

Jornadas sobre Producción Ecológica. Foro Agrario

**Tecnología de protección de los producciones
vegetales hortícolas**

Alfredo Lacasa Plasencia

**Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario
Departamento de Biotecnología y Protección de Cultivos**



Madrid, 4 de marzo de 2015

GUIÓN

La protección de los cultivos de plagas y enfermedades en AE

Una práctica más de la producción

Planteamientos para la protección de los cultivos en AE

Medios disponibles para el manejo

Priorización del uso de los medios y estrategias

La integración de los medios de protección de los cultivos en el sistema

El observador como parte del sistema (agricultor= primer implicado)

Formación de los actores encargados del manejo del sistema

GUIÓN

Ejemplos de abordaje de protección frente a plagas

Plagas en cultivos de pimiento en invernadero

Enfermedades del suelo en invernaderos de pimiento

Necesidades de investigación

Epidemiología de plagas y enfermedades con enfoque de patosistema


Interacciones

Metodologías de manejo de los sistemas=patosistemas

Herramientas para el seguimiento de patógenos, parásitos, enemigos naturales,

Modelos de decisión/predicción

Necesidades de formación

En principios básicos y normativos  Técnicos

En métodos prácticos  Agricultores

La protección de los cultivos en AE se plantea para conseguir un equilibrio estable

NATURALEZA



Ecosistema natural

Autónomo
Estable
Autorregulable
Equilibrio dinámico

Ecosistema artificial

Inestable
Desequilibrado
Equilibrio modificado

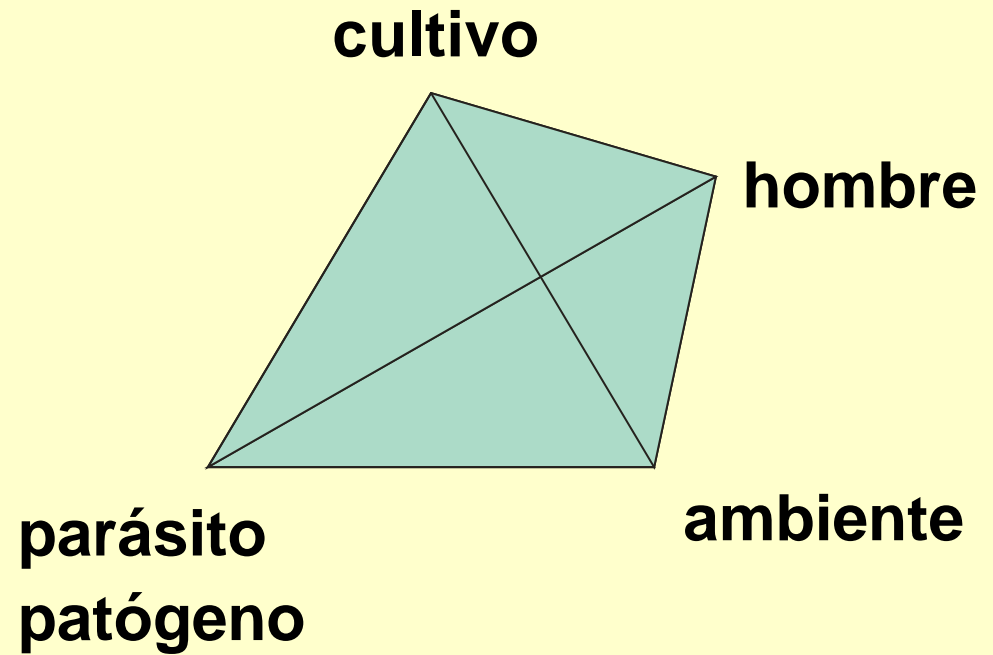
CULTIVO



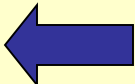
Planteamiento de partida

Patosistema vegetal

Patosistema de cultivo = Patosistema artificial



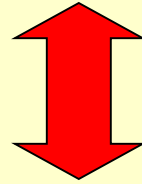
inestable, desequilibrado, etc.  **PLAGAS**

equilibrio modificado  **evolución**

Equilibrio del sistema

autorregulación de las plagas

patosistema natural



TRANSICIÓN

patosistema artificial

manejo de las plagas

HOSPEDANTE

variedades
sistemas de cultivo
monocultivo
rotaciones

AMBIENTE

densidad de siembra
riego
suelo
tipo invernaderos
tratamientos

PARÁSITOS

nuevos parásitos
razas nuevas
resistencias

La protección de los cultivos en AE

Una práctica más de la producción

El objetivo es aumentar o mantener

+ la diversidad

+ la fertilidad

+ el equilibrio del sistema

La diversidad y el cultivo

Diversidad vegetal: flora

El cultivo de una sola especie vegetal implica reducción de diversidad

¿También de la flora espontánea?

El co-cultivo de especies aumenta la diversidad

¿También de las especies de adventicias?

La rotación de cultivos se considera recomendada en AE

¿Cómo aumenta la diversidad temporal en la parcela?

Los espacios periféricos al cultivo con especies autóctonas adaptadas

¿Se pueden manejar para propiciar la diversidad?



La diversidad y el cultivo

Diversidad de fauna

Constituyendo amenaza al cultivo= plaga

Fauna beneficiosa: polinizadores, depredadores, parasitoides

FUNCIONALIDAD

“Operation Pollinator” para aumentar la diversidad y las producciones
Creación de setos naturales de vegetación autóctona en cultivos de melón

Mayoría de labiadas

Varias familias de adventicias

Grupos de especies de ápidos encontrados

Apis mellifera (42.6%)

Eucera (22.3%)

Lasioglossum (Lasioglossum) (15.3%)

Andrena (10.6%)

Panurgus (3.9%),

Lasioglossum (Evylaeus) (3.6%)

Halictus (1.2%).

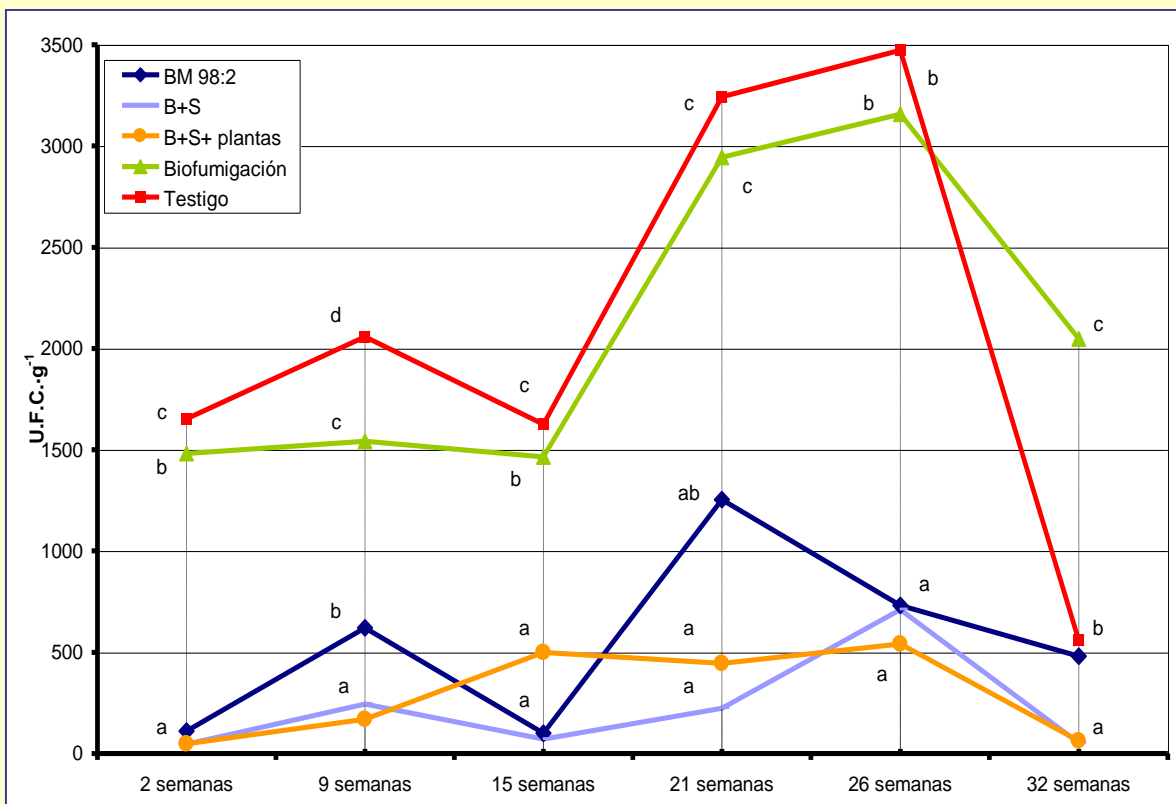


Diversidad de microorganismos

Causante de enfermedades; simbiontes; antagonista

FUNCIONALIDAD de la microbiota fúngica: Antagonismo

Evolución del inóculo total de especies de *Fusarium* spp. aisladas en invernadero de pimiento a lo largo de la campaña 2001/2002, en U.F.C.-g⁻¹ de suelo seco



Efecto depresor del aislado 56 de *F. oxysporum*

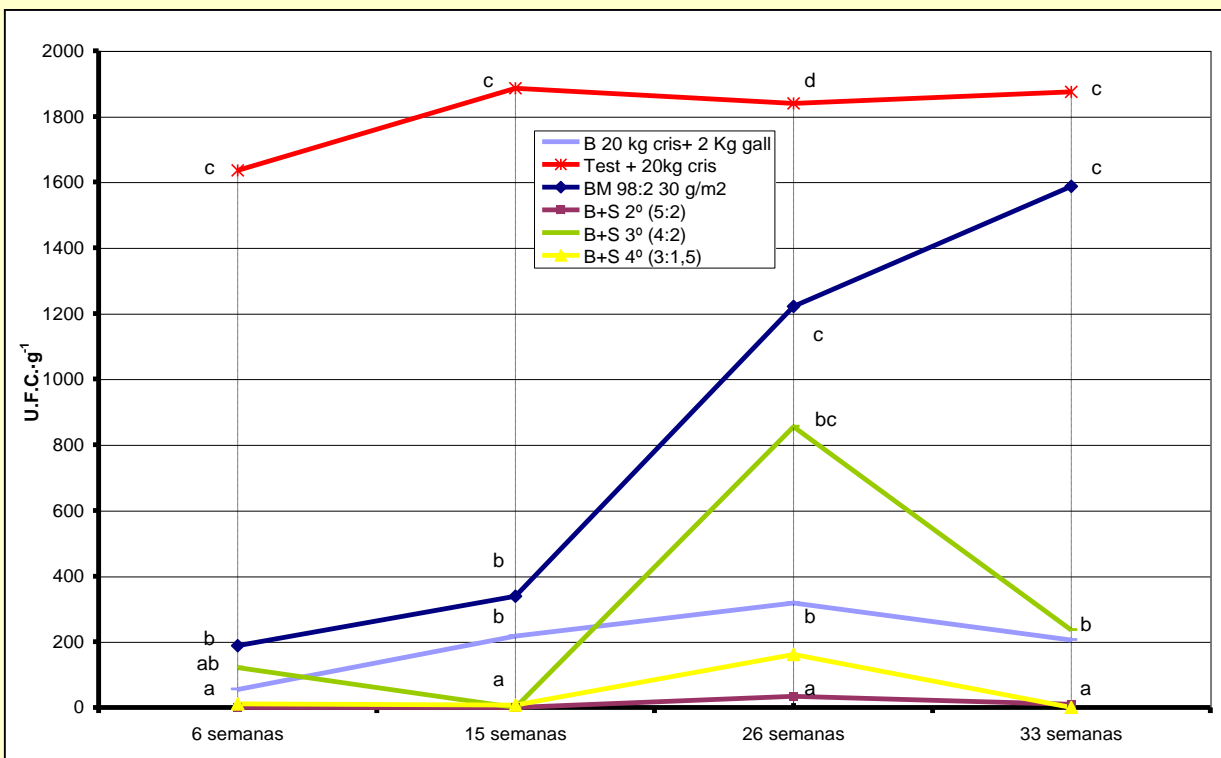


Efecto mejorador del aislado 54 de *F. oxysporum*

Diversidad de microorganismos

FUNCIONALIDAD de la microbiota fúngica: Antagonismo

Evolución del inóculo total de especies de *Fusarium* spp. aisladas en invernadero de pimiento a lo largo de la campaña 2001/2002, en U.F.C.·g⁻¹ de suelo seco



Diversidad de microorganismos

FUNCIONALIDAD de la microbiota fúngica: patógenos

Patógenos específicos y monocultivos



Fusarium oxysporum f sp. melonis

Patógenos polífagos y alternancia de cultivos



Meloidogyne incognita

La fertilidad

Balance de extracciones

Aportes anticipados a las necesidades para evitar deficiencias puntuales

La conservación de la microbiota beneficiosa

Necesidades de la microbiota

La fatiga del monocultivo y de la rotación de cultivos

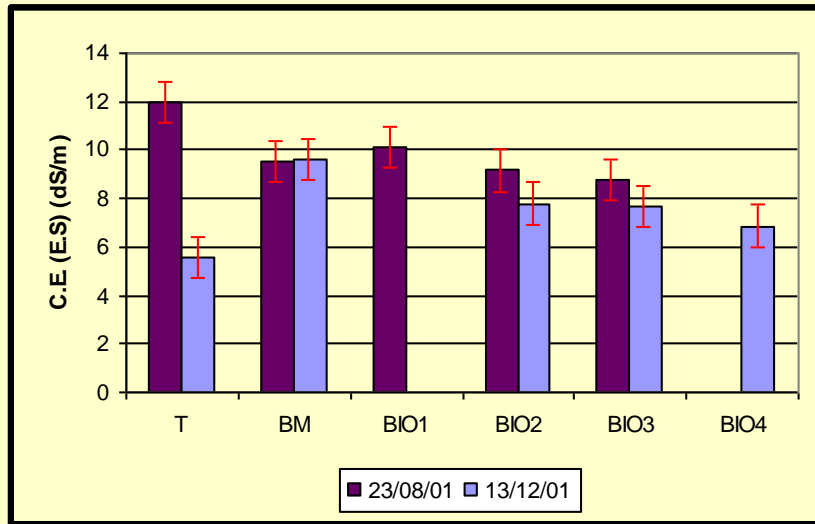
Componente química= acumulación de alelosubstancias

Componente físico

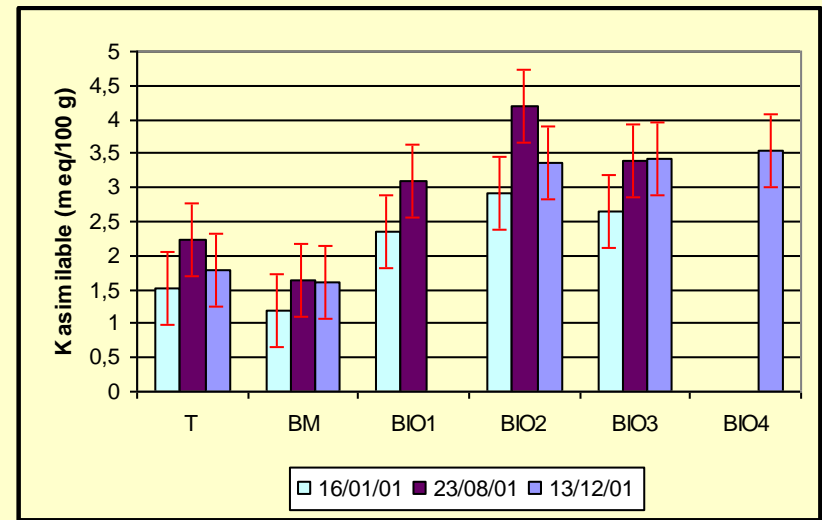
Componente microbiológica

Efecto sobre las características químicas del suelo

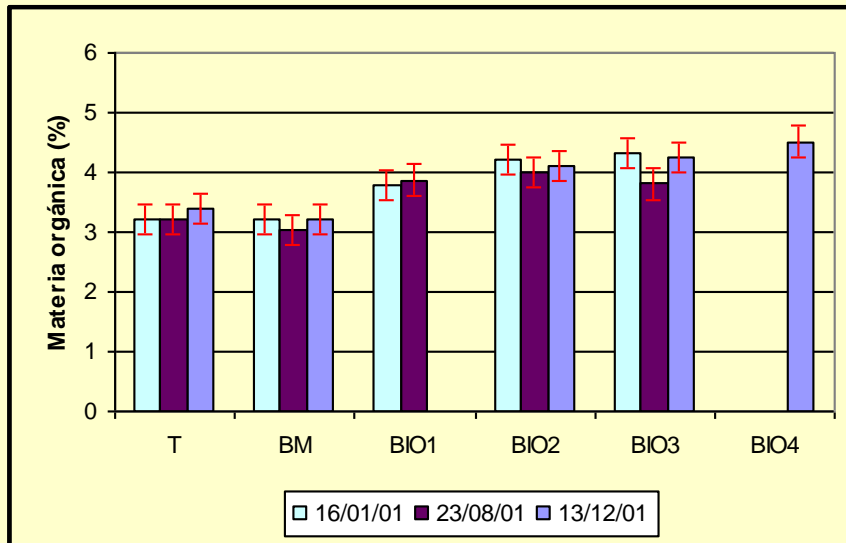
C.E. (dS/m) e.s.



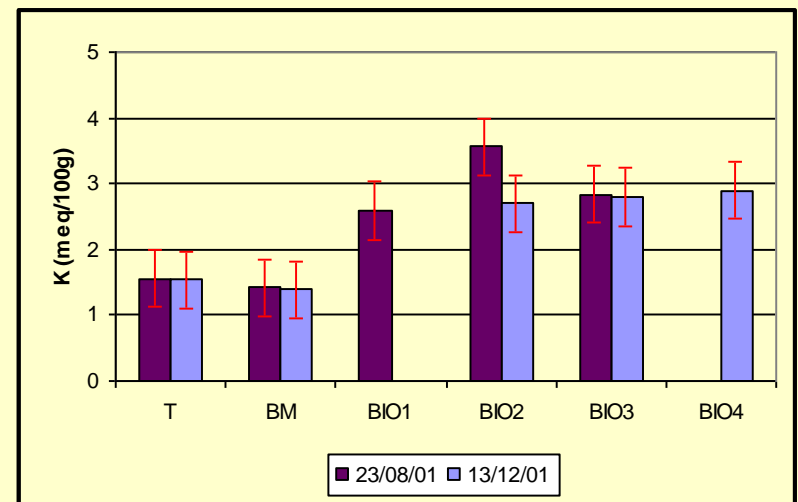
Potasio asimilable (meq/100g)



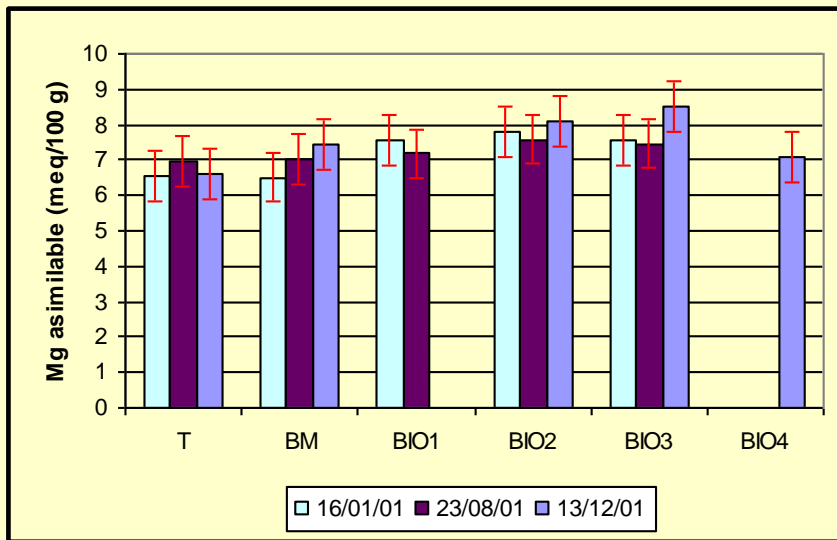
Materia orgánica (%)



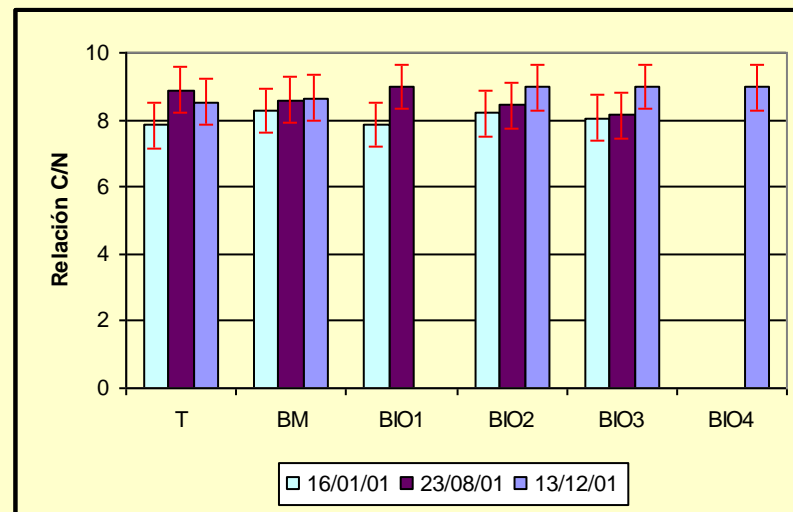
Potasio de cambio (meq/100g)



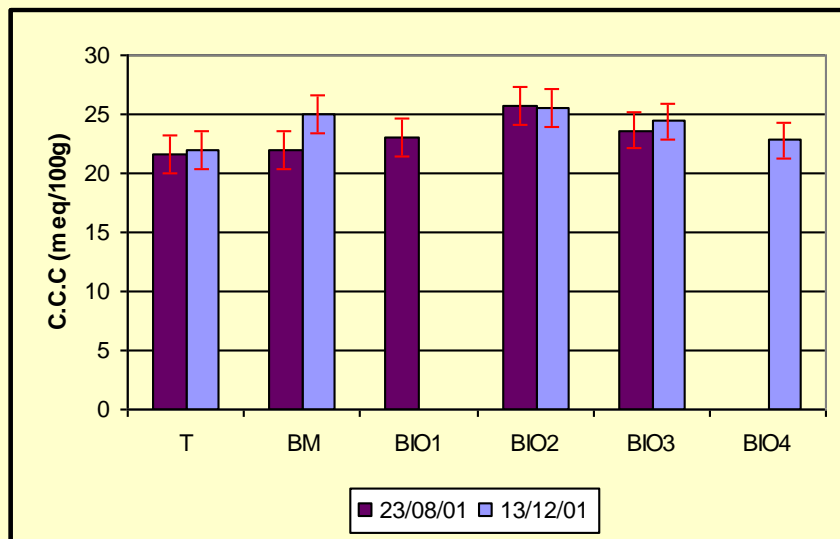
Magnesio asimilable (meq/100g)



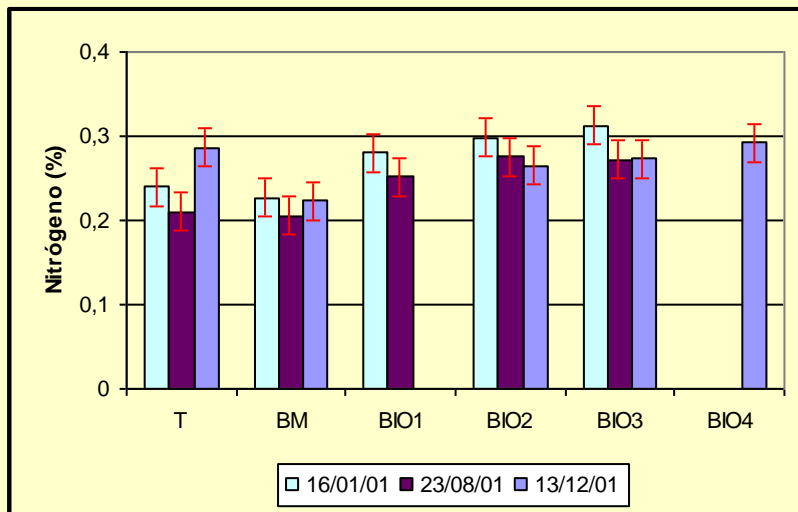
Relación C/N



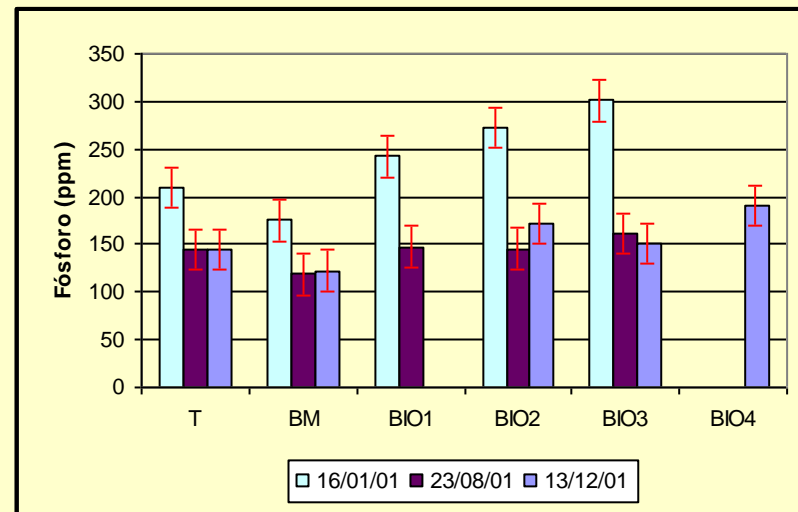
C.C.C (meq/100g)



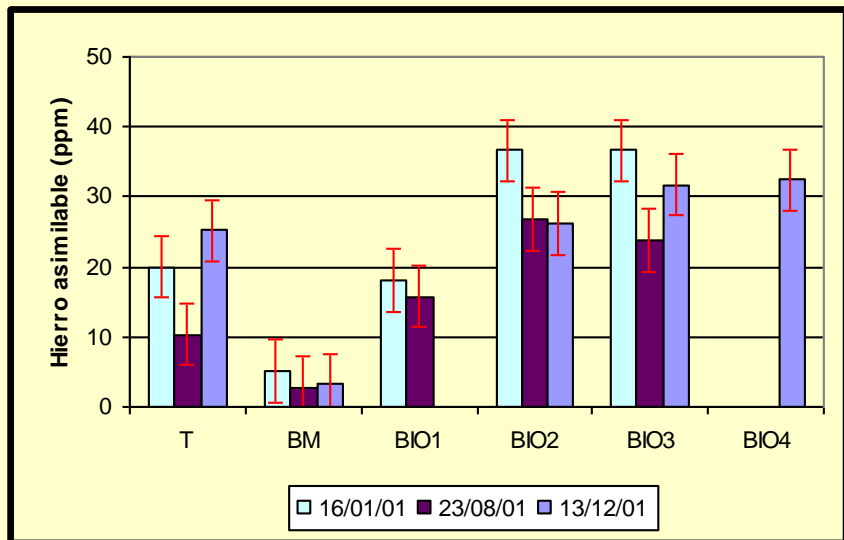
Nitrógeno total (%)



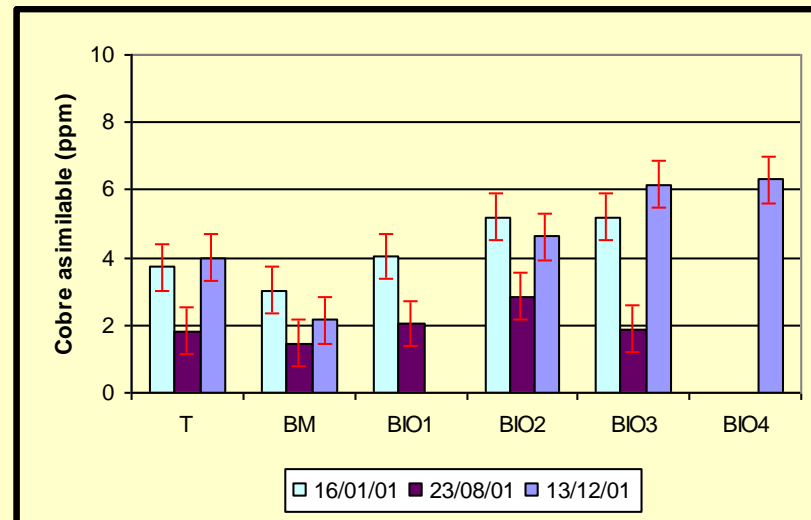
Fósforo asimilable (%)



Hierro asimilable (ppm)



Cobre asimilable (ppm)



Efecto sobre las características físicas del suelo

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Testigo	1,29 a	1,34 a	1,36 a
B+S 4º año	1,17 b	1,29 a	1,45 a
B+S 3º año	1,19 b	1,30 a	1,46 a

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
B+S 2º año	1,13 a	1,23 a	1,32 a
BrMe	1,23 b	1,30 b	1,28 a
B+S 3º año	1,14 a	1,24 a	1,34 a
B+S 4º año	1,16 a	1,23 a	1,27 a
B+S 5º año	1,14 a	1,22 a	1,27 a

Densidad aparente a distintas profundidades

Efecto sobre las características físicas del suelo

	120 minutos	300 minutos	480 minutos
B+S 2º año	27	49	67
BrMe	16	24	29
B+S 3º año	32	58	79
B+S 4º año	24	39	51
B+S 5º año	26	46	60

Infiltración acumulada (cm de profundidad)

Medios para la protección de los cultivos en AE

Biológicos

Biotechnológicos

Culturales

Físicos

Normativos o legales: sanidad vegetal

Estrategias de uso de los medios

Según dificultades para establecer equilibrios estables

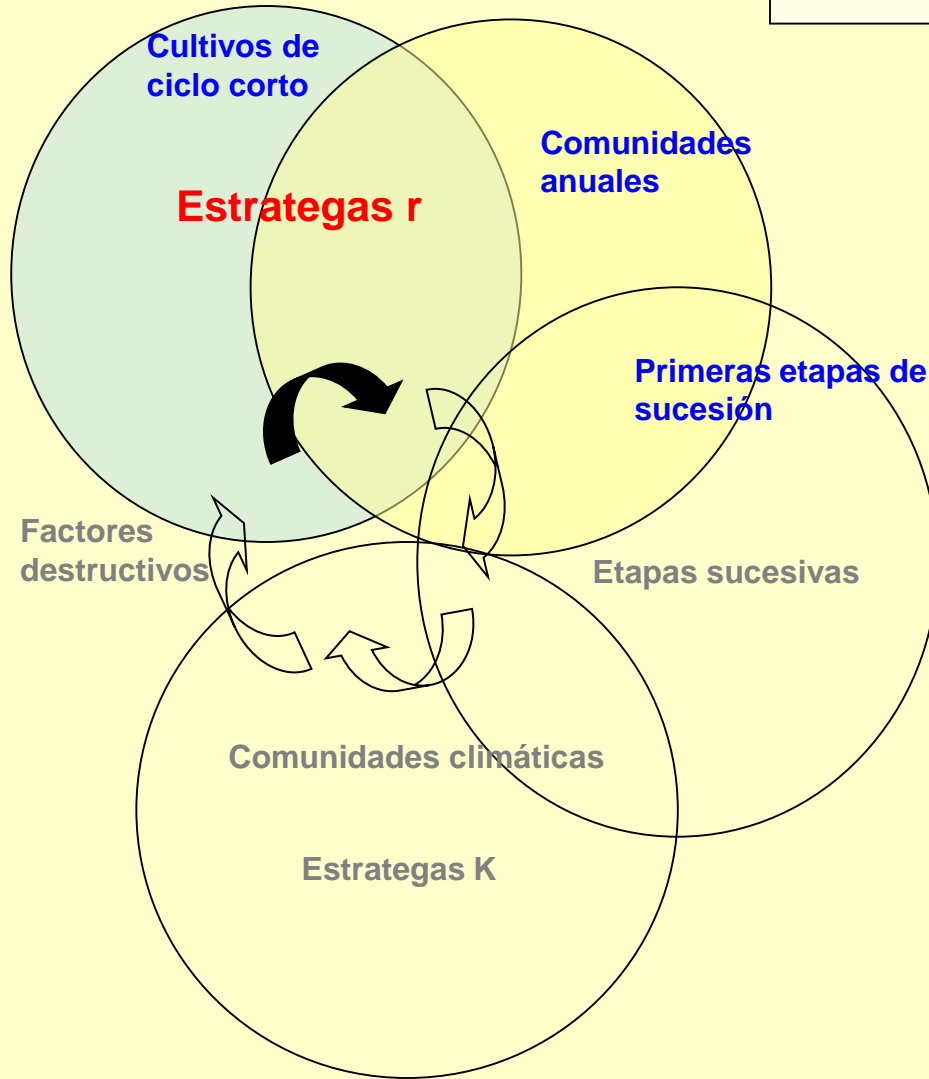
Dependiendo del tipo y características del organismo

Herramientas

Toma de decisiones

Equilibrio del sistema

Medios inestables o impredecibles



Estrategas de la r

Organismos oportunistas
Ambientes temporales
Condicionados factores ambientales

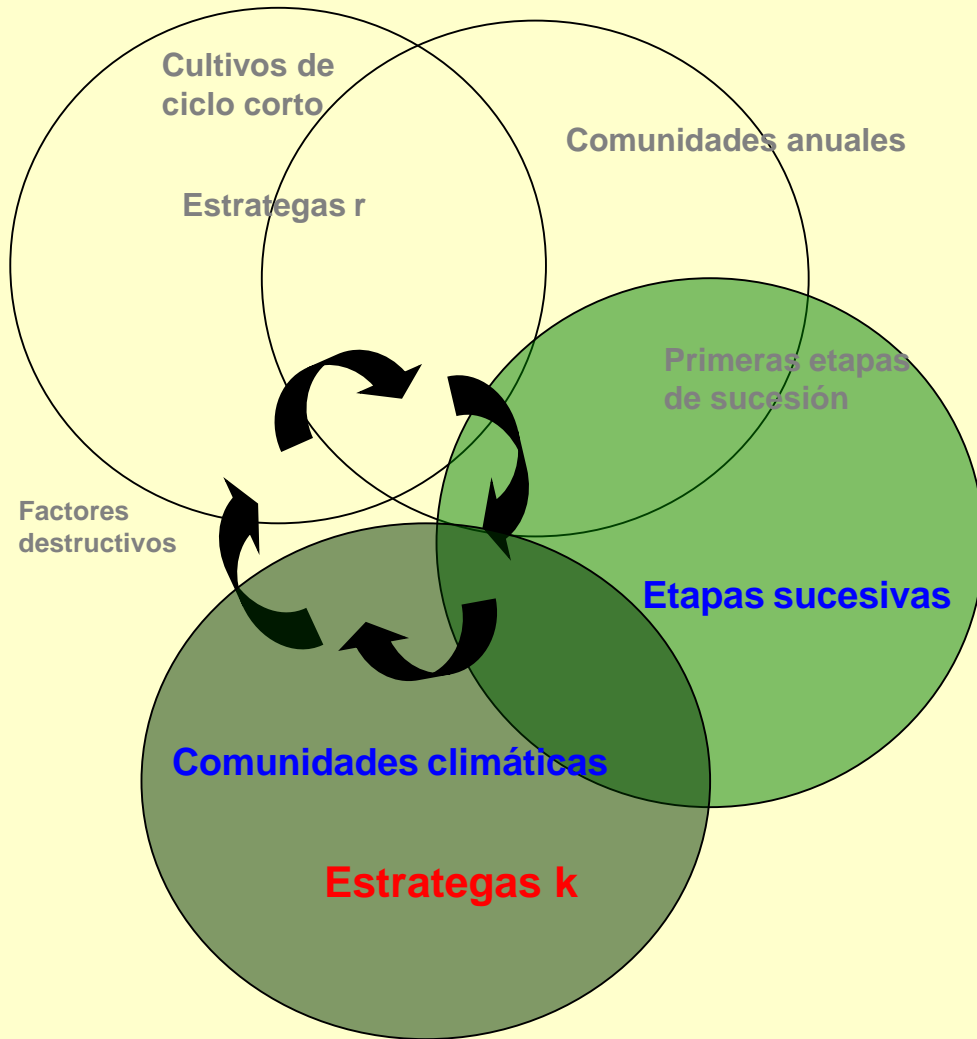
Características



- **Vida Corta**
- **Alta tasa de reproducción**
- **Alta tasa de desarrollo**
- **Alta tasa de supervivencia**
- **Alta tasa de dispersión**
- **Buenos colonizadores**

Medios más problemáticos

Equilibrio del sistema



Medios más estables

Estrategias de la K

Especies competidoras
Especialistas
Ambientes predecibles
Mortalidad densidad-dependiente

Características

- Vida larga
- Poca descendencia
- Baja tasa de desarrollo
- Cuidados parentales
- Baja capacidad de dispersión
- Malos colonizadores

Medios menos problemáticos

Las herramientas

Muestreos: nivel de precisión, aplicabilidad, etc.

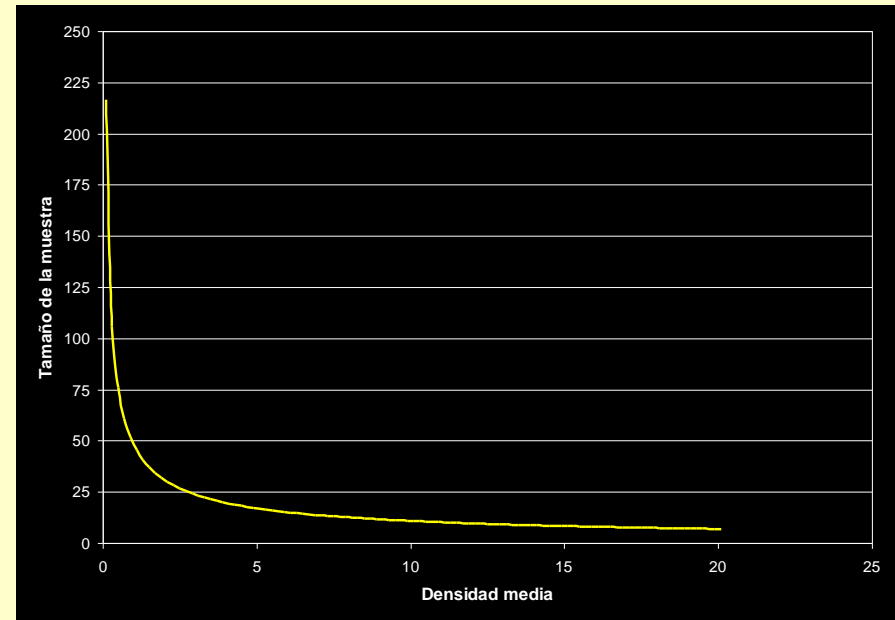
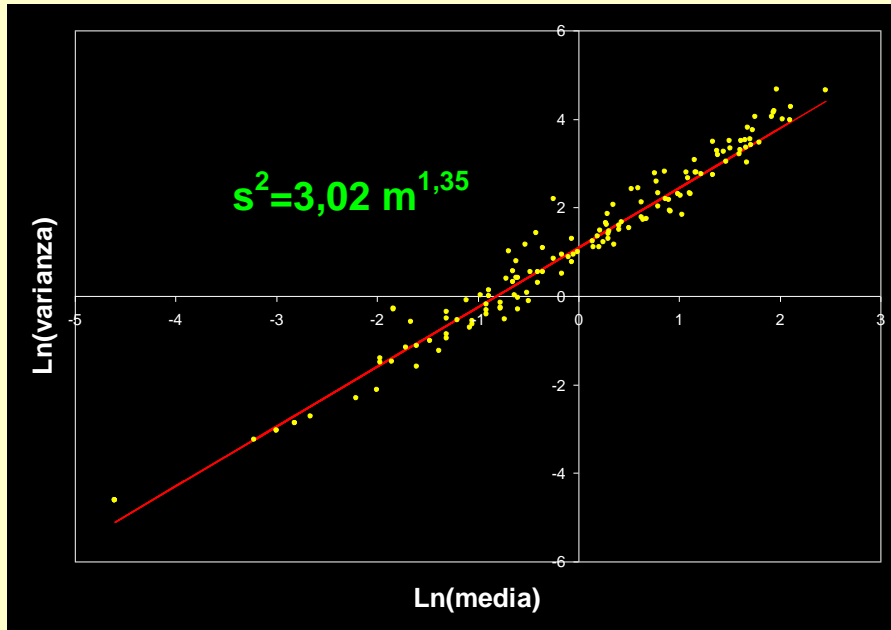
Distribución de las plagas y sus enemigos

Características de la unidad de muestreo

Tamaño de la muestra

Método de muestreo

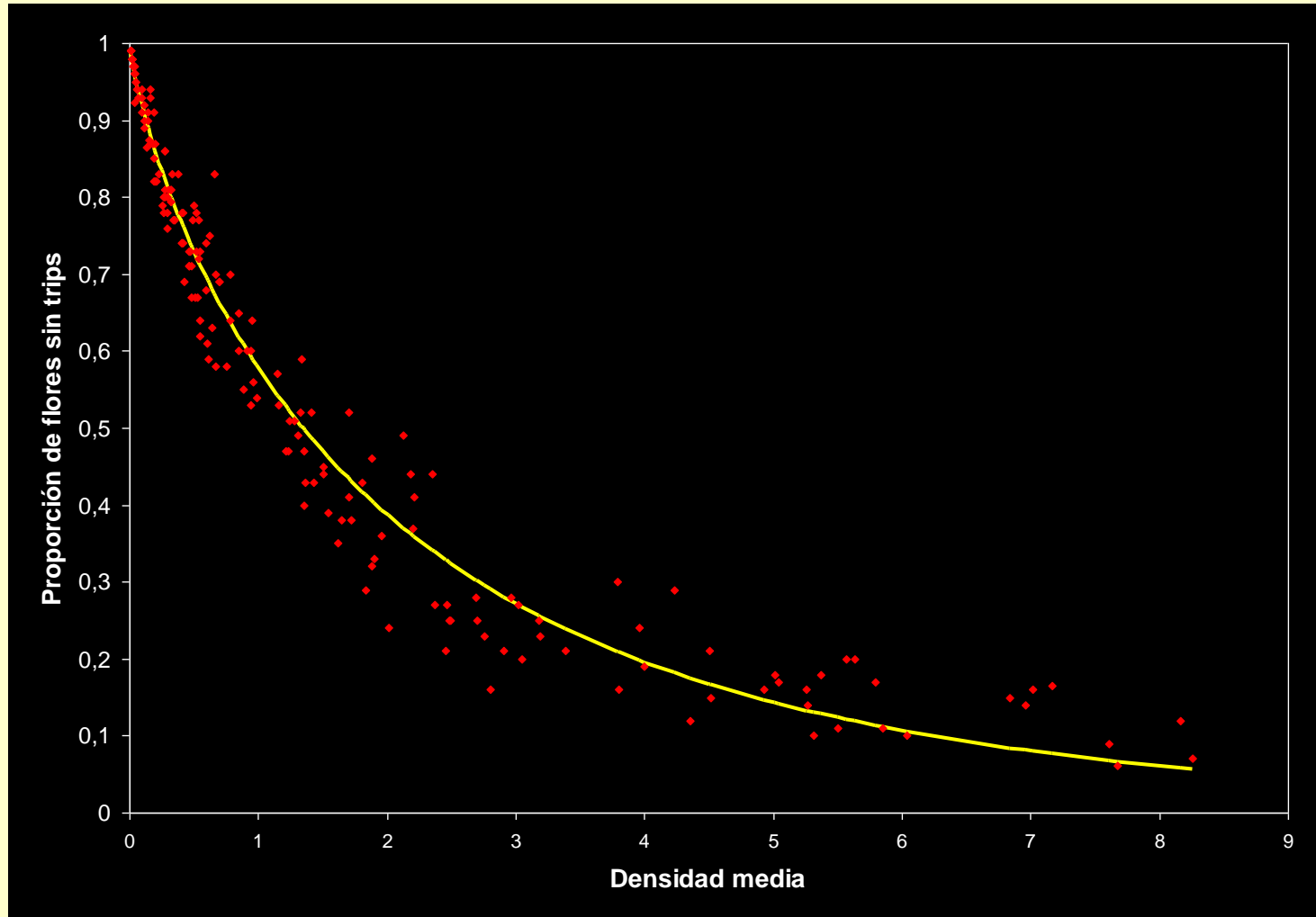
Frankliniella occidentalis



Las herramientas

Tipos de muestreo

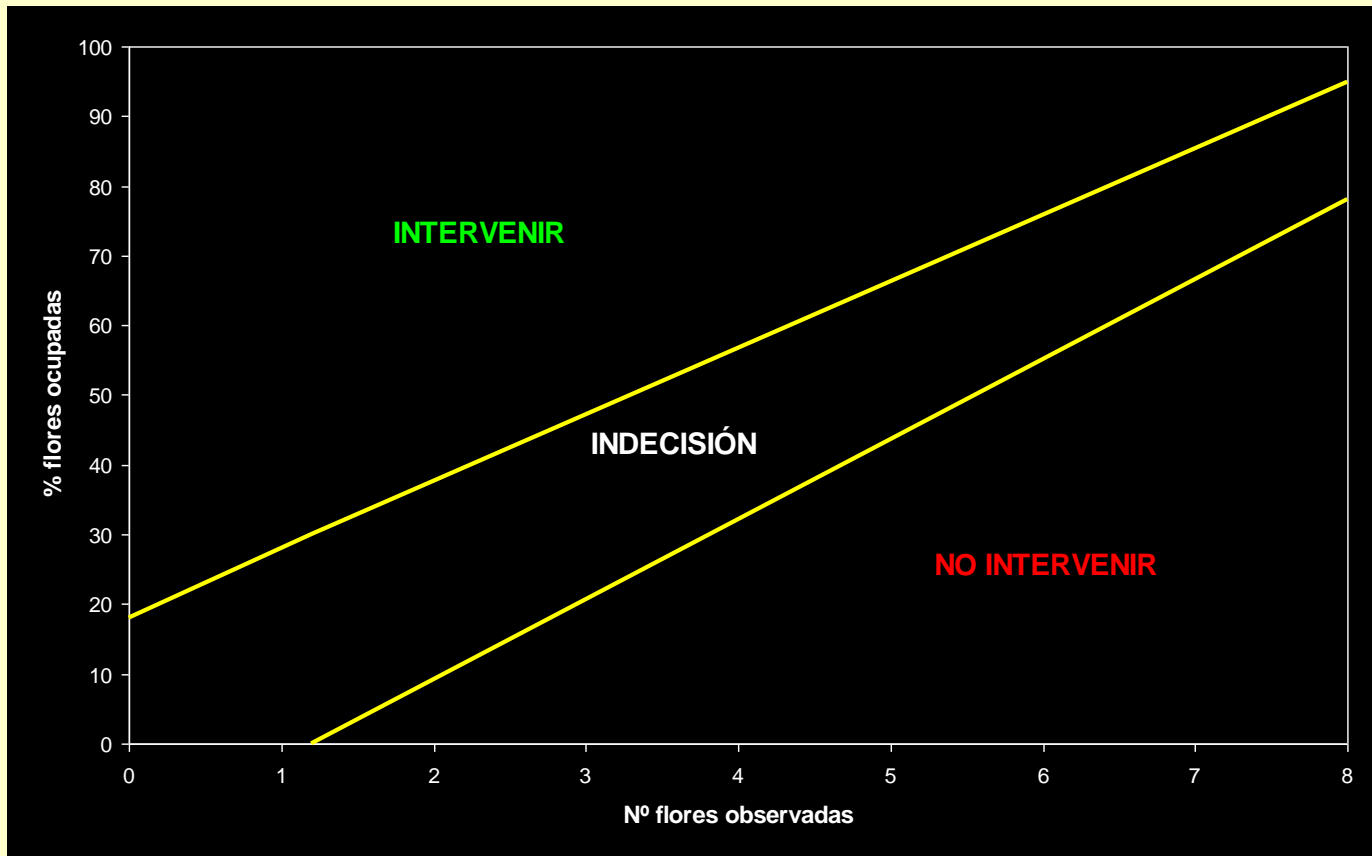
Binomial



Toma de decisiones

Tipos de muestreo

Secuencial



Plagas en cultivos de pimiento en invernadero

Principales plagas del pimiento en el Campo de Cartagena

Tisanópteros

F.occidentalis

T.tabaci

T.angusticeps

Otros



Ácaros

Tetranychus spp.

P. latus



Pulgones

Myzus persicae

Aphis gossypii

M.euphorbiae

A. solani



Moscas blancas

Bemisia tabaci



Lepidópteros

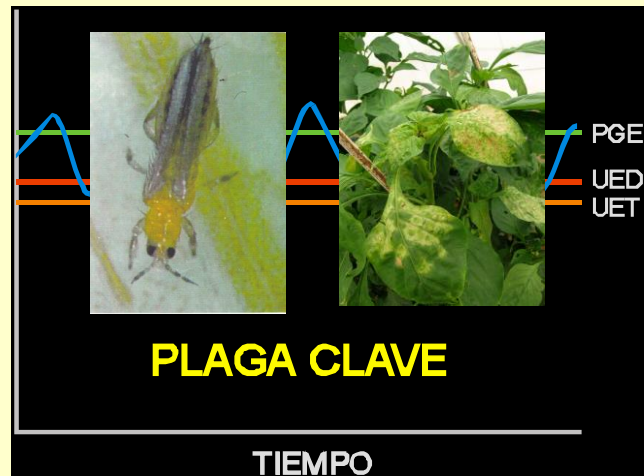
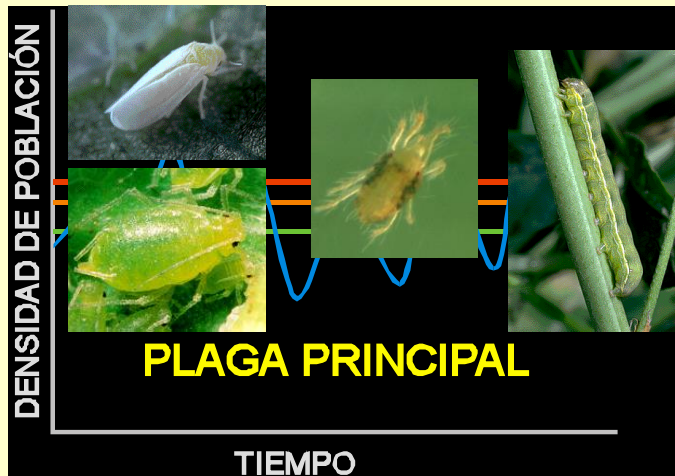
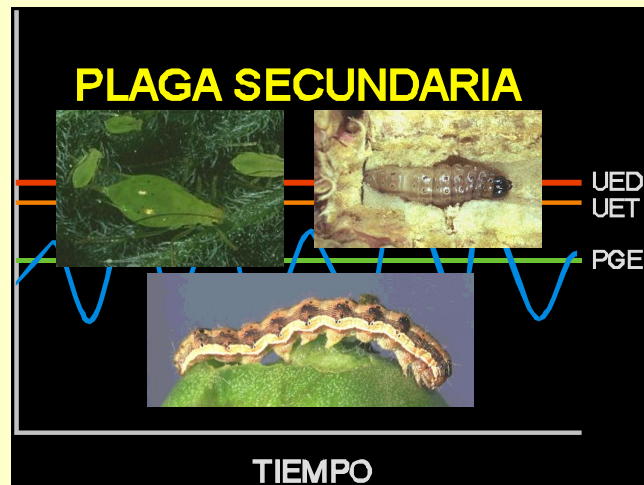
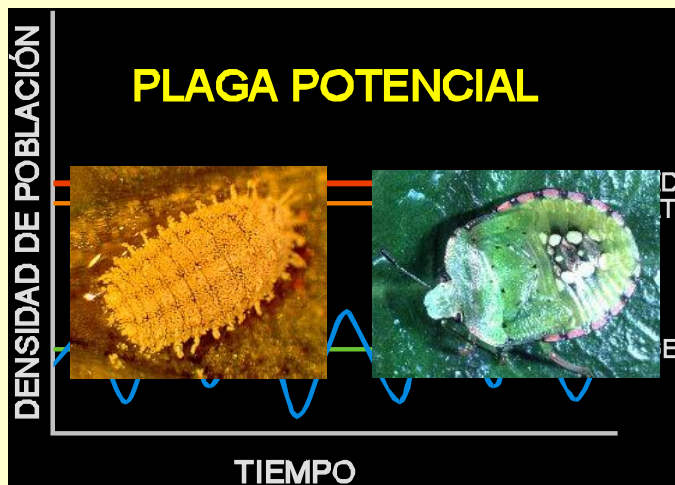
S.exigua

O.nubilalis

H.armigera



Importancia de las plagas en los invernaderos



Principales enemigos naturales

NEURÓPTEROS
Chrysoperla
Conwencia

HEMÍPTEROS
Orius
Miridae

COCCINÉLIDOS
Coccinella
Hippodamia

Parasitoides
Ceranisus

Fitoseidos
A.californicus
Ph. persimilis
A.barkeri, E.estipulatus

Parasitoides
Aphidiidae
Aphelinidae

Parasitoides
Eretmocerus
Encarsia

Parasitoides
Ichneumonidae

Tisanópteros

Ácaros

Pulgones

Moscas blancas

Lepidópteros

F.occidentalis

Tetranychus spp.

Myzus persicae

M.euphorbiae

Bemisia tabaci

S.exigua

T.tabaci

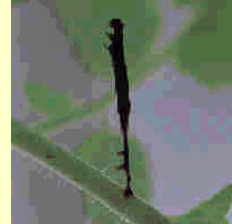
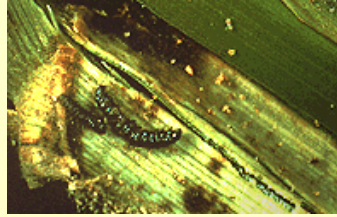
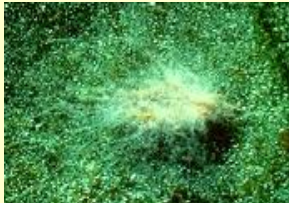
P. latus

Aphis gossypii

A. solani

O.nubilalis

H.armigera



Planteamientos de control

Frankliniella occidentalis

Enemigos naturales

Ácaros depredadores:
Amblyseius cucumeris
Amblyseius swirskii

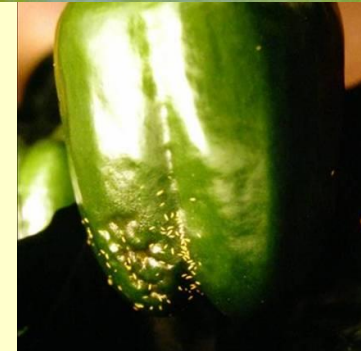
Antocoridos depredadores
Orius laevigatus
Orius albidipennis

Insecticidas compatibles

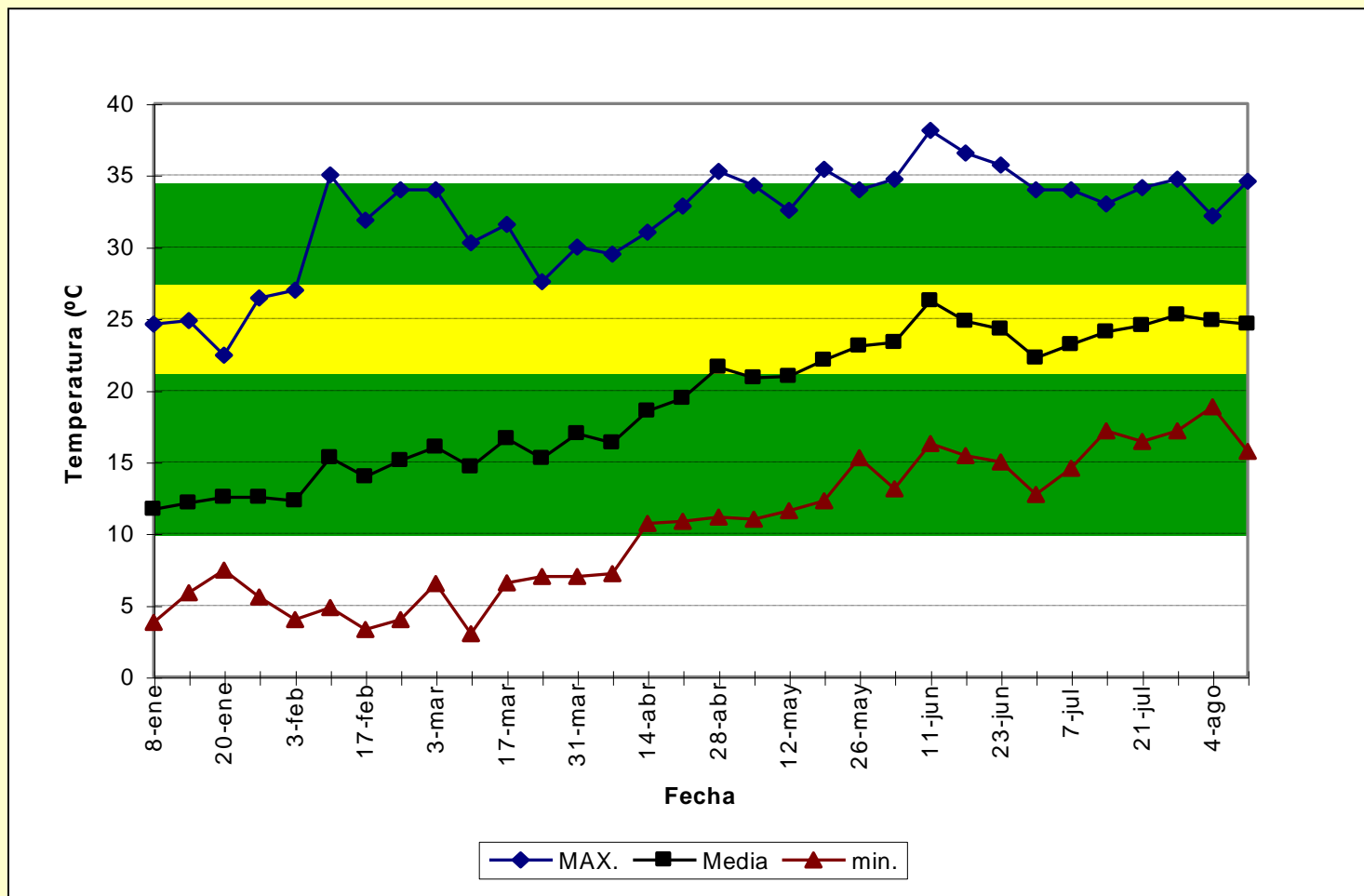
Spinosad

Medidas culturales

Medidas de higiene y limpieza
Trampas cromotrópicas
Mallas anti-insectos



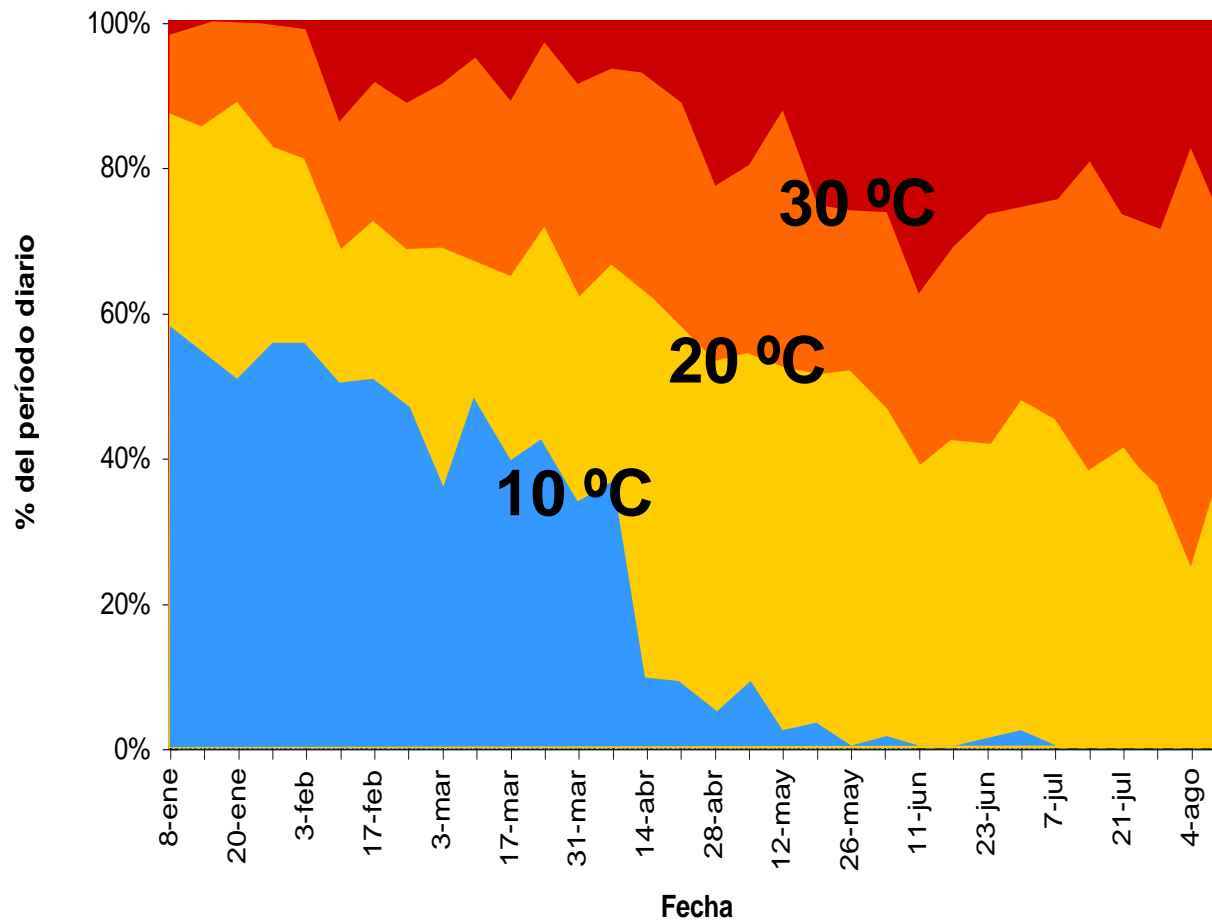
Frankliniella occidentalis



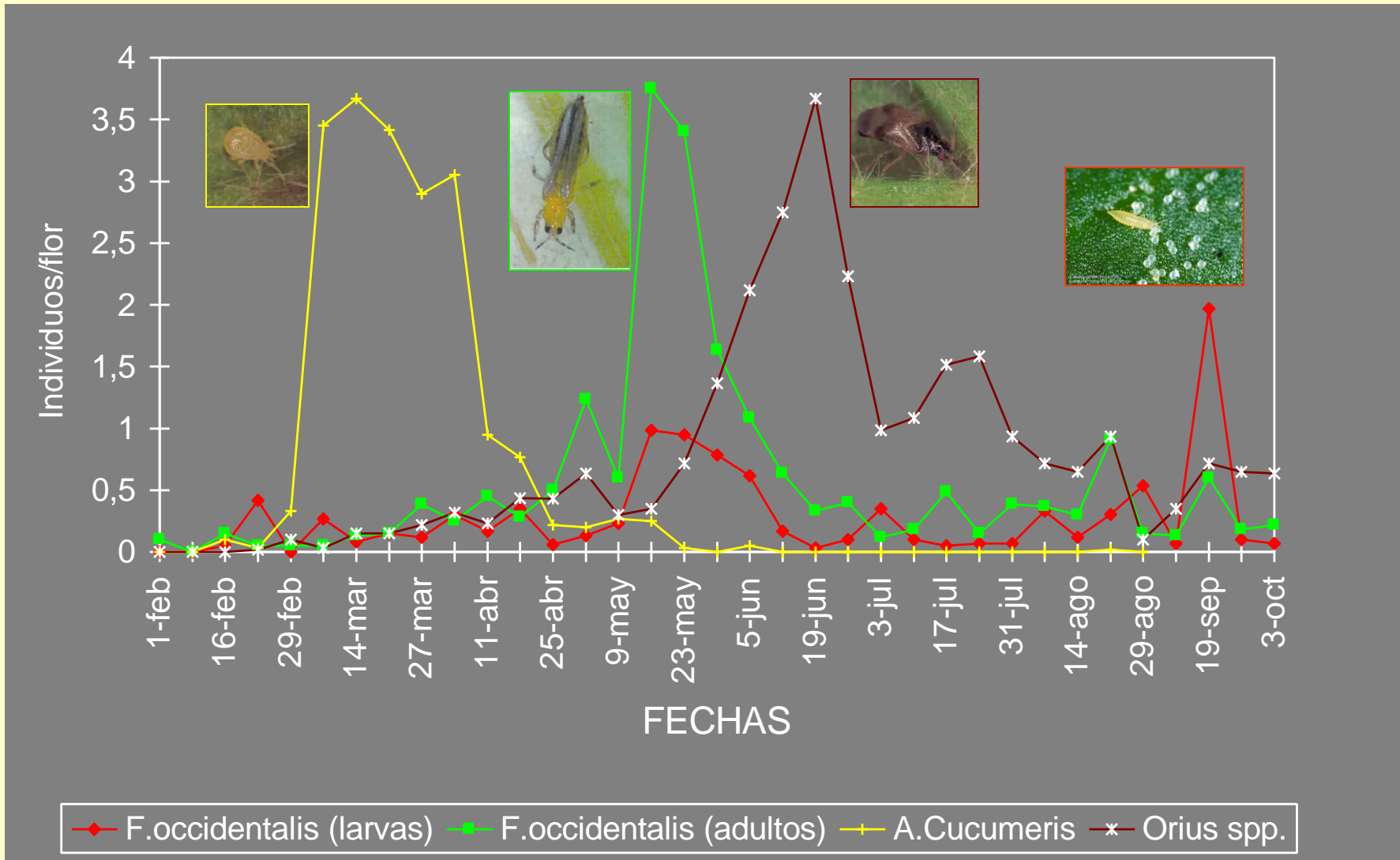
Temperaturas medias en los invernaderos de Murcia

Frankliniella occidentalis

Número de horas con t^a media $\leq 10^\circ$; $10^\circ > t^a \leq 20^\circ$; $20^\circ > t^a \leq 30^\circ$; $t^a \geq 30^\circ$, en los invernaderos de Murcia

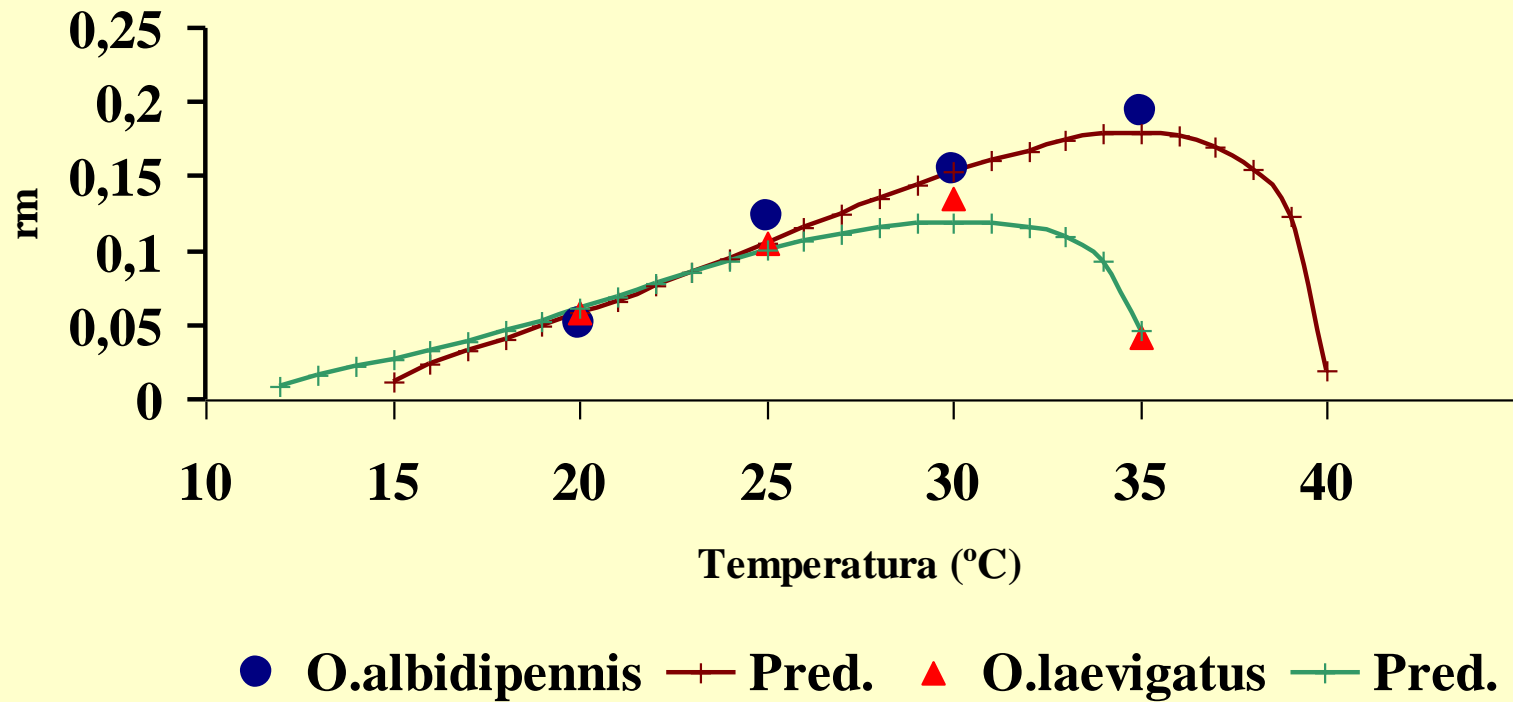


Enemigos naturales: comportamiento



Control biológico

Modelización del r_m de *O.laevigatus* y *O. albidipennis*



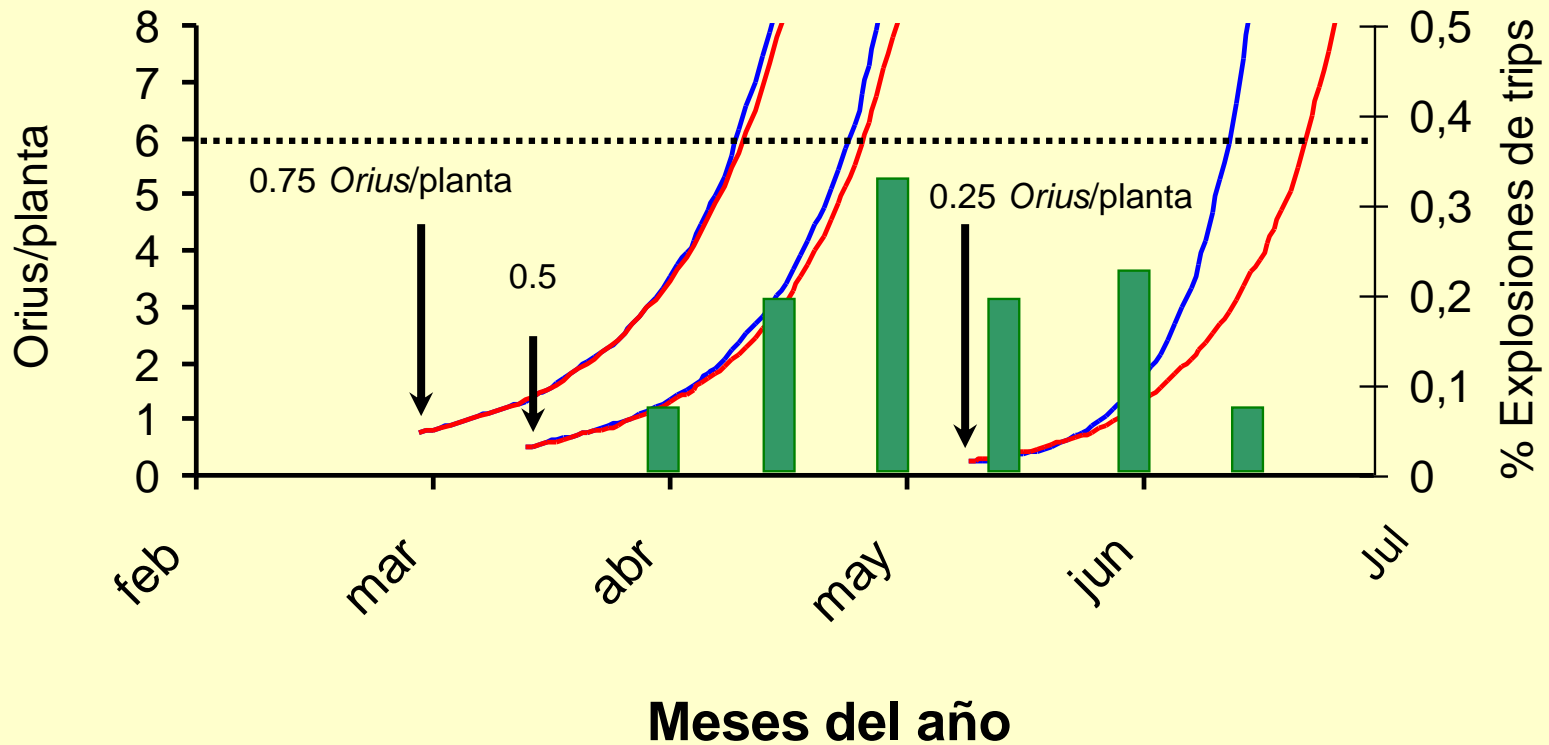
Control biológico

Modelización de la dinámica poblacional de *Orius* spp.

Orius albidipennis

Orius laevigatus

Explosiones demográficas de trips



Bemisia tabaci

Enemigos naturales

Depredadores:

Amblyseius swirskii

Parasitoides

Eretmocerus mundus

Entomopatógenos

Beauveria bassiana

Insecticidas compatibles

Jabones, aceites,
extractos

Medidas culturales

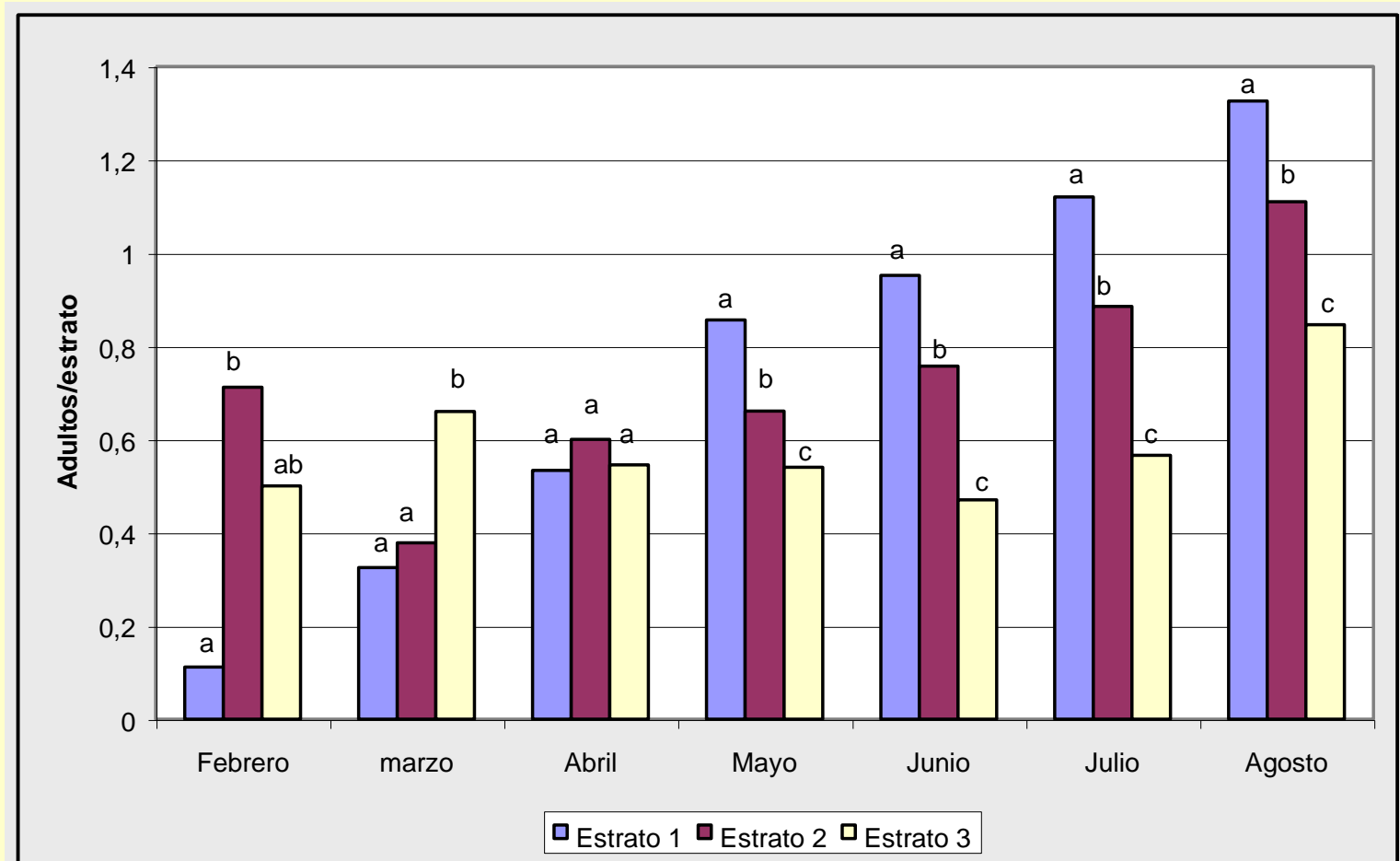
Medidas de higiene y limpieza

Trampas cromotrópicas

Mallas anti-insectos

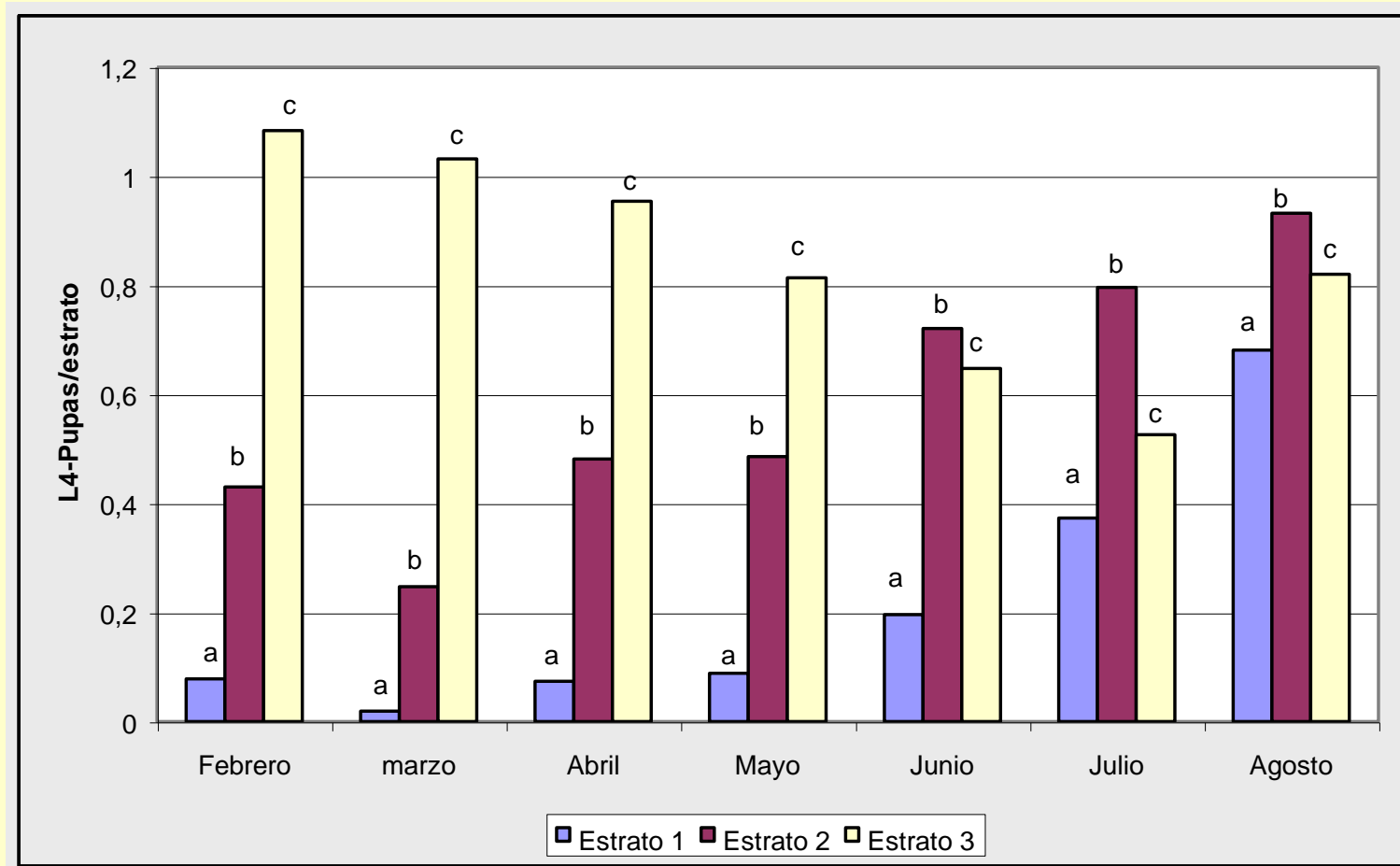


Ecología y hábitos



Distribución agragativa estratificada de adultos de *B. tabaci* en hojas de pimiento en invernadero

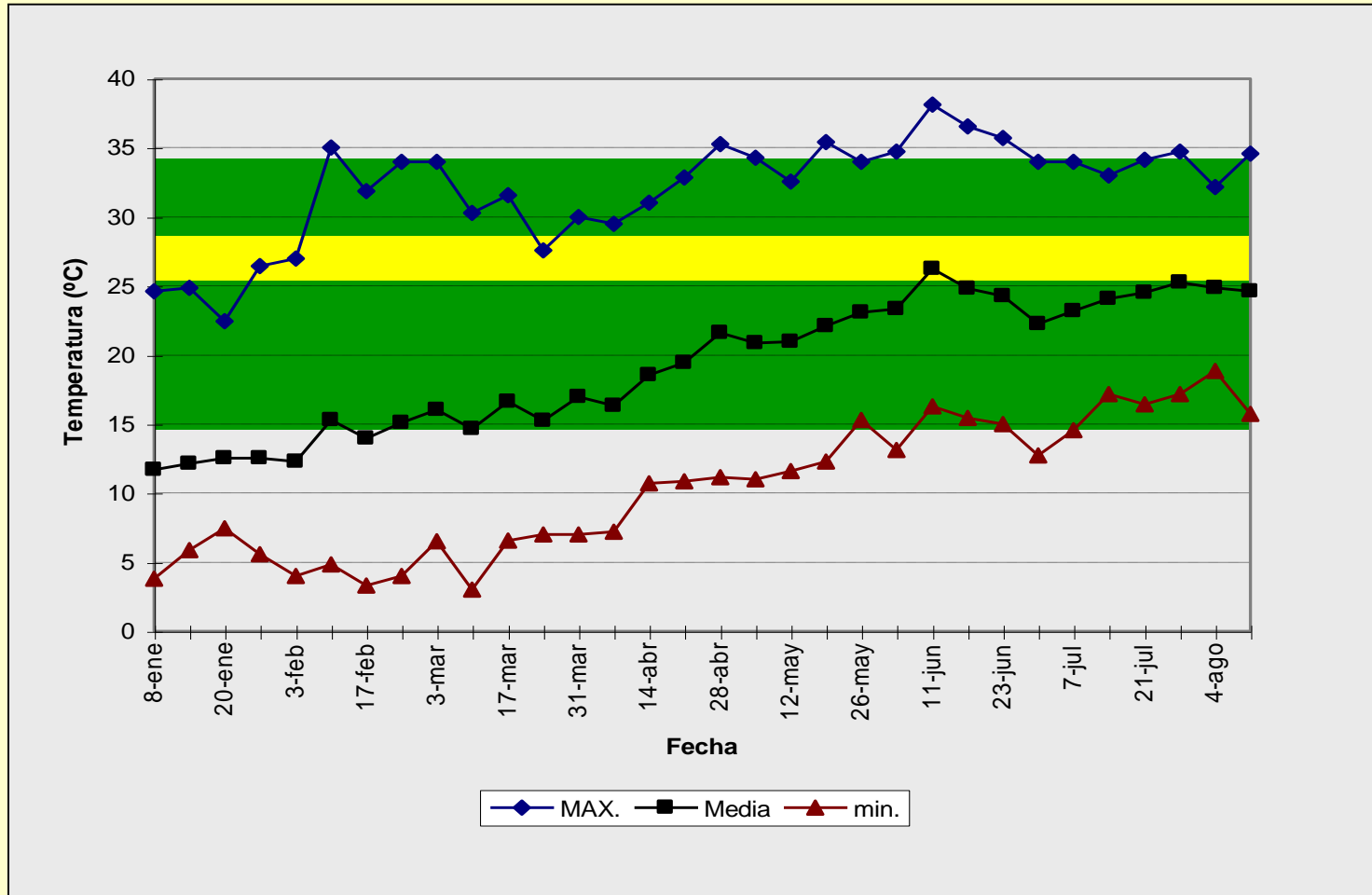
Ecología y hábitos



Distribución agragativa estratificada de larvas de *B. tabaci* en hojas de pimiento en invernadero

Control biológico en pimiento

Bemisia tabaci



Temperaturas en los invernaderos de pimiento en Murcia

Tetranychus urticae y otros

Enemigos naturales

Ácaros depredadores:
Amblyseius californicus
Phytoseiulus persimilis
Amblyseius swirskii
Amblyseius andersoni
Depredadores generalistas
Orius spp

Acaricidas compatibles

Azufre, aceites

Medidas culturales

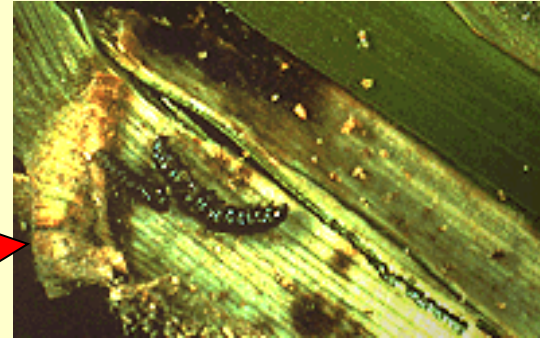
Medidas de higiene y limpieza



Orugas defoliadoras: *Spodoptera exigua*, *Helicoverpa armigera*

Enemigos naturales

Entomopatógenos
Bacillus thuringiensis
Baculovirus



Medidas culturales

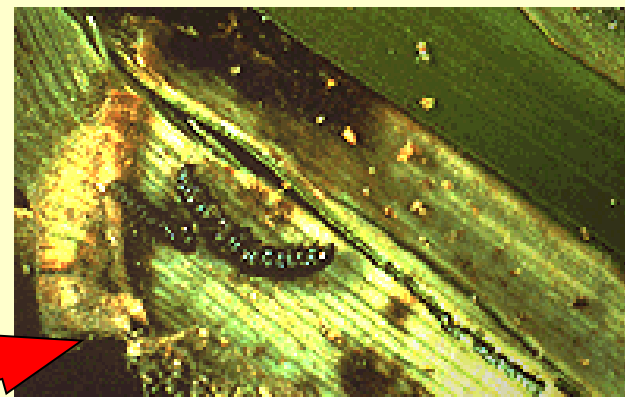
Medidas de higiene y limpieza
Mallas anti-insectos



Orugas taladradoras: *Ostrinia nubilalis*

Enemigos naturales

Entomopatógenos
Bacillus thuringiensis
Virus
Parasitoides
Trichogramma spp.



Medidas biotécnicas

Confusión sexual con feromonas

Medidas culturales

Medidas de higiene y limpieza
Mallas anti-insectos



Pulgones: Myzus persicae, Aphis gossypii

Enemigos naturales

Parasitoides

Aphidius colemani

Aphidius matricariae

Depredadores

Aphydoletes aphydimiza

Coccinellidos



Insecticidas compatibles

Jabones potásicos

Aceites

Medidas técnicas y culturales

Medidas de higiene y limpieza

Trampas cromotrópicas

Mallas anti-insectos



Pulgones: *Macrosiphum euphorbiae*, *Aulacorthum solani*

Enemigos naturales

Parasitoides

Aphidius ervi

Aphelinus abdominalis

Depredadores

Aphydoletes aphydimiza

Coccinellidos

Sírfidos

Insecticidas compatibles

Jabones potásicos

Aceites vegetales

Medidas culturales

Medidas de higiene y limpieza

Trampas cromotrópicas

Mallas anti-insectos



Ejemplos de abordaje de protección frente a enfermedades

Enfermedades del suelo en cultivos de pimiento en invernadero

Problemas del suelo en pimiento

Phytophthora parasitica

Phytophthora capsici



Meloidogyne incognita



Medios de control

Desinfección no química en preplantación

Resistencias genéticas en variedades o porta-injertos a *Phytophthora* a *Meloidogyne*

Aplicaciones durante el cultivo: productos naturales y biológicos

Rotaciones de cultivos

- Para el control de los patógenos

- Para paliar el efecto de la fatiga del suelo

Estrategias integradas

- Desinfección + resistencias genéticas

- Desinfección + tratamientos durante el cultivo

- Rotación de cultivos + resistencias genéticas

- Rotación de cultivos + tratamientos durante el cultivo

Resistencias genéticas

Objetivo: evitar la infección o la manifestación de enfermedad

Resistencias a *Meloidogyne incognita*

La conferida por el gen Me3 es remontada tras reiteración de su uso

La conferida por el gen Me1 parece más durable

Posibles resistencias parciales estables

Son pocas las variedades comerciales con resistencias a *Meloidogyne*

Resistencia a *Phytophthora*

No se dispone de variedades comerciales con resistencia

La resistencia que portan los portainjertos se comporta como estable, con diferentes niveles de expresión según el porta-injertos y la especie

Desinfección del suelo en preplantación

Objetivo: reducir las poblaciones antes de implantar el cultivo

Solarización: calentamiento del suelo húmedo por radiación solar

Biofumigación: gases con efectos fumigantes, generados por descomposición de materia orgánica

Biosolarización: biofumigación+ solarización
Efectos de la temperatura, los gases, anaerobiosis, supresividad, etc.

Aplicaciones durante el cultivo

Objetivo: limitar el crecimiento de las poblaciones después de plantar

Productos naturales

Extractos de tagetes, de pino, de limón, etc

Organismos antagonistas de los nematodos

Hongos como *Paecilomyces*, *Arthrobotrys*, *Hirsutella*, etc.

Bacterias como *Pasteuria*, etc.

Organismos antagonistas de *Phytophthora*

Trichoderma, etc.

Otros medios de defensa

Microorganismos estimuladores del sistema de defensa de las plantas

Bacterias como *Bacillus*, *Pseudomonas*, etc.

Hongos como *Trichoderma*, micorrizas, etc.

Sustancias de origen natural (extractos de plantas, por ejemplo)

Sustancias con efectos sobre elicitores

Rotación de cultivos

Cultivos compatibles con el ciclo del pimiento

No susceptibles a *Phytophthora*: varias posibilidades

No susceptibles a *Meloidogyne*: pocas posibilidades

No o poco multiplicadores de *Meloidogyne*: algunas brasicas

Cualquiera puede ser adecuado para paliar el efecto de la fatiga

Que sean viables económicamente en el conjunto de la rotación

La biosolarización como medio más asequibles

Fases y labores del proceso de biosolarización

- Triturado de los restos del cultivo anterior
- Incorporación de las enmiendas mediante labores
- Extensión de ramales de riego por goteo
- Riego durante 3 ó 4 horas dos días consecutivos
- Colocación del plástico de sellado (PE, 200 GG)
- Retirada de los plásticos a las 6 semanas

Triturado
cultivo
anterior



Fases y labores del proceso

Enterrado
de
enmiendas
sólidas



Humedecimiento del suelo

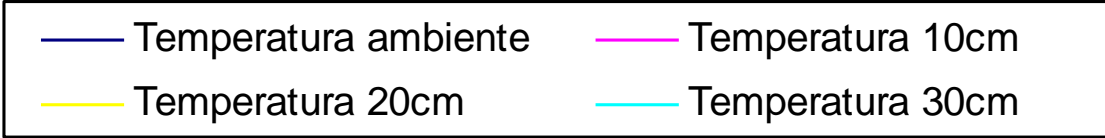
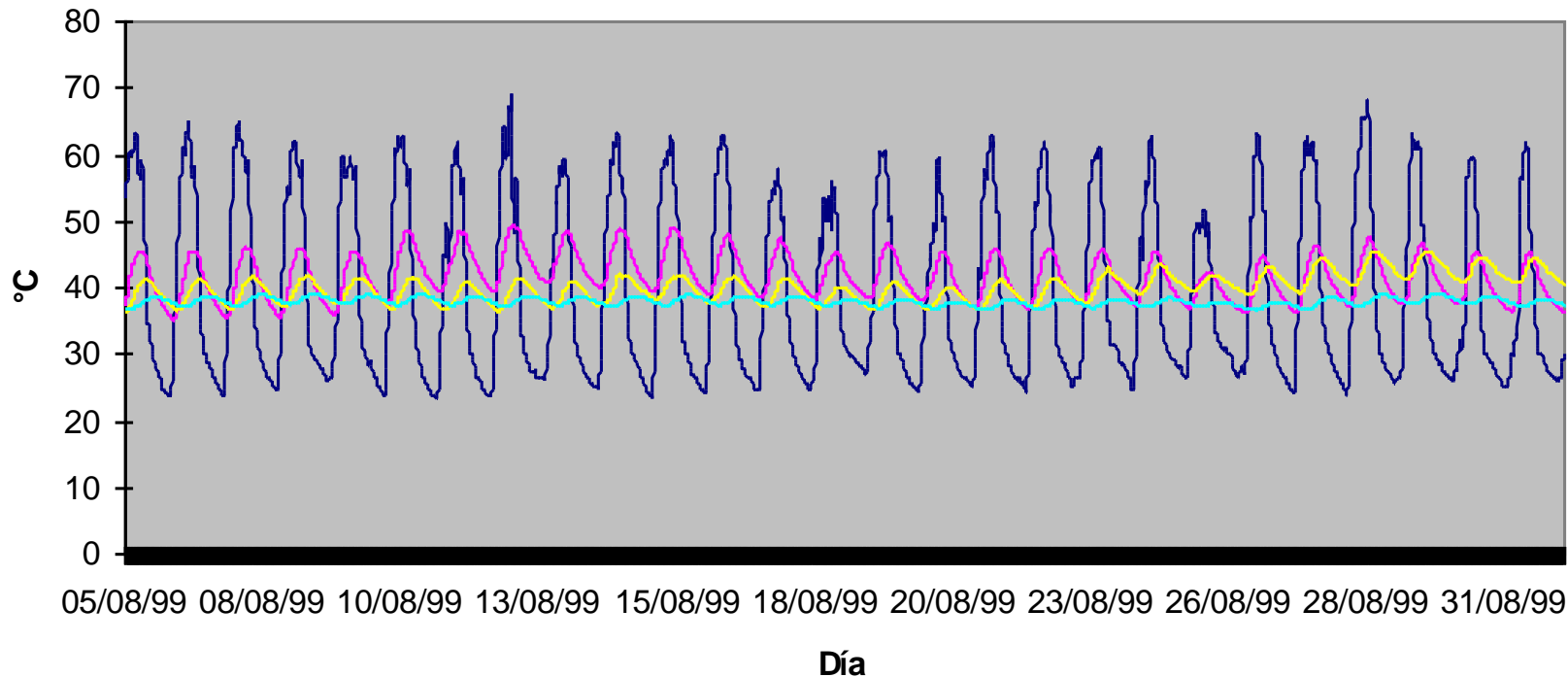


Aplicación
enmiendas
líquidas

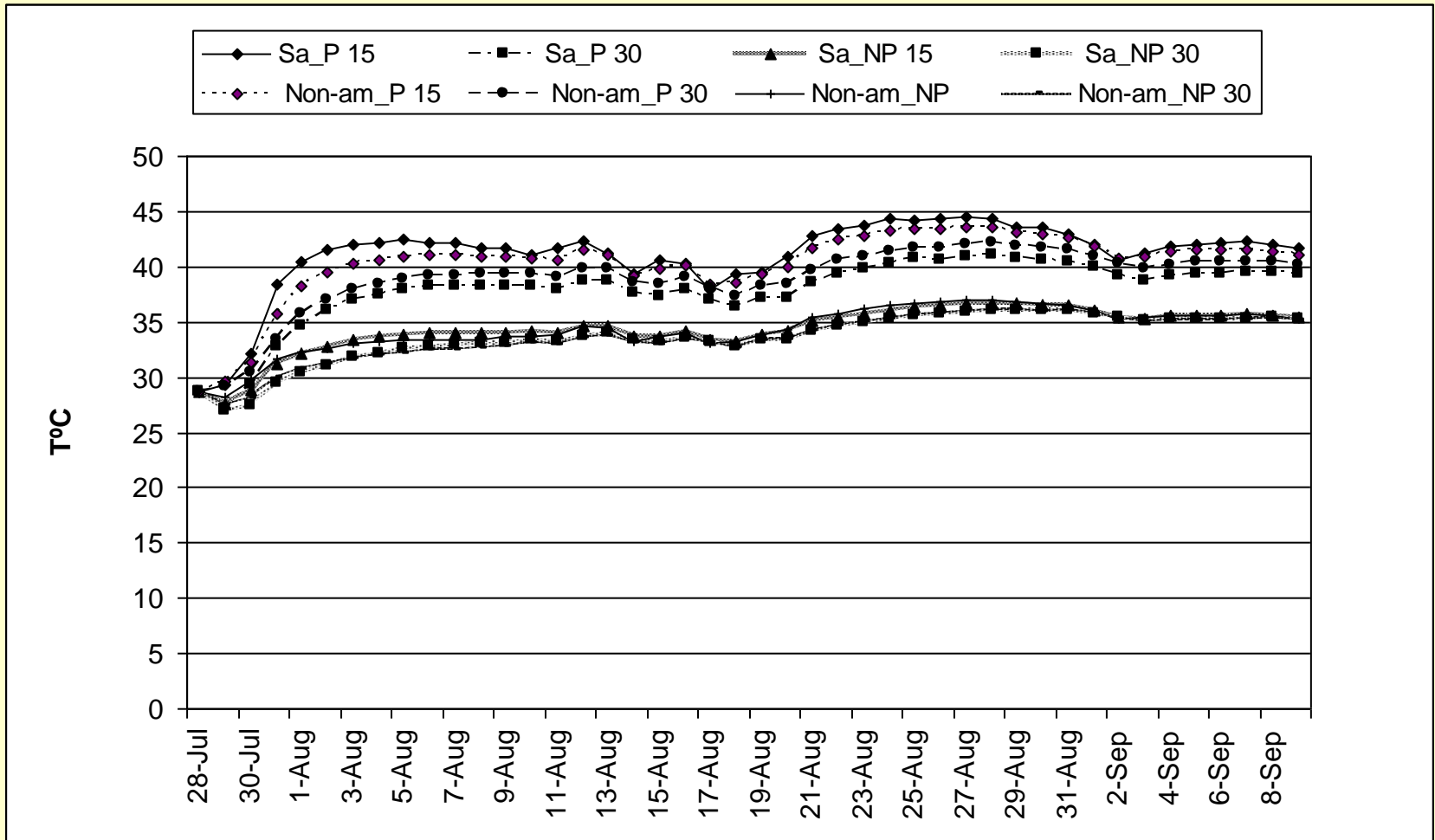


Temperaturas a diferentes profundidades

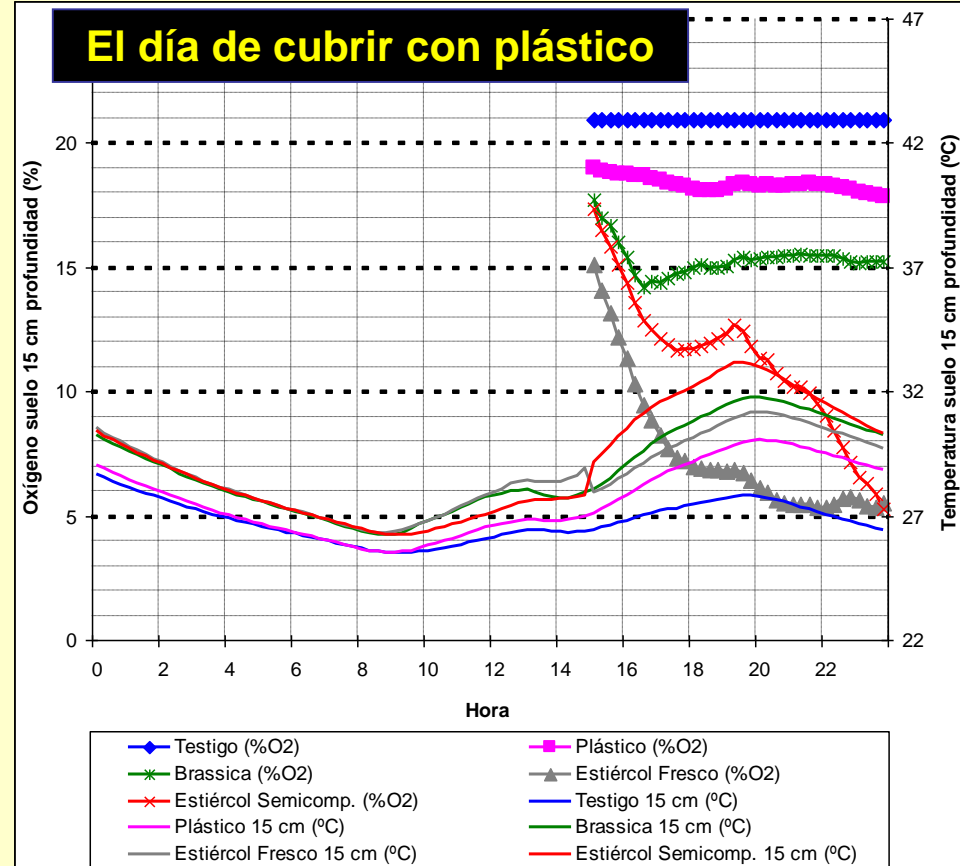
Temperaturas agosto



Temperaturas a diferentes profundidades

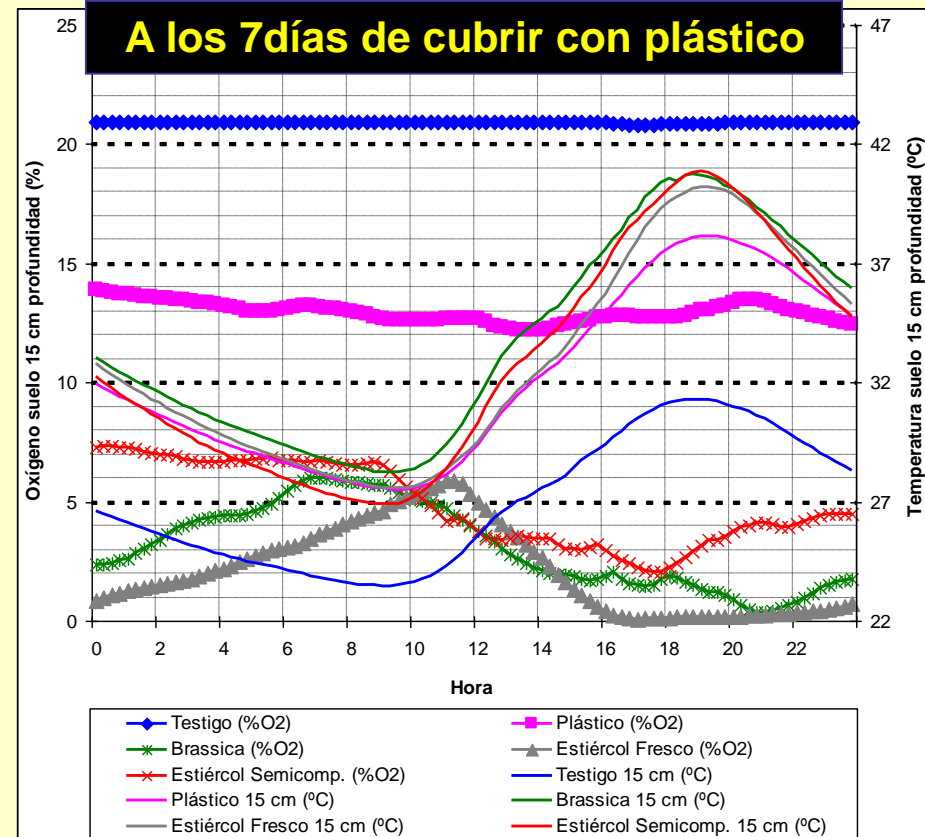


El día de cubrir con plástico

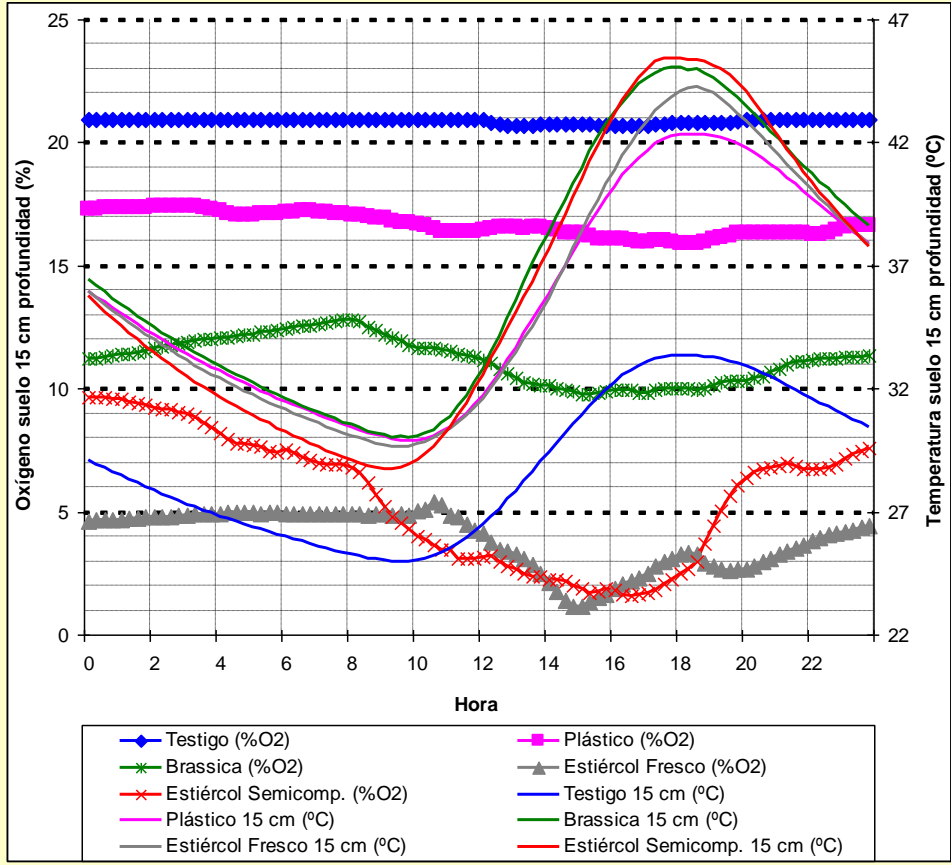


Evolución de las temperaturas y los niveles de oxígeno

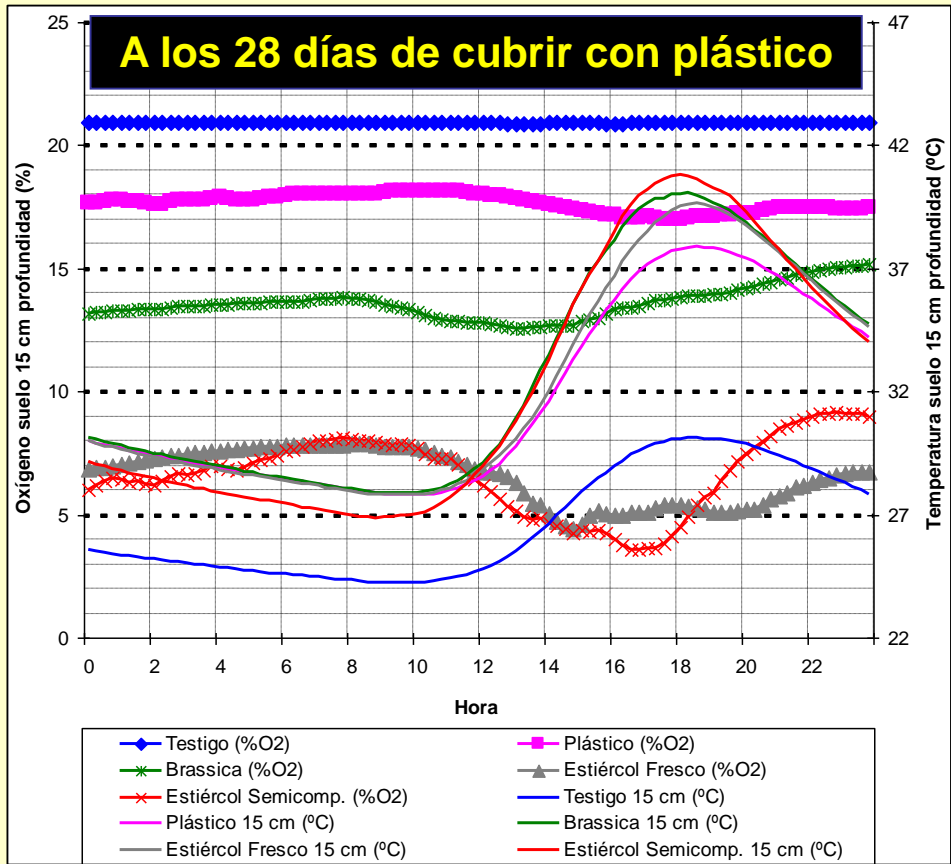
A los 7 días de cubrir con plástico



Evolución de las temperaturas y los niveles de oxígeno



A los 21 días de cubrir con plástico



Con biosolarización iniciada en agosto

Meloidogyne. Variaciones anuales la temperatura

Tratamientos	% plantas <i>M. incognita</i>	Índice de agallas	Producción comercial (kg/m ²)
BM 98:2 30 g/m ²	54,2 b	1,3 a	8,2 b
BS con EFO+G 1º año	100,0 c	6,4 c	9,0 ab
BS 2º año	87,5 c	4,3 b	10,6 a
BS 3º año	33,3 a	1,4 a	9,3 ab
BS 4º año	54,2 b	1,0 a	9,2 ab
Testigo	100,0 c	7,8 c	6,9 c

Tratamientos	% plantas <i>M. incognita</i>	Índice de agallas	Producción comercial (kg/m ²)
BM 98:2 30 g/m ²	6,6a	0,2a	6,3 b
BS con EFO+G 3º año	73,3cd	2,3c	9,2 a
BS 5º año	13,3ab	0,7a	9,4 a
BS 6º año	40,0bc	1,7b	9,2 a
BS 7º año	6,7a	0,1a	9,1 a
Testigo	83,3d	4,00d	6,2 b

Biosolarización con varias enmiendas y dos fechas

Meloidogyne. La concentración de gases también depende de la temperatura

Tratamientos	Índice de agallas	% plantas infestadas	Prod com (kg/m ²)
BM 98:2 a 30g/m ² VIF	2,3 a	60,0 a	10,3 a
BS vinaza , agosto	3,6 b	93,3 b	10,2 a
BS EFO+ vinaza, ago	2,8 ab	66,7 a	10,1ab
BS vinaza, octubre	7,1 c	100,0 b	9,2 b
BS EFO+ vinaza, oct	7,7 c	100,0 b	9,5 ab
No desinfectado	6,4 c	100,0 b	7,1c



Vinaza de remolacha

Tratamiento	Indice de agallas	% plantas infestadas	Prod. com. (kg/m ²)
BrMe 98:2 a 30g/m ²	0,1a	6,6a	11,1b
BS EFO, agosto	2,9b	70,0b	12,7a
BS Pellets+ EFO, ago	2,8b	83,3bc	12,6a
BS EFO+ Pellets, oct	4,6c	93,3bc	10,9b
BS Pellets +EFO, oct	4,1c	100,0c	10,9b
No desinfectado	5,7d	100,0c	9,7 c



Pellets de B. carinata

Biosolarización con varias enmiendas y dos fechas

Meloidogyne. La concentración de gases también depende de la temperatura

Tratamientos	Índice de agallas	% plantas infestadas	Prod com (kg/m ²)
BS torta colza agosto	1,4a	66,7a	10,2a
BS bagazo + EFO, ago	1,2a	66,7a	8,4b
BS torta colza, octubre	2,5b	93,3ab	9,0b
BS bagazo + EFO, oct	2,8b	100,0b	8,5b
No desinfectado	4,2c	100,0b	7,0c



Torta de colza



Bagazo de cerveza

Tratamientos	Índice de agallas	% plantas infestadas	Prod com (kg/m ²)
BS torta colza agosto	0,5a	26,7a	10,6b
BS bagazo + EFO, ago	1,1ab	46,7ab	10,4b
BS torta colza, octubre	1,7b	66,7b	9,9b
BS bagazo + EFO, oct	5,9c	100,0c	9,9b
No desinfectado	6,4c	100,0c	7,3a



Bagazo de cerveza+ EFO

Combinación del injerto con biosolarización agosto

Invernadero población virulenta a Me3

Tratamiento	Índice agallas	(%) plantas infestadas	Produc. comercial (kg m ⁻²)
BrMe + C25	0.0a	0.0a	10.6 bc
BrMe, sin injertar	1.2c	40.0cd	10.3 bc
BS 2º año + C25	0.7bc	26.6bcd	12.8 a
BS 2º año, sin injertar	7.2d	100.0e	12.0 ab
BSp 2º año + C25	0.3ab	13.3abc	12.8 a
BSp 2º año + sin injertar	5.7d	90.0e	12.5 ab
BFU 2º año + C25	5.6d	100.0e	11.8 b
BFU 2º año + sin injertar	7.3d	100.0e	9.7 c
BSp 1º año + C25	0.0a	0.0a	13.4 a
BSp 1º año + sin injertar	5.7d	100.0e	11.3 b

BFU= biofumigación; BS= biosolarización; BSp= biosolarización restos pimiento

Biosolarización dos enmiendas, agosto/octubre, injerto en Me1

Tratamiento	Índice de agallas	Plantas con agallas (%)
Testigo	6,27	100
BrMe 98:2 a 30g/m ² + pl sin injer	0,20	6,66
BrMe 98:2 a 30g/m ² + Me1	0,00	0,00
BS EFO (agosto) + pl sin injer	4,87	93,33
BS EFO (agosto) + Me1	0,00	0,00
BS Pellets ESCO (agosto) + pl sin inje	4,33	86,66
BS Pellets ESCO (agosto) + Me1	0,00	0,00
BS EFO+ Pellets (octubre) + pl sin injer	6,80	100
BS EFO+ Pellets (octubre) + Me1	0,00	0,00
BS Pellets ESCO (octubre) + pl sin injer	5,40	100
BS Pellets ESCO (octubre) + Me1	0,00	0,00

Rotación con brasicas para biosolarización

Rotación con brasicas para biosolarización

Capacidad multiplicadora de *Meloidogyne* de varias brasicas

Brasica	Índice agallas	Nº masas de huevos	% plantas infectadas
R. sativus Boss	1,6 bc	5,1a	73,3ab
R. sativus Carwoodi	0,5 a	0,4a	40,00a
R. sativus Eexta	2,0 bc	6,5a	93,3b
R. sativus Karakter	1,3 ab	7,5a	66,7ab
S. alba Ludique	4,1 d	84,7b	100,0b
B. juncea Scala	3,5 cd	98,1b	100,0b
Testigo (Amaranthus)	3,8 d	79,4b	100,0b



Necesidades de investigación

Epidemiología de plagas y enfermedades con enfoque de patosistema

Interacciones

Planta/parásitos

Planta/ patógeno

Parásito/ depredador o parasitoide

Patógeno/ antagonista

Metodologías de manejo de los sistemas=patosistemas

Herramientas para el seguimiento de patógenos, parásitos, enemigos naturales

Modelos de decisión

Necesidades de formación

En principios básicos y normativos  Técnicos

En métodos prácticos  Agricultores



MUCHAS GRACIAS

POR SU ATENCIÓN