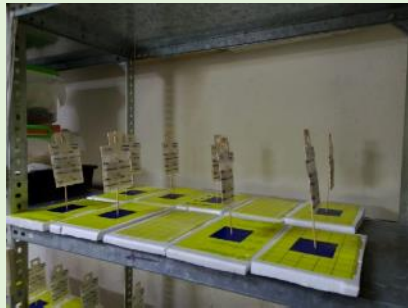


Figura: Perfil de liberación de *A. swirskii* en sobres de liberación, expuestos a tres regímenes de humedad relativa, en condiciones de laboratorio

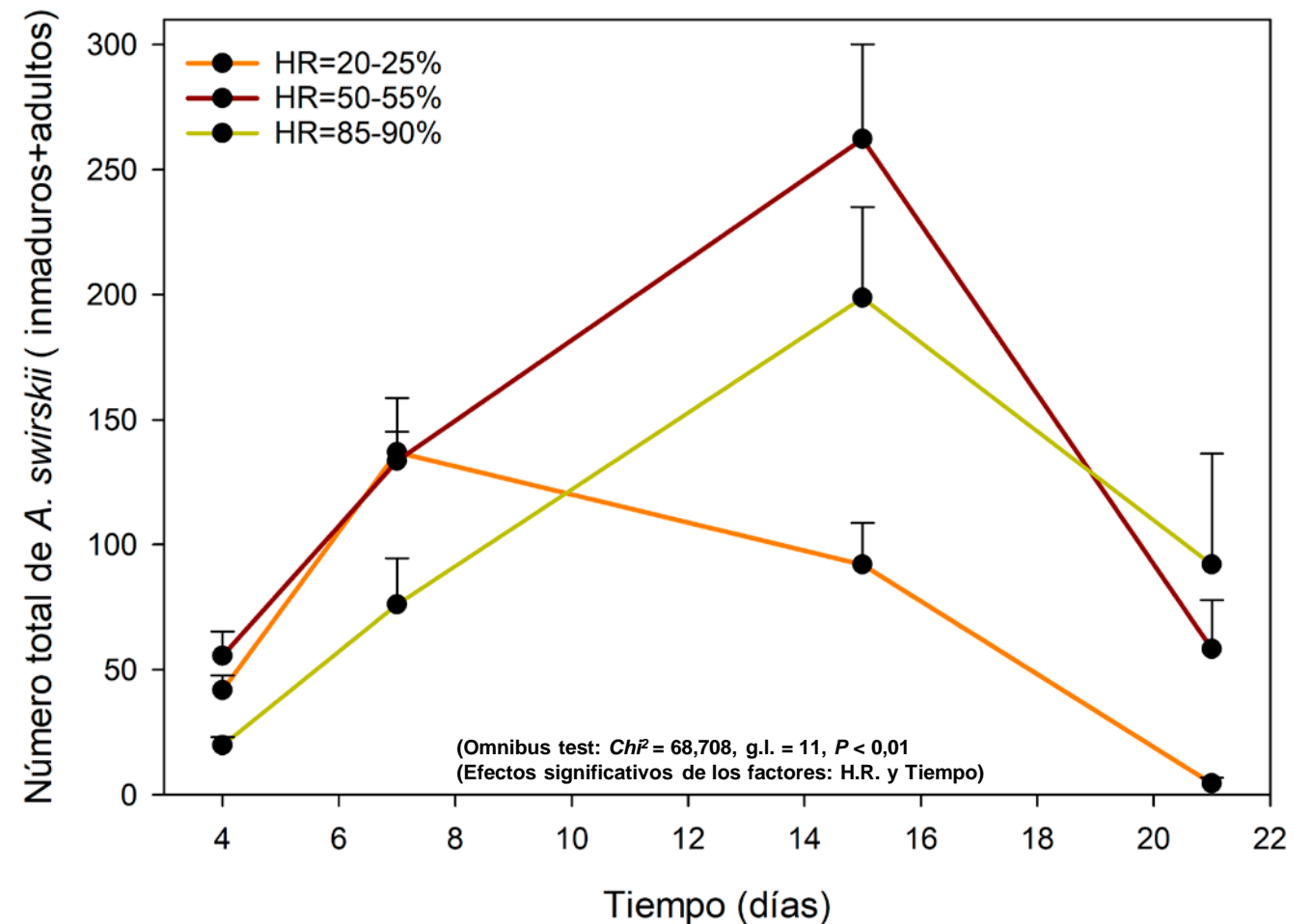


H.R.: ALTA

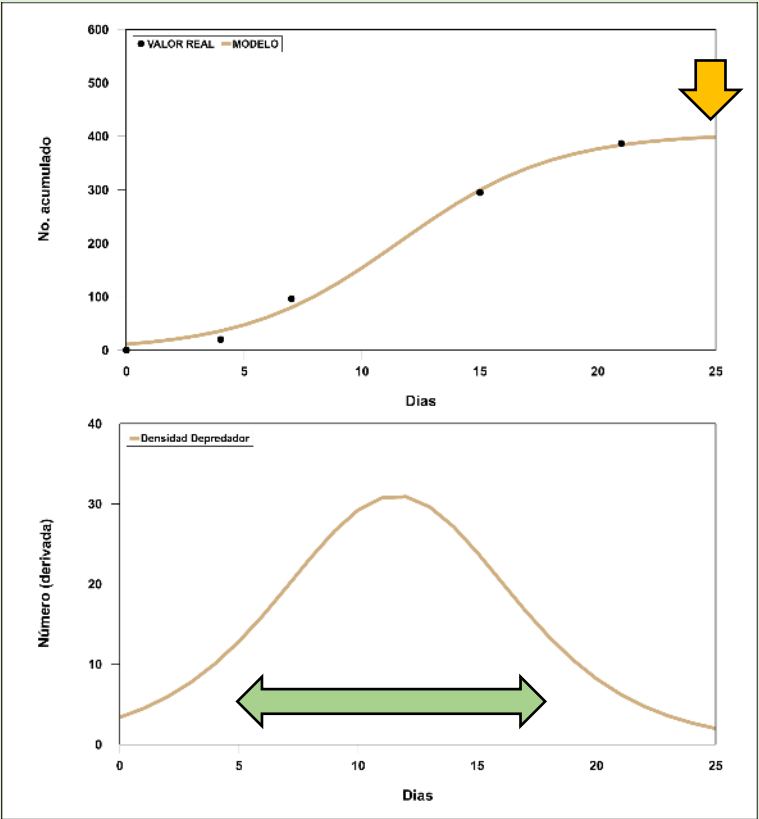
H.R.: MEDIA

H.R.: BAJA

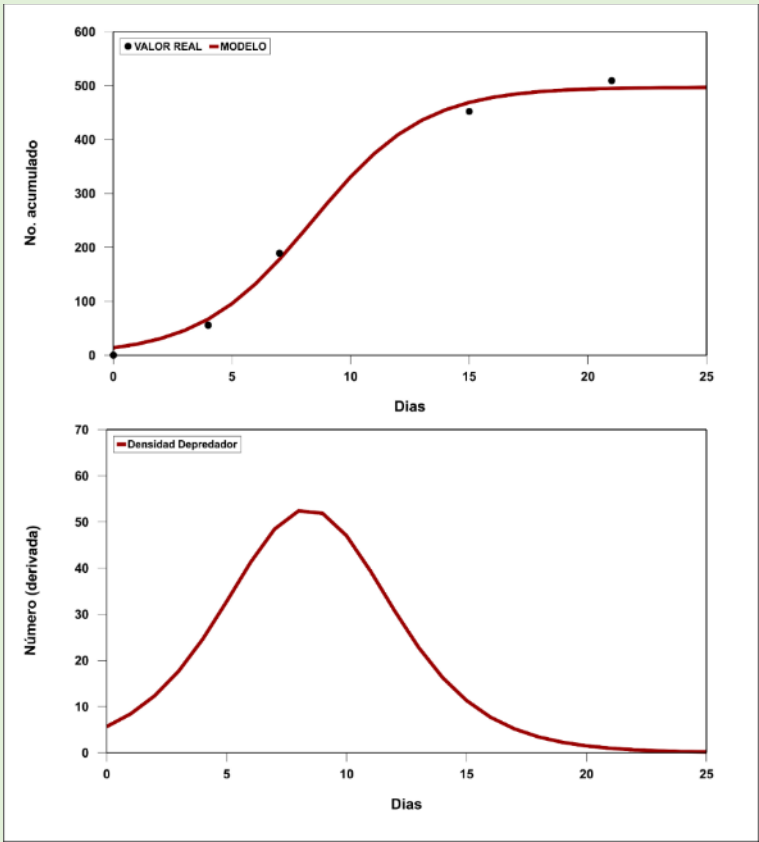
Población Exterior de *A. swirskii*



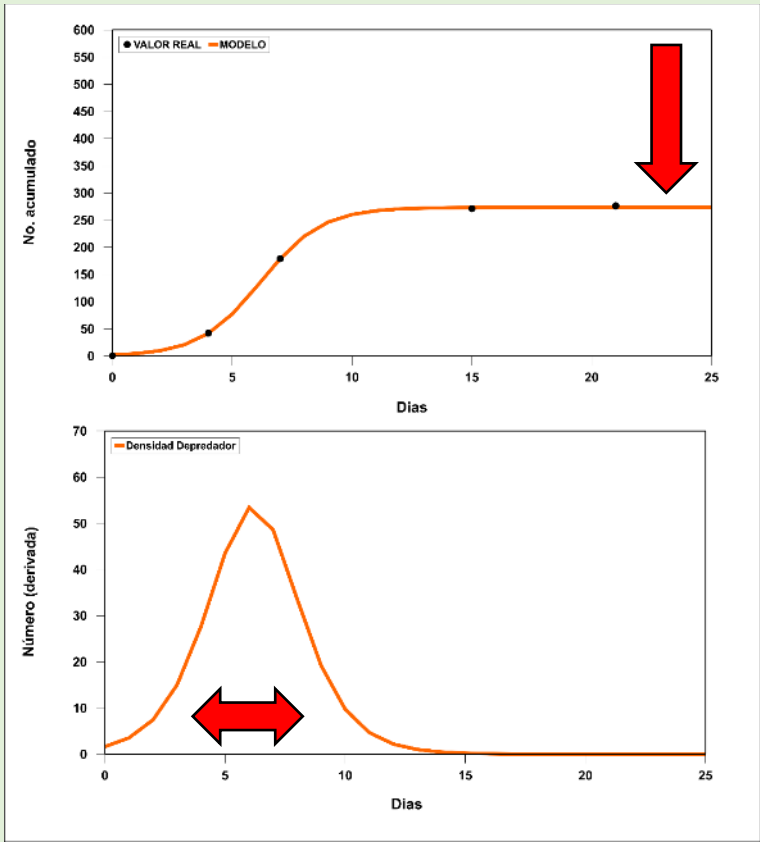
Modelos matemáticos: análisis de resultados



H.R.: ALTA



H.R.: MEDIA



H.R.: BAJA

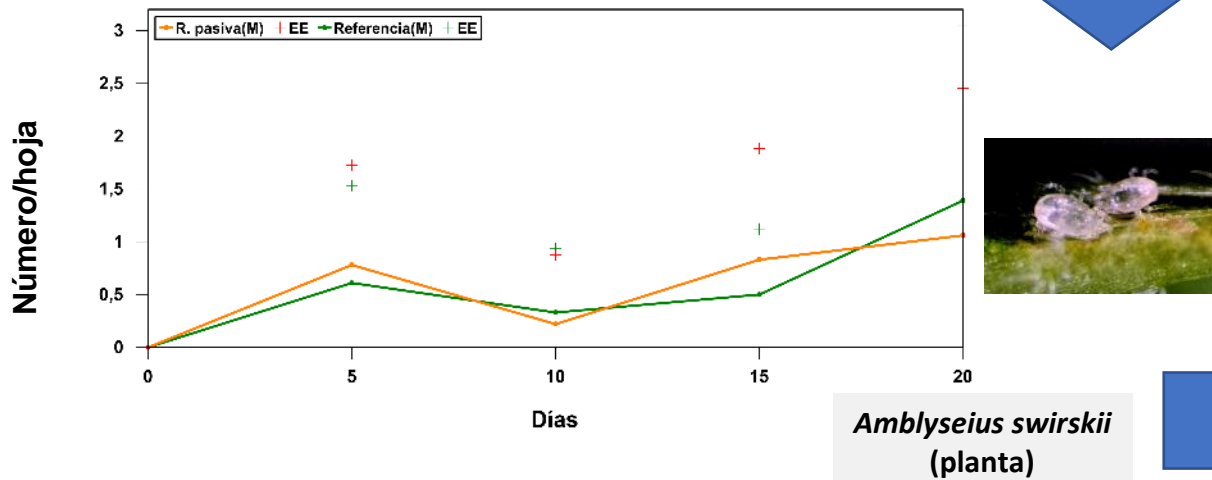
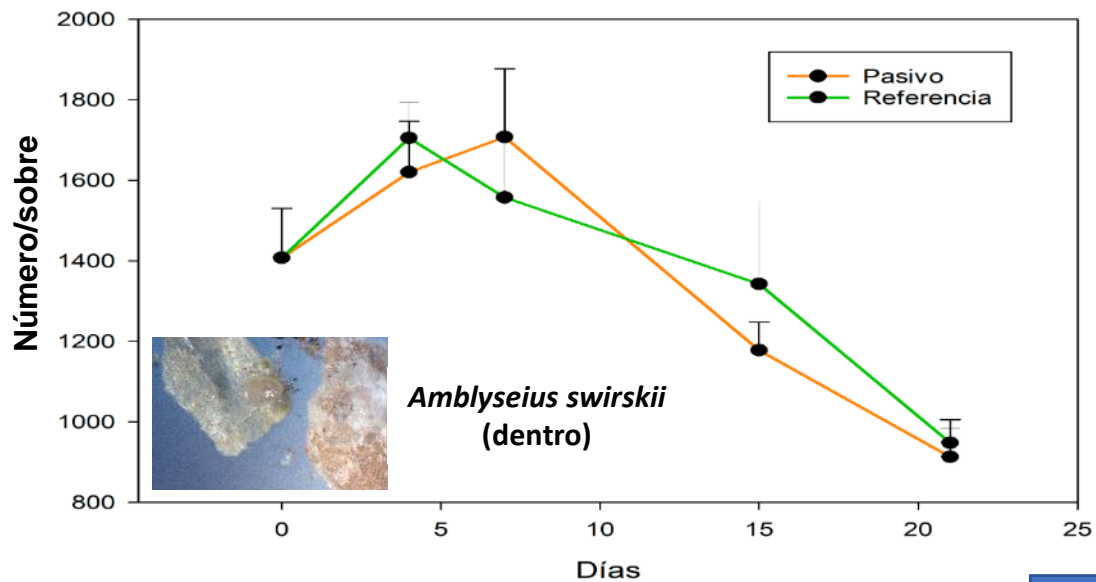
3.2. Resultados: Actividad 2



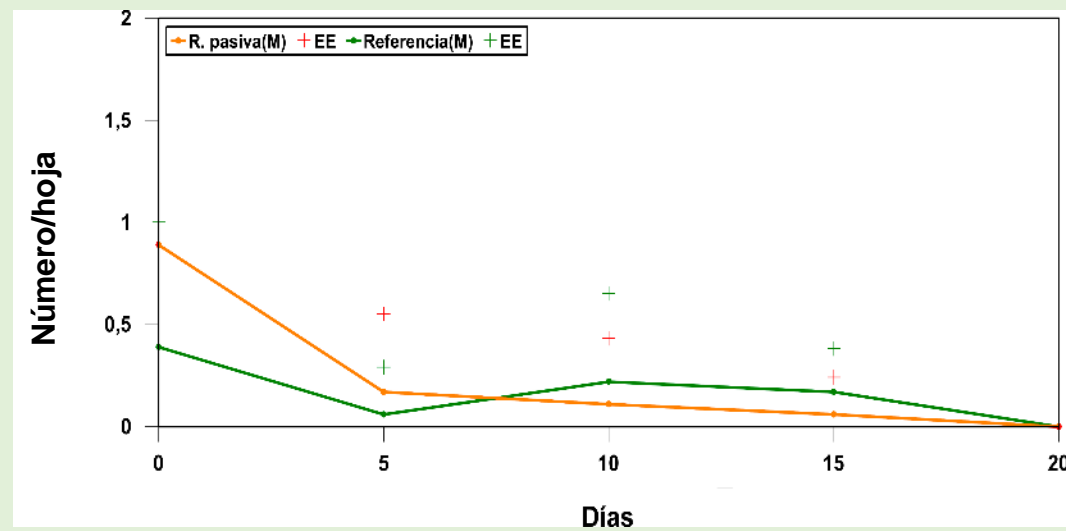
**¿Qué sucede en la realidad: ensayo en invernadero?
¿Se corroboran los resultados en laboratorio?**

- Régimen variable (temp-HR)
- Ensayo: Refrigeración pasiva vs estándar

A. swirskii en el interior del sobre



Bemisia tabaci



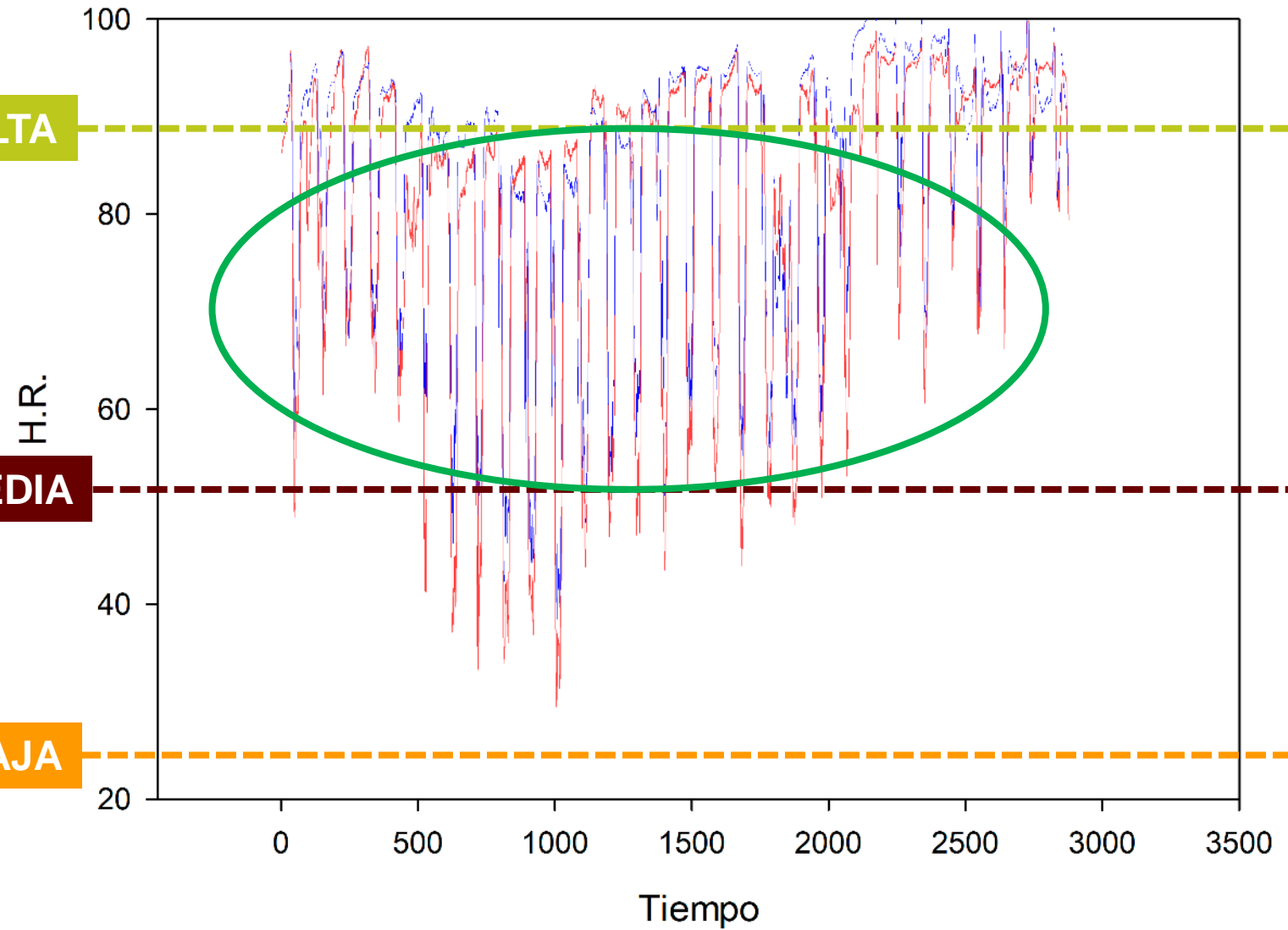
3.2. Resultados: Actividad 2



H.R.: ALTA

H.R.: MEDIA

H.R.: BAJA



AgroMIS: Control biológico-implementación de sistemas de control biológico

Desarrollo de modelos matemático: optimización del C.B:

Parámetros incluidos:

- Formulación dentro de los sobres y su optimización
- Dinámica de población dentro de los sobres y efectos microclimáticos
- Alimentación extra, en plantas, no presa (polen) y su optimización
- Dinámica de población de las especies plagas en el cultivo

AgroMIS: Control biológico- implementación de sistemas de control biológico

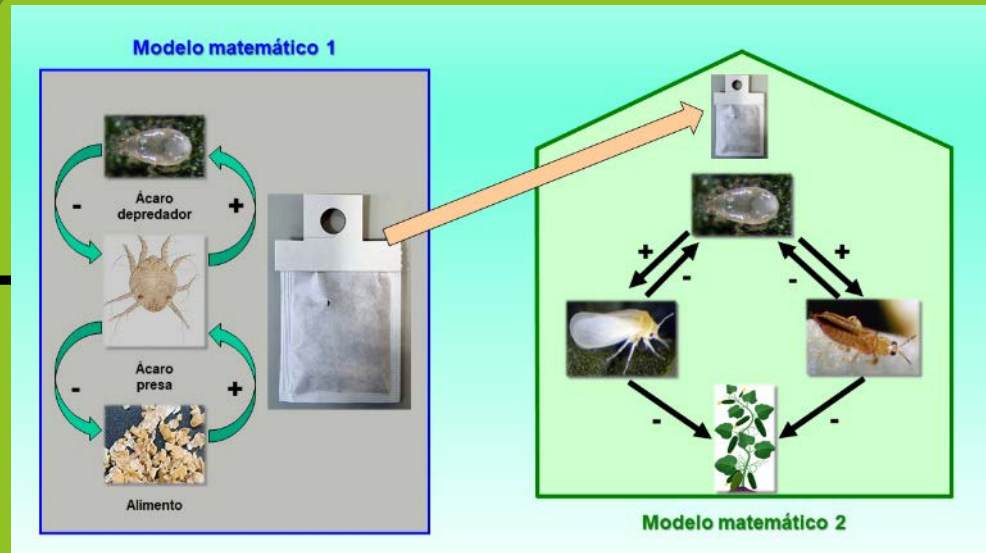
Modelos matemáticos



- (1) Modelo logístico de Verhulst-Pearl
- (2) Modelo depredador-presa

Adaptación del modelo matemático

En finalización



AgroMIS: Control biológico- implementación de sistemas de control biológico

Modelos matemáticos

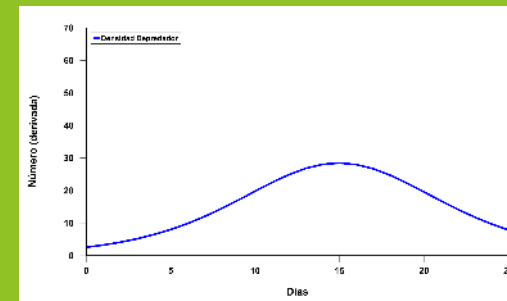
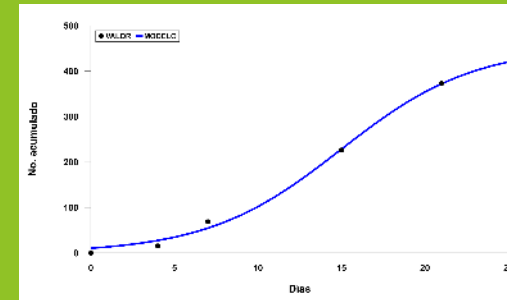


(1) Modelo logístico de Verhulst-Pearl

$$\frac{dx}{dt} = r_m \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{K}\right); x = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{x_0} - 1\right) \cdot e^{-r_m \cdot t}}$$

Adaptación del modelo matemático

Sub-modelo 1



AgroMIS: Control biológico- implementación de sistemas de control biológico

Modelos matemáticos

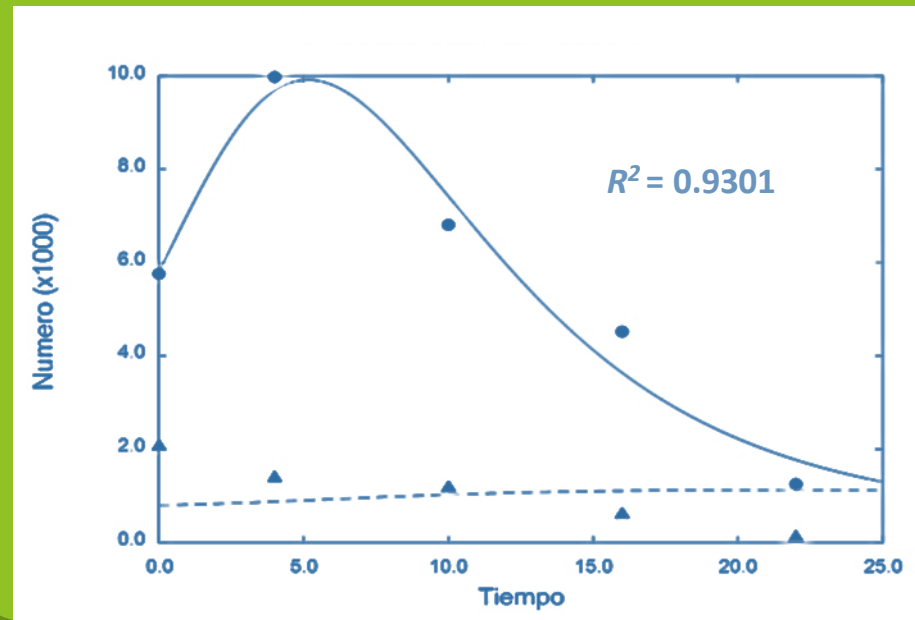


(2) modelo depredador-presa de Lotka-Volterra

$$\begin{aligned}\dot{z} &= z(a_0r_1 - a_{11}z - a_{12}y_1) \\ \dot{y}_1 &= y_1(-r_2 - m + r_3a_{12}z - a_{22}y_1)\end{aligned}$$

Adaptación del modelo matemático depredador-presa

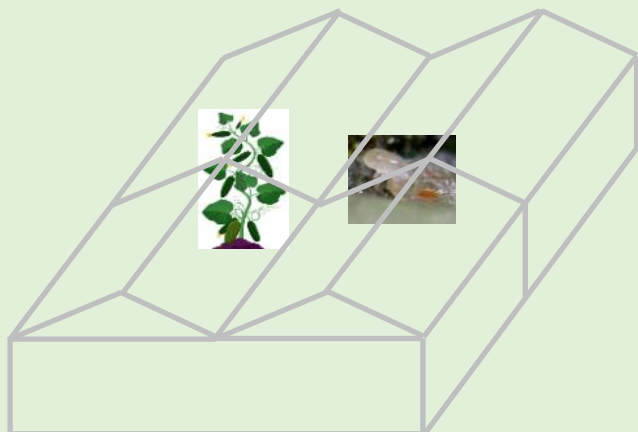
Sub-modelo 2



RESULTADOS (conclusiones)

- **0. Metodología de evaluación (ensayos previos)**
 - **1. Ensayos de laboratorio: sistemas de liberación “sobres”, formulaciones y efecto condiciones microclimáticas en laboratorio e invernadero**
 - **2. Adaptación de modelos matemáticos**
 - **3. Implementación del sistema de “sobre a la carta” de liberación lenta**
-
- ❖ **Permite el desarrollo del trabajo. Extra: utilidad para el control de calidad**
 - ❖ **Se puede modelar y predecir, matemáticamente, la tasa de liberación y sus efectos**
 - ❖ **Existen importantes diferencias entre formulados de “sobres” y efecto de la H.R.**

RESULTADOS (conclusiones)



① Utilización de ácaros depredadores

② Sobres “a la carta”: liberación lenta

③ Alimentación en planta con polen y/o presa de cría (mejora de la instalación y colonización) inclusive en cultivos de ciclo corto

④ Optimización del sistema mediante modelos matemáticos y adaptación al ciclo del cultivo

④ Control del microclima del invernadero (H.R.)



Gracias por su atención