EVALUACIÓN DE UN CULTIVO DE TOMATE ECOLÓGICO EN INVERNADERO

D. E. MECA ABAD
J. C. GÁZQUEZ GARRIDO
E. M.ª MARTÍNEZ FERNÁNDEZ
M.ª D. SEGURA RODRÍGUEZ

Estación Experimental de la Fundación Cajamar
Paraje Las Palmerillas, 25. 04710 El Ejido (Almería)

RESUMEN

La Agricultura Ecológica se plantea como una alternativa de desarrollo sostenible. La necesidad de equiparar los modelos de producción ecológicos a los modelos convencionales hace necesario la realización de ensayos comparativos para averiguar cuales son los factores más desfavorables de este modelo para realizar la mejora del mismo.

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se lleva a cabo un Programa de trabajo para el desarrollo de técnicas de cultivo ecológico de hortalizas en invernadero siguiendo el método recogido por el Reglamento CE 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica.

El objetivo es obtener datos válidos del método de producción de Agricultura Ecológica en invernadero. Para ello se ha desarrollado un programa de rotación de cultivos, teniendo en cuenta los cultivos más representativos de nuestra zona.

En todos los ensayos realizados se han comparado siempre dos estrategias de fertilización orgánica u ecológica con respecto a un tratamiento o fertilización convencional (mediante abonos de síntesis), para lo cual el invernadero se encuentra subdividido en doce parcelas elementales (cuatro por cada tratamiento de fertilización) y tres sistemas de riego independientes, realizándose el manejo de plagas y enfermedades en común conforme al Reglamento CE 2092/91.

En la campaña de otoño 2007/2008 se realizó un cultivo de tomate en ramo, teniendo serios problemas con *Botritys cinerea* al final del ciclo de cultivo, mermando la producción final sin lograr minimizar los daños con la aplicación de los tratamientos fungicidas realizados con materias activas recogidas en el Anexo II A del Reglamento 20092/91.

Es necesaria la realización de un seguimiento continuo de plagas y enfermedades para medidas preventivas así como seguir ensayando materias activas recogidas en el Reglamento CE 2092/91.

Palabras clave: *agricultura ecológica, Reglamento CE2092/91, producción,* Botritys cinerea.

INTRODUCCIÓN

La Agricultura Ecológica se plantea como una alternativa de desarrollo sostenible. La necesidad de equiparar los modelos de producción ecológicos a los modelos convencionales hace necesario la realización de ensayos comparativos para averiguar cuales son los factores más desfavorables de este modelo para realizar la mejora del mismo.

Se puede definir la agricultura ecológica como el sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima *calidad* respetando el *medio ambiente* y conservando la *fertilidad* de la tierra, mediante la utilización óptima de los recursos y sin el empleo de productos químicos de síntesis (Guerrero, L. 2007). En todo caso, un producto agrario y alimentario, para poder ser considerado ecológico, debe de cumplir con los requisitos del Reglamento CE 2092/91.

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar ante el creciente interés del sector hortofrutícola y la escasez de investigaciones que ofrezcan resultados para facilitar la puesta en práctica de modelos de cultivo bajo abrigo en producción ecológica, (existe un gran desconocimiento de las materias activas a emplear, basadas la mayoría en formulados a base de extractos vegetales, su efectividad para corregir carencias o controlar plagas o enfermedades, su efecto sobre los enemigos naturales, así como también se desconocen las respuestas productivas de los diferentes cultivos), además de que existe poca información sobre AE en invernadero y un limitado asesoramiento técnico, poca diversidad de productos y productores, además de una insuficiente red de comercialización a nivel local. Por todo ello se lleva a cabo desde la campaña 03/04 un programa de trabajo para el desarrollo de técnicas de cultivo ecológico de hortalizas en invernadero siguiendo el método recogido por el Reglamento CE 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica.

En los últimos años la superficie dedicada a AE en España ha alcanzado las 926.390 ha, con 19.211 productores. En Almería, la Agricultura Ecológica (AE) está más desarrollada en las zonas del interior y en cultivos extensivos, principalmente almendro y cereales, que en la zona litoral (Comarcas del Poniente y del Levante) donde existen pocas explotaciones y bastante dispersas. No obstante en Almería cada año aumenta el número de has dedicadas al cultivo de hortalizas bajo plástico.

El objetivo es obtener datos válidos del método de producción de Agricultura Ecológica en invernadero. Para ello se ha desarrollado un programa de rotación de cultivos, teniendo en cuenta los cultivos más representativos de nuestra zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realiza en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, situada en el término municipal de El Ejido, Almería.

El invernadero utilizado es de tipo "parral" asimétrico con una superficie cultivable de 570 m^2, con ventilación automatizada lateral y cenital. El material de cerramiento empleado es un film tricapa incoloro difuso de larga duración (643/633/643).

La rotación de cultivos se ha realizado con los principales cultivos hortícolas más cultivados y representativos por tanto de la horticultura almeriense.

Los ensayos se iniciaron en la campaña 2004/2005 con un cultivo de pepino en ciclo de otoño, y además de este cultivo se han evaluado un cultivo de judía en ciclo de primavera y otro de pimiento en ciclo de otoño (campaña 2005/2006). Posteriormente en

la campaña 2006/2007 se evaluaron un cultivo de calabacín en ciclo de otoño y un cultivo de berenjena en ciclo de primavera. En la campaña 2007/2008 (campaña a la que se refiere el presente trabajo) se realizó un cultivo de tomate en ramo:

Rotación de cultivos		
Campaña	**Ciclo**	**Cultivo**
2004-2005	Otoño	Pepino
	Primavera	Judía alta
2005-2006	Otoño	Pimiento
	Primavera	Barbecho
2006-2007	Otoño	Calabacín
	Primavera	Berenjena
2007-2008	Otoño	Tomate

El suelo es un "enarenado" típico de la provincia de Almería.

En el ensayo se ha comparado dos estrategias de fertilización orgánica con respecto a un tratamiento convencional, para lo cual el invernadero se encuentra subdividido en doce parcelas elementales (cuatro por cada tratamiento de fertilización) y tres sistemas de riego independientes. Lógicamente al coincidir los tres tratamientos en el mismo invernadero el manejo de plagas y enfermedades se hace conforme al Reglamento CE 2092/91.

El material vegetal empleado fue tomate en ramo *Solanum lycopersicum* Mil. cv Colby ("Syngenta"), tolerante a TYLCV.

Se realizó transplante el día 15 de septiembre de 2007 y finalizando el cultivo el 4 de abril de 2008. En concreto se evaluaron dos estrategias de fertilización ecológica iguales basadas en la preparación de un abonado de fondo mediante retranqueo empleando tomate injertado y sin injertar comparándolo con la fertilización convencional (también tomate sin injertar). Para la incorporación del abonado de fondo se realizó un retranqueo de todas las parcelas, incluidas las del tratamiento convencional con 9 $kg \cdot m^{-2}$ de estiércol de procedencia de ganadería ovina:

- T1 (INJERTO): Fertilización ecológica (basada en la preparación de un abonado de fondo mediante la adición al suelo de estiércol de ovino), empleando tomate Colby injertado sobre Beaufort.
- T2 (ECOLÓGICO): Fertilización ecológica (igual que el tratamiento anterior), empleando tomate sin injertar.
- T3 (CONVENCIONAL): Fertilización convencional (mediante la incorporación de sales inorgánicas de síntesis en cobertera tras la aplicación del mismo abonado de fondo) empleando también tomate sin injertar.

En los tratamientos ecológicos no se incorporó ningún abono en cobertera a lo largo del ciclo de cultivo.

El marco de plantación fue de 1,5 x 0,5 m, lo que determinó una densidad de 1,33 plantas$\cdot m^{-2}$ para T2 y T3, mientras que para T1 el marco de plantación fue de 1,5 x 1, determinando una densidad de plantación de 0,67 plantas$\cdot m^{-2}$.

Para evitar la posible transferencia de agua y soluciones de riego entre tratamientos cada parcela estaba dividida por un plástico enterrado hasta 0,7 m de profundidad, contabilizándose las producciones de las líneas centrales de cada parcela.

El diseño experimental fue unifactorial, con 4 repeticiones por tratamiento.

El entutorado del cultivo se realizó mediante rafia biodegradable de fibras vegetales (yute) los tratamientos orgánicos y con rafia de polipropileno el cultivo convencional.

El control de plagas y enfermedades se ha realizado mediante la sueltas de fauna auxiliar intentando minimizar los tratamientos fitosanitarios con materias activas recogidas en dicha normativa.

Semanalmente se hacían conteos de plagas y enfermedades en el invernadero para lo cuál se seleccionaban 20 plantas al azar y observando 3 hojas por planta (en la parte baja, media y alta) así como las flores, muestreando tanto los insectos plaga como los enemigos naturales, además de muestrear también las placas de monitoreo colocadas en las puertas de acceso al invernadero.

Plagas y enfermedades

La incidencia de plagas fue la normal para el ciclo de cultivo realizado. Para el control de mosca blanca se realizó una suelta de *Nesidiocoris tenuis*. Al tratarse de un cultivo tardío se decidió realizar una única suelta a dosis de 1,6 individuos·m^{-2}, realizada el 10 de octubre de 2007. Es un insecto con hábitos alimenticios mixtos, fitófago y zoofago alimentándose de la planta en ausencia de plaga, motivo por el cua se puede recurrir a la suelta de huevos de *Ephesthia kuehniella* Zell (Lepidoptera: Pyralidae como complemento alimenticio hasta la aparición de los primeros individuos de mosca blanca.

Ephestia kuehniella Zell es una polilla de la Harina, especie plaga de almacenes de Harina en zonas templadas y sirven de de alimento para parasitoides y depredadores zoofagos *(Orius, Chrysopoerla carnea)*. Se puede observar que la instalación ha sido lenta desde el principio siendo niveles bajos hasta finales de enero. A partir de ese momento las poblaciones aumentan a medida que aumenta la temperatura y la radiación ya que los valores que se registran en los invernaderos de Almería en otoño e invierno dista mucho de la óptima para el desarrollo de Nesidiocoris (25 ºC) y que hay una influencia notable de la radiación en la duración de las etapas de desarrollo de este insecto.

Por tanto es aconsejable adelantar las sueltas en la medida de lo posible para garantizar una instalación adecuada de Nesidiocoris. En este sentido, el empleo de plantas reservorio puede ayudar notablemente a acelerar la instalación de Nesidiocoris.

Por lo general, la incidencia de mosca blanca fue normal realizándose también algún tratamiento con jabón potásico y sueltas de *Eretmocerus mundus*.

La incidencia de trips se hizo patente a partir de 60 ddt sin llegar a provocar daños en frutos ni transmitir virosis (TSWV), bajando la población a partir de 90 ddt y coincidiendo también con la subida de los niveles de *Nesidiocoris*. Se realizó un solo tratamiento con azadiractina (70 ddt).

También hubo incidencia a lo largo del ciclo de cultivo de minador, para lo cual se recurrió a sueltas de *Diglyphus isaea* y a la eliminación de foliolos con galerías.

En cuánto a enfermedades hubo presencia a partir del mes de enero de podredumbre gris, mermando la producción final sin lograr minimizar los daños con la aplicación de los tratamientos fungicidas realizados con materias activas recogidas en el Anexo II A del Reglamento 20092/91 así como con la eliminación de zonas afectadas y aplicación

de masilla elaborada con dichos fungicidas. Al final del ciclo de cultivo los porcentajes de pérdida de cosecha debido a *Botrytis cinerea* fueron de 31,9% para T1, 34,2% para T2 y de 32,9% para T3.

Destacar también que se tuvieron que reforzar los tutores de los cultivos ecológicos ya que los hilos de rafia biodegradable no soportaban el peso de las plantas de tomate, partiéndose muchas veces y provocando también heridas en los troncos de las plantas.

Producción

En total se realizaron 13 recolecciones desde el 12 de diciembre de 2007 (95 ddt) a 4 de abril de 2008 (202 ddt).

La mayor producción total acumulada para el ciclo de cultivo se obtuvo en T3 con 12,1 $kg \cdot m^{-2}$, existiendo diferencias significativas con respecto a T1 (10,8 $kg \cdot m^{-2}$) y T2 (10,9 $kg \cdot m^{-2}$), y no entre ambos tratamientos ecológicos (tabla 1).

El análisis la producción total por períodos revela que para el período I (132 días) la mayor producción precoz la obtuvieron T3 (5,1 $kg \cdot m^{-2}$) y T2 (4,8 $kg \cdot m^{-2}$), existiendo diferencias significativas ($p<0,05$) con respecto a T1 (2,5 $kg \cdot m^{-2}$). Esto se debe fundamentalmente a la pérdida de precocidad que tiene el injerto con respecto a tomate sin injertar, situación que se invierte al avanzar el ciclo de cultivo.

En el período II (133-202 días) la producción total máxima la obtiene T1 con 7,7 $kg \cdot m^{-2}$, seguido de T3 con 6,5 $kg \cdot m^{-2}$ y por último T2 con 5,9 $kg \cdot m^{-2}$, existiendo de nuevo diferencias significativas entre T1 con respecto a T3 y T2 para un nivel del 5%.

La producción comercial acumulada estuvo comprendida entre 11,1 $kg \cdot m^{-2}$ de T3 y 10,2 $kg \cdot m^{-2}$ de T1, siendo de nuevo significativas las diferencias entre T3-T1 pero no con respecto a T2 (10,4 $kg \cdot m^{-2}$).

El análisis por períodos reveló que en el período I, al igual que ocurre con la producción total, de nuevo T3 y T2 con 5,1 y 4,8 $kg \cdot m^{-2}$ fue significativamente mayor a T1 (2,5 $kg \cdot m^{-2}$). En el período II T1 con 7,7 $kg \cdot m^{-2}$ fue el más productivo existiendo diferencias significativas con respecto a T3 (6,0 $kg \cdot m^{-2}$) y T2 (5,6 $kg \cdot m^{-2}$).

En la producción de primera categoría T3 con 7,2 $kg \cdot m^{-2}$ fue el de mayor producción de primera categoría y no existen diferencias significativas aunque si es ligeramente superior a los tratamientos ecológicos (ambos con 6,4 $kg \cdot m^{-2}$).

Analizando la producción de primera categoría por períodos se obtiene que para el período I T2 con 2,9 $kg \cdot m^{-2}$ es el más productivo, seguido de T3 con 2,6 $kg \cdot m^{-2}$ y con la producción mas baja T1 (1,5 $kg \cdot m^{-2}$). Existen diferencias significativas entre T3 y T2 con respecto a T1 ($p<0,05$).

En el período II las producciones de frutos de primera categoría fueron bastante similares para T1 (4,9 $kg \cdot m^{-2}$) y T3 (4,6 $kg \cdot m^{-2}$) encontrándose diferencias significativas con respecto a T2 (3,5 $kg \cdot m^{-2}$).

La producción de segunda categoría (entorno 2,8 $kg \cdot m^{-2}$) como de ramilletes de 4 frutos (ramillete C) tanto en el ciclo de cultivo como en ambos períodos ha sido muy parecida, sin existir diferencias significativas entre tratamientos.

Algo parecido ocurre con la producción no comercial, que ha sido algo superior en T3 (1,0 $kg \cdot m^{-2}$), no existiendo diferencias significativas entre tratamientos ni para el ciclo de cultivo ni para los períodos analizados.

Como conclusiones generales podemos decir que en los cultivos ecológicos es necesario poner en práctica todas las medidas preventivas disponibles (control climático, uso

de herramientas limpias, etc.) y detectar lo antes posible la aparición de plagas y enfermedades para poder controlarlas en su etapa inicial. Para ello es necesario intensificar el monitoreo de las mismas.

Se deben seguir ensayando materias activas recogidas en el Reglamento CE 2092/91 para comprobar su eficacia, especialmente para el control de hongos como *Botrytis cinenea, Phytophthora infestans* o bacterias como *Pseudomonas syringae.*

Foto 1. Detalle de Botrytis en tallo estrangulado de tomate y adulto de Nesidiocoris en planta de tomate

Tabla 1. Producción total, comercial, no comercial, por categorías (kg·m^{-2}) de un cultivo de tomate en ramo

Ciclo de cultivo							
Cultivares	Producción						
	Total	Comercial	No comercial	Ramillete 1	Ramillete 2	Ramillete C	Suelto
Injerto	10,8 b	10,2 b	0,7 a	6,4 a	2,7 a	0,7 a	0,2 a
Ecológico	10,9 b	10,4 ab	0,8 a	6,4 a	2,7 a	0,8 a	0,3 a
Convencional	12,1 a	11,1 a	1,0 a	7,2 a	2,8 a	0,9 a	0,1 a

Período 1 (0-132 ddt)							
Cultivares	Producción						
	Total	Comercial	No comercial	Ramillete 1	Ramillete 2	Ramillete C	Suelto
Injerto	2,5 b	2,5 b	–	1,5 b	0,7 a	0,1 a	0,1 a
Ecológico	4,9a	4,8 a	0,1 a	2,9 a	1,2 a	0,4 a	0,2 a
Convencional	5,1 a	5,1 a	0,3 a	2,6 a	1,7 a	0,6 a	–

Período 2 (133-202 ddt)							
Cultivares	Producción						
	Total	Comercial	No comercial	Ramillete 1	Ramillete 2	Ramillete C	Suelto
Injerto	7,8 a	7,7 a	0,7 a	4,9 a	1,9 a	0,6 a	0,1 a
Ecológico	5,9 b	5,6 b	0,7 a	3,5 b	1,5 a	0,4 a	0,1 a
Convencional	6,5 b	6,0 b	0,7 a	4,6 a	1,1 a	0,3 a	0,1 a

Del 15 de septiembre de 2007 a 04 de abril de 2008.
Nota: Test de rangos múltiples de Mínimas Diferencias Significativas (LSD), números seguidos de distinta letra denotan diferencias significativas (nivel 5%). Cada número es media de cuatro repeticiones.

Tabla 2. Materias activas utilizadas y sueltas, dosis de fauna auxiliar realizadas en el cultivo de tomate

Fecha	Materia activa	Insecto auxiliar/dosis	Plagas/enfermedades
17/09/07	Azufre micronizado		Ácaros
10/10/07	Oxicloruro de Cu		Botrytis, Mildiu
	Azufre Mojable		Oidio
11/10/07		Nesidiocoris tenuis (1,2 ind·m^{-2})	Mosca blanca
12/10/07		Ephestia kuehniella	
22/10/07	Oxicloruro de Cu		Botrytis, Mildiu
	Azufre Mojable		Oidio
25/10/07		Bombus terrestres	
		Diglyphus isaea (0,4 ind·m^{-2})	Minador
		Eretmocerus mundus (1,6 ind·m^{-2})	Mosca blanca
30/10/07		Ephestia kuehniella	
		Eretmocerus mundus (4,7 ind·m^{-2})	Mosca blanca
02/11/07	Bacillus thuringensis		Lepidópteros
	Jabón Potásico		Mosca blanca
09/11/07		Diglyphus isaea (0,06 ind·m^{-2})	Minador
14/11/07		Bombus terrestris	
		Diglyphus isaea (0,06 ind·m^{-2})	Minador
		Eretmocerus mundus (2,4 ind·m^{-2})	Mosca blanca
		Ephestia kuehniella	
		Feromona	H. armiguera
		Feromona	S. exigua
16/11/07	Oxicloruro de Cu		Botrytis, Mildiu
	Azufre Mojable		Vasates
19/11/07	Jabón Potásico		Mosca blanca
	Azadiractina 3,2%		Trips
20/11/07		Diglyphus isaea (0,2 ind·m^{-2})	Minador
29/11/07		Ephestia kuehniella	

Tabla 2. Materias activas utilizadas y sueltas, dosis de fauna auxiliar realizadas en el cultivo de tomate

Fecha	Materia activa	Insecto auxiliar/dosis	Plagas/enfermedades
04/12/07		Diglyphus isaea (0,06 ind·m^{-2})	Minador
11/12/07	Jabón Potásico		Mosca blanca
14/12/07		Diglyphus isaea (0,2 ind·m^{-2})	Minador
19/12/07	Extractos de Fe, Mn		Botrytis, Mildiu
04/01/08	Extractos de Fe, Mn		Botrytis, Mildiu
09/01/08		Ephestia kuehniella	
		Bombus terrestris	
14/01/08	Bacillus subtilis		Botrytis
19/01/08	Bacillus subtilis		Botrytis
25/01/08		Eretmocerus mundus (1,4 ind·m^{-2})	Mosca blanca
29/01/08		Ephestia kuehniella	
31/01/08	Oxicloruro de Cu		Botrytis, Mildiu
07/02/08	Bacillus subtilis		Botrytis
15/02/08		Ephestia kuehniella	
19/02/08	Polvo de Sílice		Botrytis, Mildiu
21/02/08		Bombus terrestris	
22/02/08	Ecofung		Botrytis, Mildiu
	Impact		Botrytis, Mildiu
29/02/08	Ecofung		Botrytis, Mildiu
	Impact		Botrytis, Mildiu

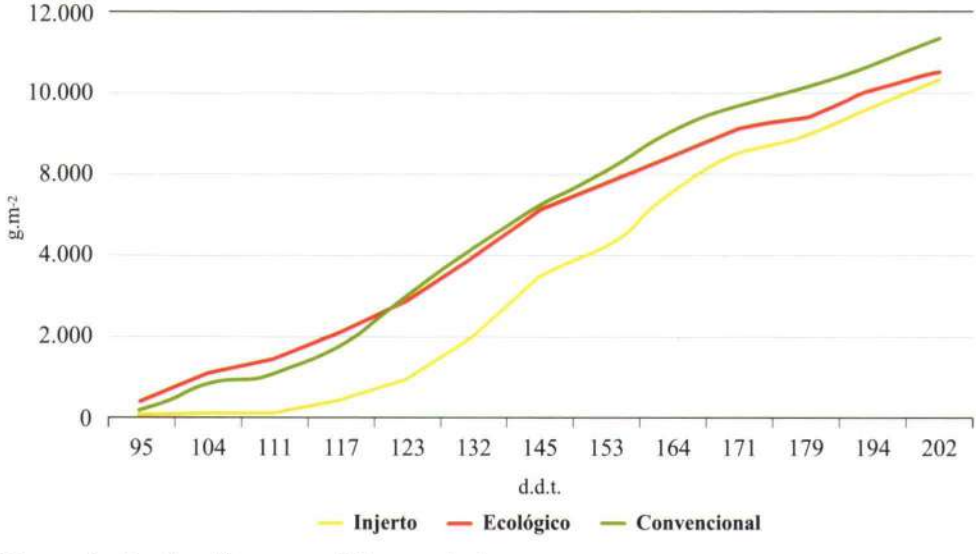

Figura 1. Producción comercial acumulada

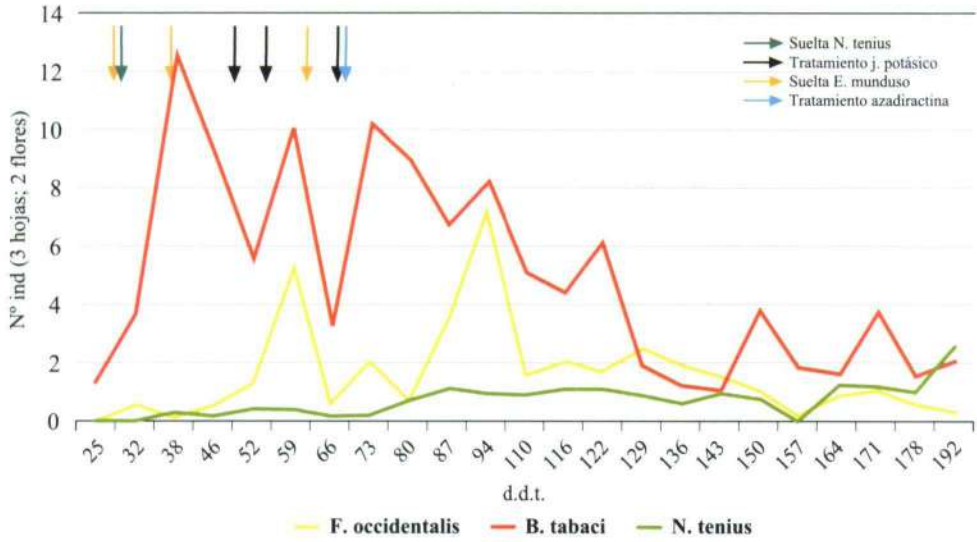
Suelta N. tenius
Tratamiento j. potásico
Suelta E. munduso
Tratamiento azadiractina
Nº ind (3 hojas; 2 flores)
0
2
4
6
8
10
12
14
25
32
38
46
52
59
66
73
80
87
94
110
116
122
129
136
143
150
157
164
171
178
192
d.d.t.
F. occidentalis
B. tabaci
N. tenius

Figura 2.