



/ 04

Documentos **Técnicos**

## Control de *Tuta absoluta* mediante medidas culturales

Jan van der Blom  
Antonio Robledo  
Sonia Torres



# Control de *Tuta absoluta* mediante medidas culturales

Jan van der Blom  
Antonio Robledo  
Sonia Torres

**Equipo de redacción:**

Jan van der Blom  
Antonio Robledo  
Sonia Torres



**Edita:**

Fundación Cajamar  
Paseo de Almería, 25 - 04001 Almería  
[www.fundacioncajamar.com](http://www.fundacioncajamar.com)

**Diseño y maquetación:**

José M. Capel Colomera

**Imprime:** Escobar Impresores, SL. El Ejido (Almería)

**Depósito Legal:** AL - xxxx - 2011

**Fecha de publicación:** Febrero 2011

**Acción financiada por:**



Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA  
**CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA**

# Índice

---

1. Resumen del proyecto .....	7
2. Estado de la plaga en Almería .....	7
3. Plantas huésped de <i>Tuta absoluta</i> .....	8
4. Eficacia de diferentes tipos de trampas de captura masiva: trampas de feromona y trampas de luz .....	11
4.1. <i>Trampas de feromonas</i> .....	12
4.2. <i>Trampas de luz</i> .....	18
5. Efecto de la solarización sobre <i>Tuta absoluta</i> .....	32
6. Control biológico .....	35
7. Conclusiones .....	40



## 1. Resumen del proyecto

Durante la ejecución de este proyecto, en la campaña 2009-2010, se ha confirmado que la polilla del tomate, *Tuta absoluta*, está definitivamente establecida como una plaga de gran importancia en el cultivo de tomate en Almería. No obstante, también se ha comprobado que la plaga dentro de los invernaderos es manejable, en cuanto los productores toman las medidas adecuadas. El daño sufrido por la mayoría de los agricultores ha sido limitado, gracias a las medidas preventivas, como la mejor hermeticidad de los invernaderos y el control realizado. Es importante resaltar que el control de la plaga actualmente se basa en tratamientos con productos fitosanitarios químicos.

## 2. Estado de la plaga en Almería

A lo largo de la campaña 2009-2010, *Tuta absoluta* ha llegado a todos los países del Mediterráneo, incluyendo países como Turquía e Israel. En Almería, aunque ha estado presente en todos los invernaderos de tomate de la provincia, no ha causado daños económicos importantes. Sin duda, esto es debido a las medidas preventivas masivamente adoptadas por los agricultores (Figs. 3, 4) igual que a una rápida intervención con productos fitosanitarios. Probablemente, las poblaciones de la plaga también se



Figura 1. Adulto de *T. absoluta* (Imagen Tomás Cabello).



Figura 2. Daño producido por *T. absoluta* en tomate.



**Figura 3.** Pequeños huecos sellados en la banda del invernadero para evitar la entrada de *Tuta absoluta*.



**Figura 4.** Malla anti insectos colocada encima de las canaletas para evitar que las polillas entren por las perforaciones en el plástico.

han reducido en primavera a consecuencia de la extraordinaria cantidad de lluvia que ha caído entre diciembre y abril.

En el último año, se han registrado cuatro insecticidas nuevos contra *Tuta absoluta*. Por ello, los productores de tomate actualmente disponen de un amplio abanico de productos fitosanitarios diferentes. Consecuentemente, el control biológico mediante enemigos naturales ha quedado en un segundo plano. No obstante, la problemática general con insecticidas químicos, en particular el desarrollo de resistencias de la plaga contra las materias activas y el rechazo de los consumidores a alimentos con residuos de plaguicidas, obligan a optimizar los métodos de control alternativo: medidas culturales y control biológico mediante artrópodos auxiliares.

### 3. Plantas huésped de *Tuta absoluta*

Para entender el ciclo de vida y la dinámica de las poblaciones de esta plaga, es fundamental saber en qué especies vegetales se refugia, tanto dentro como fuera de los cultivos. Hemos realizado observaciones en campo, verificando informes de agricultores y técnicos acerca de la incidencia de la polilla del tomate en otras especies vegetales. Los resultados se resumen en la Tabla 1.

## Tabla 1. Plantas huésped de *Tuta absoluta*

\*\*\* Huésped muy atractivo \*\* Huésped atractivo \* Huésped ocasional



\*\*\* Tomate (*Solanum lycopersicum*). Con distancia la planta huésped más importante de *Tuta absoluta*.



\*\*\* Berenjena (*Solanum melongena*). Huésped importante, aunque aparentemente menos atractivo que el tomate. Dado que las larvas no entran en los frutos y el daño en hojas suele ser limitado, *Tuta absoluta* no suele causar daños económicos importantes.



\*\*\* Falso tomatillo del diablo (*Solanum nigrum*). Huésped muy atractivo para *Tuta absoluta*, tanto en zonas agrícolas como en zonas más retiradas. Planta silvestre muy común.



\*\* Patata (*Solanum tuberosum*). En algunos sitios (Canarias, [www.tutaabsoluta.es](http://www.tutaabsoluta.es)) se encuentran los cultivos afectados, con cierto nivel de daño en hojas. En Almería, hasta ahora, no se han observado grandes poblaciones de *Tuta absoluta* en patata.



\*\* Cenizo (*Chenopodium murale*). Mala hierba muy común. En invernaderos con altas poblaciones de *Tuta*, se encuentran plantas con larvas de *Tuta* en las hojas. Fuera de los invernaderos no es frecuente encontrar plantas afectadas. (Planta anteriormente no citada como huésped).



Parietaria (*Parietaria officinalis*). No hemos encontrado galerías de *Tuta absoluta* en esta planta. Sin embargo, si pueden aparecer galerías del microlepidóptero *Cosmopterix* sp.



\* Gandul (*Nicotiana glauca*). Únicamente se han observado plantas afectadas por *Tuta* dentro de invernaderos con altas infestaciones en tomate. Parece ser un huésped anecdótico. (Planta anteriormente no citada como huésped).



Salado (*Atriplex halimus*). Después de varias prospecciones, no se ha podido confirmar la presencia de larvas de *Tuta* en el salado. Es fácil confundir *Tuta absoluta* con otros microlepidópteros, o dípteros, minadores que sí son frecuentes en el salado. Sobre estas especies, posiblemente, se reproducen enemigos naturales de *Tuta*.



\* Judía (*Phaseolus vulgaris*). Se ha observado incidencia de larvas en judía solo en sitios con altas poblaciones de *Tuta* procedente de tomate. (Planta anteriormente no citada como huésped).

#### 4. Eficacia de diferentes tipos de trampas de captura masiva: trampas de feromona y trampas de luz

##### Ratio de sexos

Unos de los aspectos importantes en el estudio de la eficacia de trampas de diferentes tipos es la selectividad en la captura específica de machos o hembras. Dado que no es fácil distinguir los sexos a simple vista, se han de estudiar preparados bajo lupa binocular de la genitalia de cada polilla (Figs. 5 y 6).



**Figura 5.** Genitalia de un macho. Se observan los parámetros, que sirven para sujetarse al aparato genital de la hembra durante la cópula.



**Figura 6.** Genitalia de una hembra. Se observa el ovipositor central.

## 4.1. Trampas de feromonas

### Porcentaje de machos y hembras que caen en las trampas de feromonas

Entre los agricultores y técnicos existe una discusión acerca del uso de las trampas de feromonas. Muchos temen un 'efecto llamada', es decir que atraigan a 'todos los insectos plaga de la zona', provocando un efecto perjudicial a pesar de las capturas conseguidas. Si bien es cierto que las trampas de feromonas pueden atraer insectos a gran distancia, este 'efecto llamada' solo tendría consecuencias negativas cuando las trampas atrajeran a hembras y no solo a machos, como suele ser normal con las trampas de feromonas. Según varios técnicos de la zona, siempre se encuentran más plantas afectadas por *Tuta* alrededor de las trampas de feromonas. Esto indicaría una atracción de las hembras a las trampas.

Las trampas de feromonas, por definición, atraen a machos, puesto que el atrayente consiste en sustancias parecidas a las feromonas sexuales de las hembras. No obstante, aunque no se ha descrito en la literatura, no se puede descartar que también atraigan a hembras, por varias razones. En primer lugar, una gran cantidad de machos que se acumula en las trampas podría atraer a hembras, aunque la existencia de feromonas sexuales masculinas, por lo que sabemos, no ha sido descrita en lepidópteros. En segundo lugar, el hecho de acercarse a otras hembras que emiten feromonas puede ser una estrategia para aumentar las posibilidades de encontrarse con un macho atraído



**Figura 7.** Trampa de feromona tipo delta. Existen muchos tipos de trampas, tanto para monitoreo como para captura masiva.

por 'la competencia' para realizar la cópula. Entonces, de cara a la discusión acerca de la utilidad del uso de trampas de feromonas, se ha decidido comprobar si las trampas verdaderamente atraen solo a machos o también a hembras.

En los ensayos del presente proyecto, se han usado las trampas delta, colocando en su interior un fondo de trampa cromática amarilla. El difusor de la feromona siempre se colgó con un alambre para facilitar el cambio de la placa adhesiva (Fig. 7)

Para la identificación de los sexos, se recolectaron polillas vivas de trampas de feromonas en diferentes invernaderos (Tabla 2). Las polillas fueron cuidadosamente eliminadas de las placas adhesivas y conservadas en alcohol al 70% hasta su posterior manipulación en el laboratorio.

Tabla 2. Identificación de machos y hembras en trampas de feromonas				
Fecha	Lugar	Nº de machos	Nº de hembras	% hembras
Abril - Junio '09	Nijar 1	313	13	4
Mayo '10	Sta. Mª del Águila	82	0	0
Mayo '10	Nijar 1	96	0	0
Mayo '10	Nijar 2	104	0	0
Mayo '10	Aguadulce	72	2	3
<b>Total</b>		<b>667</b>	<b>15</b>	<b>2,2</b>

Se observa que la cantidad de hembras capturadas en las trampas de feromonas es muy baja. Posiblemente, las hembras capturadas han sido atraídas por el color del fondo de las trampas que era de color amarillo.

***A base de estos resultados, se concluye que el 'efecto llamada' de las trampas de feromonas solo puede afectar a los machos y que, por tanto, no se produce un aumento de la población reproductora.***

Igualmente se puede concluir que las trampas de feromonas no contribuyen demasiado al control de la plaga por no afectar a la población reproductora. Solo se obtiene un efecto de control cuando se consigue eliminar tal cantidad de machos que las hembras no encuentran pareja o cuando la concentración de feromonas en el entorno es tan elevada que imposibilita el encuentro entre machos y hembras ('confusión sexual'). Ambos aspectos han sido estudiados por Monserrat (2009). La confusión sexual, sin

embargo, no funciona cuando las hembras entran en el cultivo ya fecundadas o cuando hay una alta población de polillas que facilita que las parejas se encuentren visualmente.

## Carga de feromonas en los difusores

Las trampas de feromonas resultan altamente eficaces en las capturas de machos de *Tuta absoluta*. En el mercado, son muchos los distribuidores de difusores de feromonas, formulados por varios fabricantes. De cara a la óptima captura, es importante que los difusores se formulen con una concentración adecuada de la feromona. Normalmente, la carga de feromonas en las cápsulas de difusión es de 0,5 o 1 mg. No obstante, dichas concentraciones son más o menos estándar para todas las especies de lepidópteros y se ha realizado muy poco trabajo para optimizar la carga para cada especie. La atracción de machos disminuye cuando dicha concentración es baja, pero también en cuanto el difusor está demasiado cargado (Jenkins et al., 1990). Larraín et al. (2007), encontraron para *Phthorimaea operculella*, la polilla de patata, especie de la misma familia de lepidópteros que *Tuta absoluta*, que la concentración óptima es aproximadamente 0,2 mg, dando esta concentración mejores resultados que 0,1; 0,5 y 1 mg.

El objetivo del presente proyecto es la optimización de la carga de los difusores, estudiando cargas de 0,1; 0,2; 0,5 y 1 mg por cápsula.

## Metodología

En cada repetición del ensayo en cultivos de tomate, se colocaban 4 trampas con diferentes cargas de feromonas en los difusores, con una distancia mínima de 35 metros entre cada trampa. El tamaño de algunos invernaderos permitió la colocación de más de una repetición por ensayo. Dependiendo de la cantidad de capturas, se realizaban conteos de las polillas atrapadas con intervalos de entre 1 y 7 días. Después de cada conteo, se cambiaba el lugar de las trampas dentro de cada repetición. De esta manera, cada trampa fue utilizada en los 4 puntos de muestreo de la repetición, para evitar posibles efectos de la ubicación de las trampas. Cuando la cantidad de polillas pegadas pasaba de unos 200 ejemplares se cambiaban las placas adhesivas en el fondo de las trampas.

Las cápsulas fueron almacenadas en congeladores a -4°C hasta el día de su colocación en campo.

## Resultados

La Tabla 4 muestra el resumen de las capturas en cada repetición.

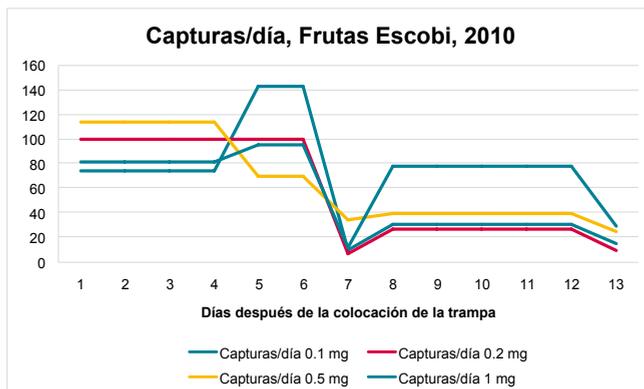
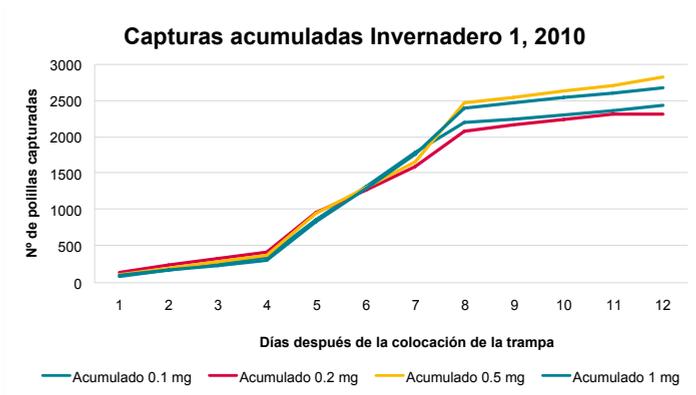
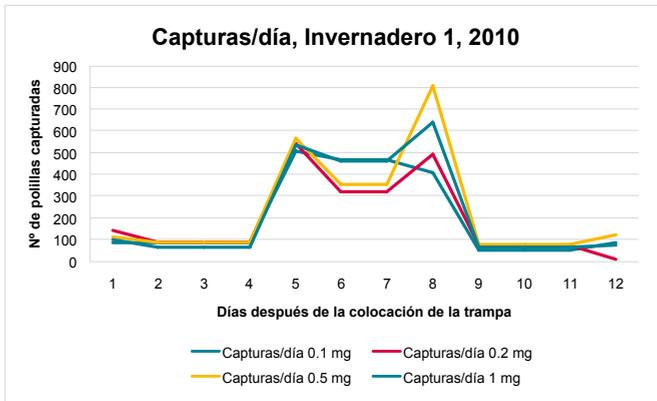
***Las capturas en trampas con cápsulas cargadas con 0,5 y 1 mg han sido superiores a las capturas en trampas con difusores con concentraciones inferiores, capturando entre 12 y 134% más.***

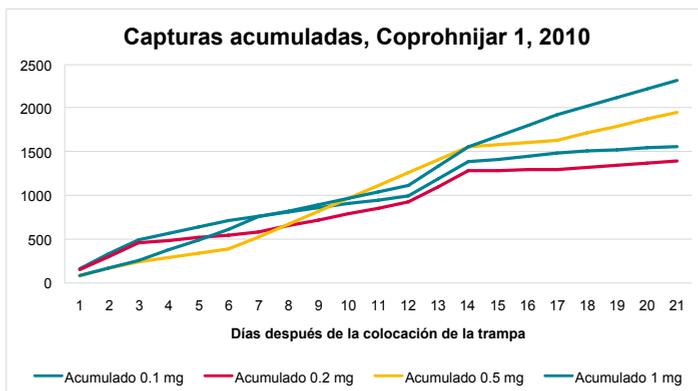
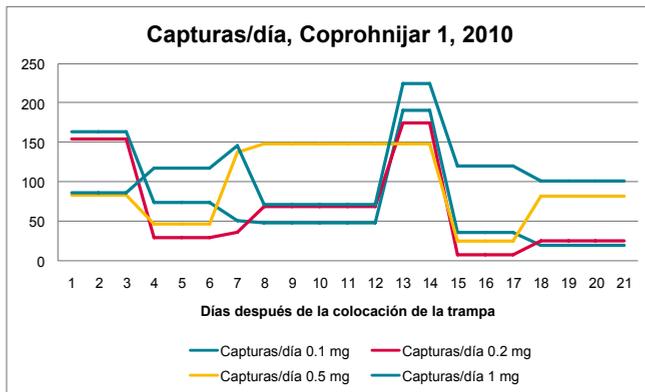
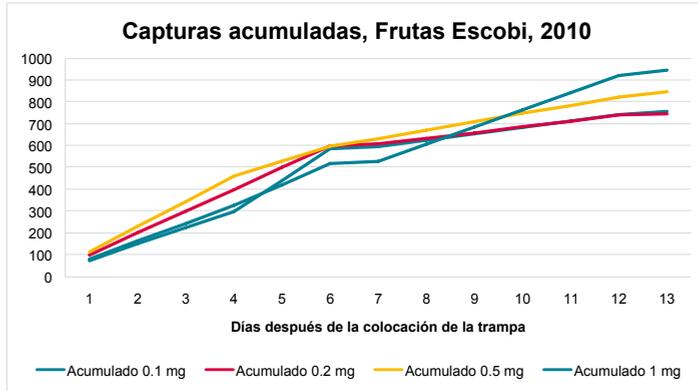
Este resultado es muy significativo en el análisis de las capturas totales ('Multiple Range Test' sobre los valores en Tabla 4). En los análisis de las diferentes fincas individuales, con los consecutivos conteos como repeticiones, solo es significativo en los dos cultivos de Coprohnijar (Coprohnijar 1 y 2). Posiblemente, se puede explicar este resultado porque, como se observa en las gráficas (Anejo 1), las diferencias fueron más notables después de la primera semana desde la colocación de las trampas. En el Invernadero 1 y en la finca de Aguadulce el periodo de observación solamente cubrió 13 días, mientras que en las fincas de Coprohnijar se prolongaron una semana, hasta 21 días.

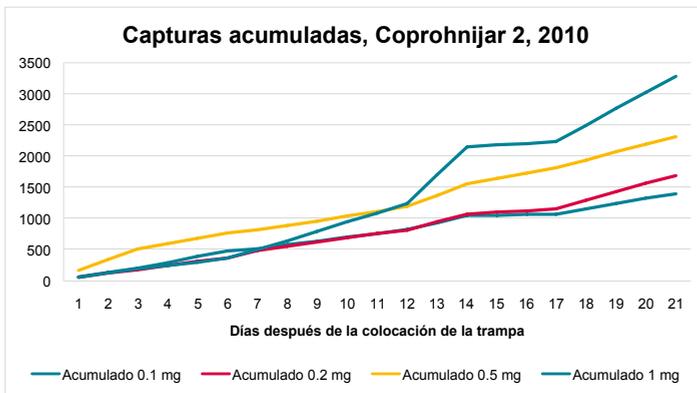
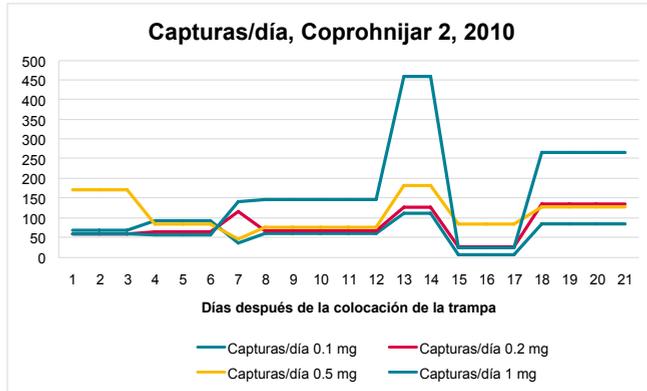
Tratamiento: mg de feromonas por difusor				
Repetición	0,1 mg	0,2 mg	0,5 mg	1 mg
Invernadero 1	3 a	4 a	1 a	2 a
Aguadulce	3 a	4 a	2 a	1 a
Coprohnijar 1	3 a	4 a	2 a	1 b
Coprohnijar 2	4 a	3 ab	2 b	1 b
<b>Análisis sobre totales</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>

**Tabla 4.** Comparación de las capturas en trampas de feromonas con cápsulas de diferentes cargas: Rango de capturas en cada repetición: 1= mayor cantidad capturada, 4=menor cantidad capturada. Los valores marcados con las mismas letras en las líneas horizontales no difieren significativamente entre ellos. Las columnas marcadas con las mismas letras en la última fila no difieren significativamente entre ellas (Análisis sobre los totales de las capturas sobre toda la duración del ensayo. Multiple Range Test,  $P>0,05$ ). Datos de mayo-junio 2010.

**ANEJO 1. Capturas en trampas de feromonas con difusores de diferentes cargas.**







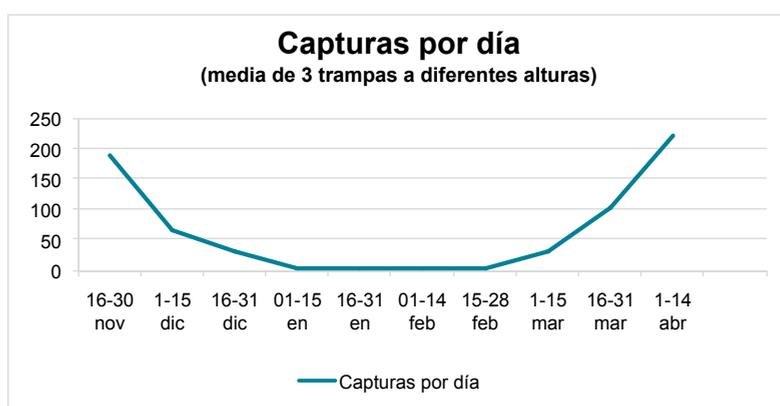
## 4.2. Trampas de luz

Existen muchos modelos de trampas de luz en el mercado. Para estandarizar los conteos, se eligió una trampa cilíndrica, uno de los modelos más sencillos.

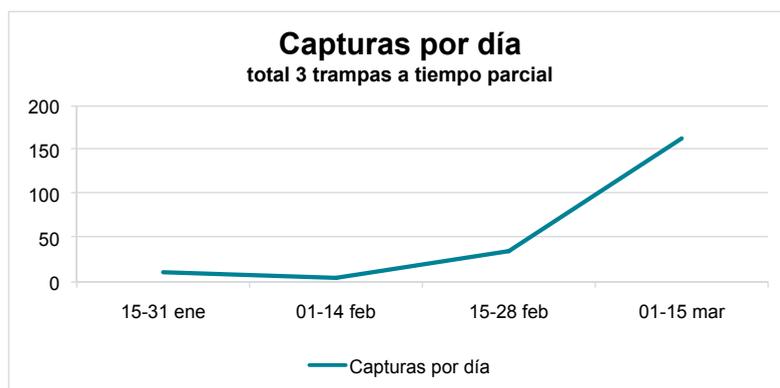


Figura 8. Trampa de luz usada en los ensayos.

Al inicio de la campaña, la incidencia de *Tuta* era muy baja en general en todas las empresas productoras. La Figura 9 muestra la evolución de la plaga en el Invernadero 1, en el municipio de El Ejido, donde se detectaba una alta población en el mes de noviembre. En los meses de invierno, la incidencia de *Tuta absoluta* bajó notablemente y subió de forma explosiva a partir de principios de marzo. En este invernadero, la población de *T. absoluta* descendió a partir de abril por efecto del control biológico. Una subida muy fuerte en la primavera fue observada en el Invernadero 2 (La Mojonera), donde se iniciaron las observaciones en el mes de enero (Fig. 10).



**Figura 9.** Capturas por día en trampas de luz en el invernadero 1 (Sta. M<sup>a</sup> del Águila, El Ejido). La curva muestra el promedio de las capturas por periodos quincenales en tres trampas colocadas a diferentes alturas en el cultivo.

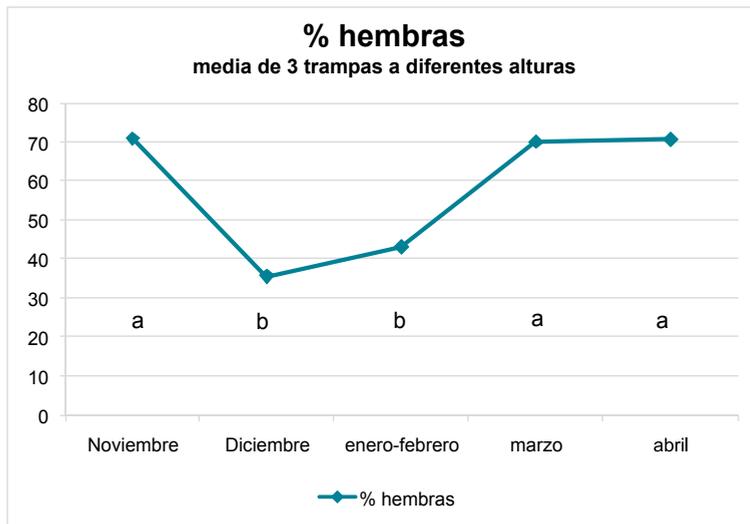


**Figura 10.** Capturas por día en trampas de luz en el invernadero 2 en La Mojonera. La curva muestra el total de las capturas en tres trampas que funcionaron en franjas horarias complementarias por periodos quincenales.

#### 4.2.1. Ratio de sexos

Durante la campaña 2009-2010 se han realizado capturas con las trampas de luz en varios invernaderos. En dos de ellos, ambos con control biológico de plagas, se han mantenido las trampas durante un tiempo prolongado. Las trampas fueron vaciadas y limpiadas con una brocha, y el contenido cuantificado, cada 3 o 4 días, y una vez por semana en la época de menor incidencia de la plaga. En cada fecha de muestreo, se sacaban entre 30 y 50 individuos (o menos cuando la cantidad total capturada era menor) para analizar el ratio de sexos.

En la Figura 11 se muestra que el porcentaje de las hembras capturadas en las trampas de luz suele ser alto en la época de altas poblaciones de *T. absoluta*: entorno al 70%. En invierno baja la cantidad de hembras drásticamente y predominan los machos.



**Figura 11.** Porcentaje de hembras en las trampas de luz, promedio por mes. Debido a la baja cantidad de capturas, se juntaron los datos de los meses de enero y febrero. Los valores marcados con las mismas letras no difieren significativamente entre ellos (G-test de independencia,  $P > 0,05$ ). Datos del invernadero 1 (Sta. M<sup>a</sup> del Águila, El Ejido). En total fueron analizados 1694 individuos.

Para comprobar si las trampas de luz son selectivas en las capturas de machos o hembras, se compararon los porcentajes de hembras capturadas en dichas trampas con las capturas manuales realizadas con un aspirador entomológico y/o una manga cazamariposas (Tabla 5).

% Hembras entre adultos de <i>T. absoluta</i> capturados			
	Trampas luz	Aspiradora	Manga
Noviembre	71 a	50 b	
Diciembre	36 a	33 a	
Marzo	70 a	43 b	40 b
Abril	71 a	51 b	24 c

**Tabla 5.** Comparación entre los porcentajes de hembras capturadas con diferentes métodos. Los valores marcados con las mismas letras en las líneas horizontales no difieren significativamente entre ellos (G-test de independencia,  $P > 0,05$ ).

La Tabla 5 muestra claramente que el porcentaje de hembras de las polillas capturadas en las trampas de luz es muy superior a los porcentajes de hembras capturadas con otros métodos. Otro dato que sirve de referencia es el ratio de sexos que se presenta en la cría de *T. absoluta* en laboratorio. En la U.A.L., se detecta un ratio de sexos de aproximadamente 50% de hembras.

***Por todo ello, se concluye que las trampas de luz son selectivas con las hembras. Este fenómeno puede ser debido a una diferencia en el horario de actividad, por ejemplo si los machos son más activos durante el día, y menos durante la noche, que las hembras.***

#### 4.2.2. Capturas según el horario de funcionamiento

##### Metodología

Para cuantificar las capturas a diferentes horas de la noche, se colocaron tres trampas en el centro del cultivo, con 1 metro de distancia entre ellas. Las trampas fueron conectadas con programadores para activarlas en diferentes franjas horarias (Fig. 12). Entre desactivar una trampa y activar la siguiente, se dejaba media hora para evitar que se solapasen los efectos de dos trampas en su funcionamiento. Cada trampa funcionaba durante 4 horas, desde el atardecer a las 18:30 h hasta las 22:30 h; desde las 23:00 hasta las 03:00 y desde las 3.30 hasta las 07:30 h. El ensayo fue realizado dos veces en invernaderos distintos.



Figura 12. Tres trampas de luz con programadores para activarlas en diferentes franjas horarias.

## Resultados

Los resultados están resumidos en las figuras 13 y 14.

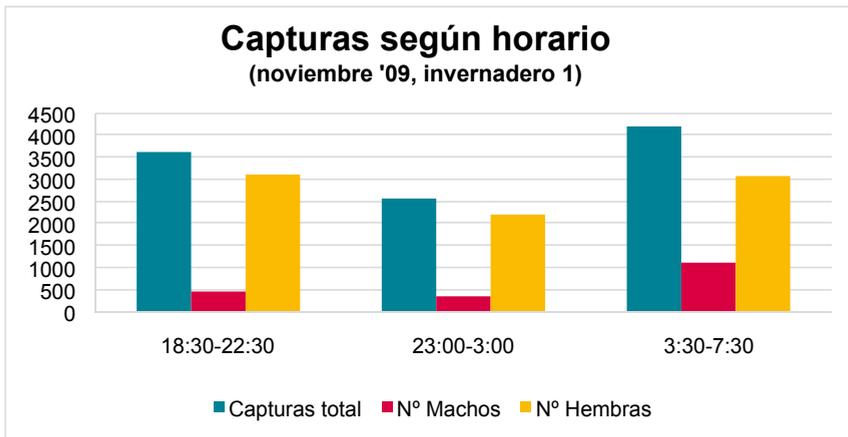
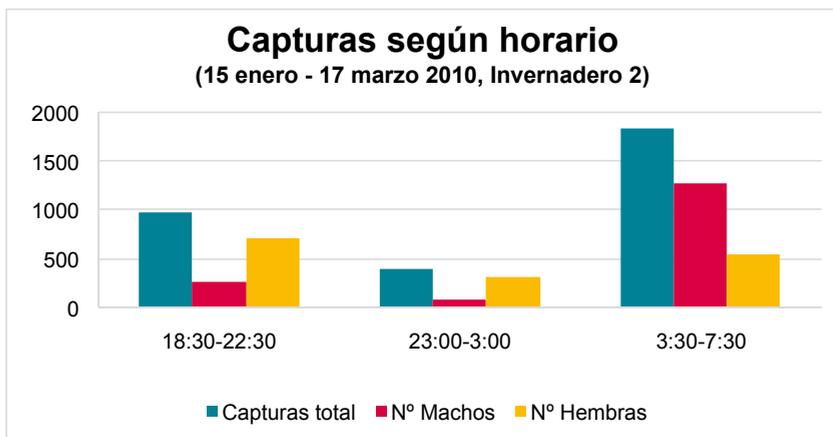


Figura 13. Capturas en trampas de luz en diferentes horarios de la noche. Invernadero 1 (Sta. M<sup>a</sup> del Águila, El Ejido).



**Figura 14.** Capturas en trampas de luz en diferentes horarios de la noche. Invernadero 2 (La Mojonera).

***En ambos casos, se observa que la máxima cantidad de polillas se ha capturado en las horas previas al amanecer y la menor cantidad a medianoche.***

También se observa una clara diferencia en el comportamiento de machos y hembras. En ambos invernaderos la cantidad de hembras capturadas no es muy diferente entre las horas posteriores al atardecer y las horas previas al amanecer, aunque menor a medianoche. En cambio, la cantidad de machos capturados es muy superior en la mañana. El porcentaje de hembras baja significativamente<sup>1</sup> en las horas previas al amanecer, en comparación con las otras dos franjas horarias (Tabla 6).

% Hembras entre adultos de <i>T. absoluta</i> capturados			
	18:30 – 22:30 h	23:00 – 03:00 h	03:30 – 07:30 h
<b>Invernadero 1</b>	87% a	86% a	73% b
<b>Invernadero 2</b>	73% a	80% a	30% b

**Tabla 6.** Comparación entre los porcentajes de hembras de las polillas capturadas en trampas de luz en diferentes franjas horarias. Los valores marcados con las mismas letras en las líneas horizontales no difieren significativamente entre ellos (G-test de independencia,  $P > 0,05$ ).

<sup>1</sup> Prueba G de independencia sobre las cantidades totales de machos y hembras capturadas en cada franja horaria.

Las diferencias en las capturas son mucho más marcadas en el Invernadero 2. Cabe destacar que los conteos en este invernadero fueron realizados en pleno invierno, es decir en la época cuando las poblaciones eran pequeñas y el porcentaje de hembras en general era muy bajo (Figuras 9, 10 y 11).

### 4.2.3. Capturas según la altura de colocación

## Metodología

En el centro del invernadero se colocaron tres trampas, separadas cada una por 4 líneas de tomate, situadas a tres alturas diferentes del suelo: Alta = 2 metros, justo por encima de las plantas; Media = 1,20 m del suelo; Baja = 0,20 m del suelo. Las trampas fueron vaciadas y el contenido cuantificado, cada 3 o 4 días, y una vez por semana en la época de menor incidencia de la plaga. Después de cada muestreo, se alternaba la altura de las trampas, evitando que se encontraran posibles diferencias con respecto a la altura de colocación, debida a su posición en el invernadero. El ensayo comenzó el 24 de noviembre de 2009 y terminó el 4 de abril 2010. En cada fecha de muestreo, se sacaban entre 20 y 50 individuos (menos, cuando la cantidad total capturada no alcanzaba estos valores) para analizar el ratio de sexos.

## Resultados

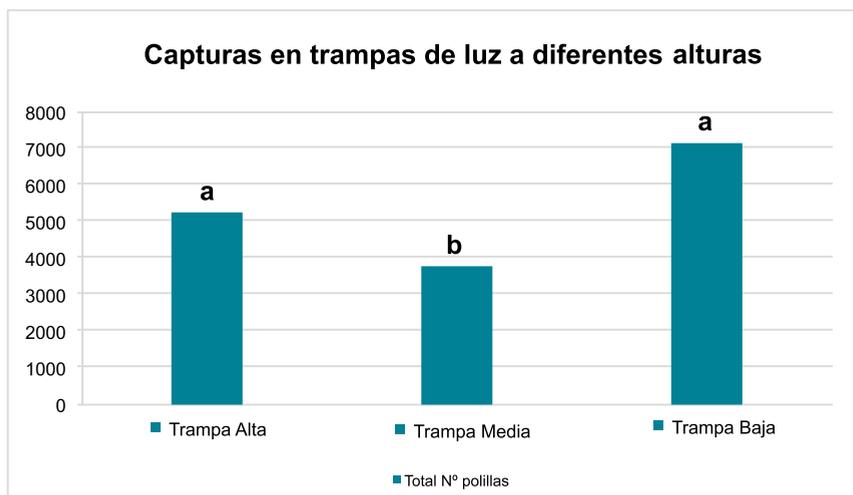
En la Figura 15 se muestra el total de las capturas durante la duración del ensayo. Se observa una menor cantidad de capturas en la trampa colocada a media altura que en la trampa alta o baja<sup>2</sup>. También se observa una mayor cantidad de polillas capturadas en la trampa baja en comparación con la trampa alta, aunque esta diferencia no es significativa estadísticamente.

En la Figura 16, se muestran las cantidades de machos y hembras capturadas en las trampas a diferentes alturas<sup>3</sup>. Se observa que las hembras han caído sobre todo en las trampas bajas y las trampas altas y en menos cantidad en las trampas a media

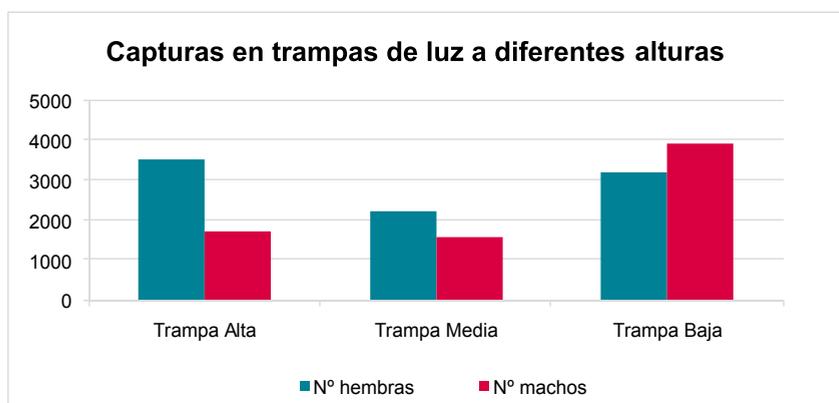
<sup>2</sup> Prueba de Wilcoxon de rangos señalados, se comparan los números de las polillas capturadas en las diferentes trampas para cada fecha de muestreo.

<sup>3</sup> Los valores son estimaciones a base de los ratios de sexos encontrados en cada fecha de muestreo, multiplicados por las cantidades de polillas capturadas.

altura. Los machos han sido capturados mucho más en las trampas cerca del suelo que en las trampas que fueron colocadas más altas: Las trampas de abajo han atraído a más machos que las otras dos trampas juntas.



**Figura 15.** Total de la capturas en trampas de luz colocadas a diferentes alturas. Los valores marcados con las mismas letras no difieren significativamente entre ellos (Prueba de Wilcoxon de rangos señalados,  $P > 0,05$ ).



**Figura 16.** Cantidades totales de machos y hembras capturadas en las trampas de luz a lo largo del ensayo entre noviembre 2009 y abril 2010.

**Se concluye que, para conseguir una máxima cantidad de capturas, es recomendable colocar las trampas cerca del suelo.**

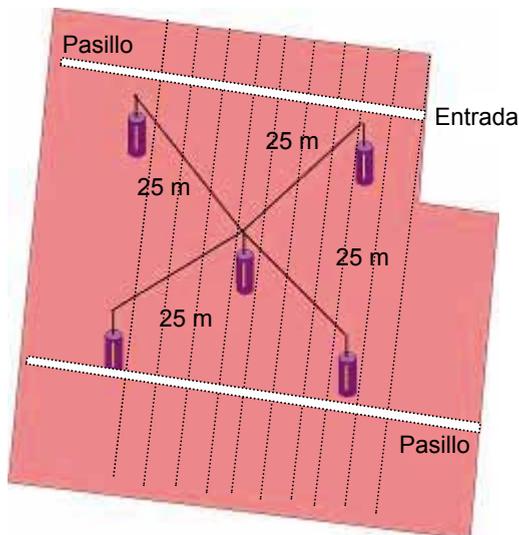
#### 4.2.4. Distancia de atracción

### Metodología

Para estudiar el alcance del efecto de las trampas de luz, se realizó un ensayo en el Invernadero 2 (La Mojonera) en abril 2010. En este momento, el invernadero contaba con una alta presencia de *Tuta absoluta*.

Para realizar este ensayo, se colocó una trampa en el centro del invernadero y cuatro trampas más alrededor de la trampa central, a 25 metros del centro. Entre las trampas situadas en el mismo pasillo, existía una distancia de 36 metros (Fig. 17).

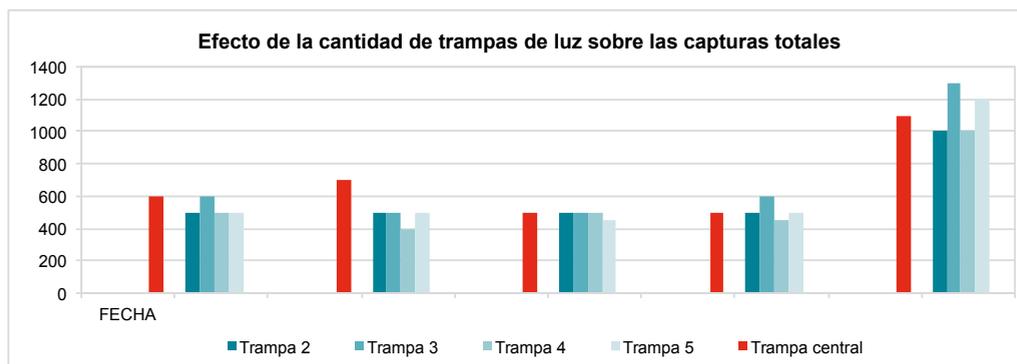
Durante noches consecutivas, se alternaba el funcionamiento de la trampa central con el funcionamiento simultáneo de las 4 trampas colocadas alrededor. Las trampas fueron encendidas durante toda la noche, entre las 18:30 y las 07:30. Las cantidades de polillas atrapadas fueron estimadas por volumen después de vaciar el contenido de las trampas.



**Figura 17.** Diseño de la colocación de las trampas en el Invernadero 2, abril 2010.

## Resultados

En la Figura 18, se observa que las diferencias entre las capturas de las 5 trampas son muy pequeñas. La trampa que más ha capturado en su totalidad es la trampa N° 3 (3.500 individuos). La trampa central ha capturado algo más (total: 3.400 polillas) que el promedio de las cuatro (3.125 polillas).



**Figura 18.** Capturas en la trampa central, funcionando sola (columna roja) y en noches siguientes en 4 trampas funcionando simultáneamente, colocadas en un cuadro alrededor de la trampa central (columnas verdes).

***Se concluye que una trampa que funciona sola, captura casi lo mismo que cada una de las 4 trampas que funcionan simultáneamente, con una distancia de 36 metros entre ellas. Esto significa que, a esta distancia, el 'efecto llamada' es inexistente.***

### 4.2.5. Diferentes tipos de trampas de luz

## Metodología

Para realizar este ensayo, se colocaron juntas tres trampas de luz de diferentes tipos (Figuras 20, 21, 22) en la parte central del Invernadero 1 (Fig. 19). Cuando se inició el ensayo, el 6 de abril, esta finca contaba con una población grande de *Tuta absoluta*, que gradualmente bajó a lo largo del ensayo. Las trampas fueron encendidas una por una en noches consecutivas. Cada trampa ha funcionado durante 6 noches desde el atardecer y el amanecer.

Para cuantificar las capturas, las trampas fueron vaciadas y la cantidad de polillas fue estimada por volumen<sup>4</sup>. Dado que la trampa 'Tuta stop' es una trampa de agua, fue desarrollada una escala especial para la cuantificación de las polillas. La bajada de las capturas en la segunda mitad del ensayo permitió un conteo manual de todas las polillas en las trampas a partir de la tercera semana de abril.



**Figura 19.** Tres diferentes trampas de luz activadas en noches consecutivas.



**Figura 20.** Trampa de luz cilíndrica de 6 Watos, con un tubo BL en la parte central (Fabricante: IJR Electyronics). Alrededor del tubo, se encuentra una estructura metálica donde se electrocutan las polillas que entran en la trampa. Altura: 30,6 cm; diámetro 13,5 cm.

<sup>4</sup> Dado que la cantidad de otras especies de insectos caídos en las trampas fue mínimo, estas especies no alteraron las estimaciones por volumen.



**Figura 21.** 'Tuta Stop'. (Fabricante, AGROCOMPONENTES S.L. Murcia) Trampa diseñada para *Tuta absoluta*, con una barra de luz por debajo de la tapa perforada y un espejo en el fondo. En el interior de la trampa se introduce un líquido jabonoso.

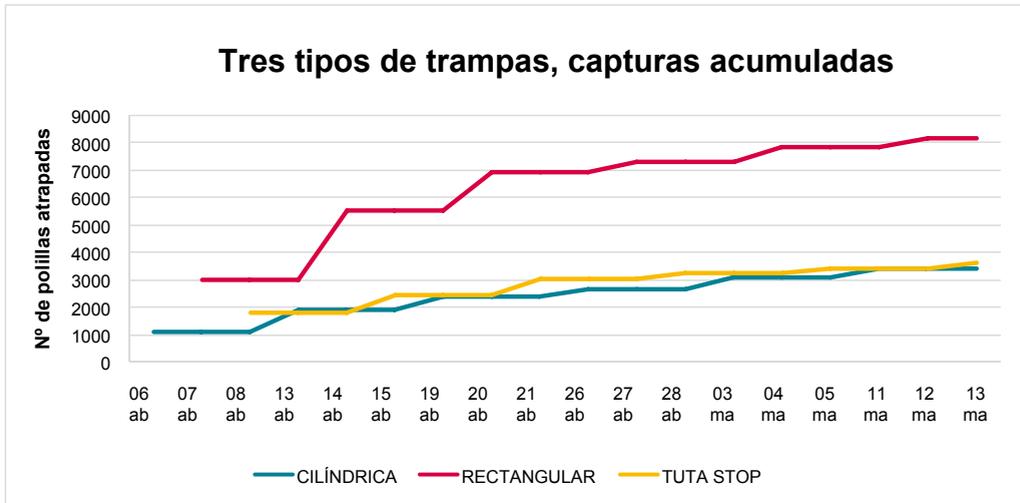


**Figura 22.** Trampa rectangular. Alrededor de los tubos fluorescentes se electrocutan las polillas en una parilla bajo tensión. 'F-Line insect killer' EMTIN 60038. Potencia total: 38 W. Contiene dos tubos fluorescentes G13 de 15 W. Dimensiones: 30 x 40 x 8,5 cm.

## Resultados

En la Figura 23 se muestran las cantidades acumuladas de polillas capturadas en las diferentes trampas.

***Con distancia, la trampa que más capturaba fue la trampa rectangular, capturando más de 2 veces las cantidades atrapadas en las otras trampas. No había una diferencia importante entre las trampas de los otros dos tipos.***



**Figura 23.** Capturas acumulativas de tres tipos de trampas de luz. Las trampas fueron encendidas una por una en noches consecutivas a partir del 6 de abril.

La capacidad de las capturas parece estar directamente relacionada con la superficie y la potencia lumínica de la trampa. Al principio, con mayores cantidades de polillas capturadas, se limitaron las capturas en la trampa cilíndrica por saturación de la rejilla. Debido a la alta mortalidad de los adultos, se cubrió la rejilla totalmente de los cadáveres, obstaculizando la transmisión de luz. Las diferencias entre las capturas eran muy grandes al inicio, cuando había una población muy grande en el invernadero. En los primeros muestreos, la trampa rectangular capturaba 3 veces más que la trampa cilíndrica y 2 veces más que 'Tuta stop'. Sin embargo, en los últimos conteos se observa que las cantidades están más igualadas, capturando la trampa rectangular entre 1 y 1,3 veces la cantidad capturada en la trampa cilíndrica.

***Se concluye que con baja población de Tuta absoluta, una trampa pequeña tipo cilíndrica puede tener un rendimiento satisfactorio, aunque es poco práctica en su manejo. Hay que limpiarlas muy a menudo y se rompen con facilidad.***

Durante el proyecto, se han roto 6 trampas cilíndricas, probablemente por cortocircuitos generados por la cantidad de cadáveres en la rejilla. La trampa 'Tuta stop' ofrece ventajas sobre la trampa cilíndrica, siendo mucho más fácil en el manejo. Para el trampeo

masivo con poblaciones altas, es recomendable utilizar trampas más grandes, como la rectangular usada en este ensayo.

#### 4.2.6. Fauna auxiliar capturada en las trampas de luz

Para comprobar si las trampas de luz pueden tener un efecto negativo sobre la fauna auxiliar que se encuentra en el invernadero, se han realizado conteos de las especies más importantes capturadas durante el desarrollo de estos ensayos.

##### ***Nesidiocoris tenuis***

En el mes de noviembre de 2009, el Invernadero 1 contaba con una población importante de la chinche depredadora *Nesidiocoris tenuis*. Esta especie estaba presente en los puntos de crecimiento del 90% de las plantas (Tabla 7), con un promedio de 0,9 adultos por cogollo. A lo largo del mes, fueron capturados 79 individuos en una sola trampa, es decir 2,6 chinches por noche y trampa. Posteriormente, en invierno y primavera, las cantidades de chinches encontradas se redujeron hasta incidencias esporádicas. Es llamativo que el 63% de las chinches fue capturado en la franja horaria después del atardecer, el 22% durante la noche y el 15% en las horas antes del amanecer.

***Se concluye que la cantidad de Nesidiocoris tenuis que cae en las trampas de luz es insignificante en comparación con la cantidad presente en el cultivo.***

En este caso, se trataba de una población bien establecida. Posiblemente, el efecto es mayor cuando se colocan las trampas de luz justo después de realizar una suelta de adultos en el invernadero. En este caso, puede ser recomendable prescindir de las trampas de luz durante unos días hasta que *Nesidiocoris* se ha asociado al cultivo.

##### ***Bombus terrestris***

Los abejorros son insectos con una clara actividad diurna, aunque son capaces de orientarse hasta horas muy tardías del crepúsculo. En las trampas que fueron activadas antes del atardecer, a menudo se han encontrado individuos de abejorros muertos.

***Por tanto, es importante asegurarse de que las trampas de luz no estén encendidas hasta que realmente haya oscurecido (después del ocaso).***

## Otra fauna auxiliar

Aparte de los lepidópteros nocturnos, se han encontrado, ocasionalmente, grandes cantidades de dípteros pequeños, especies que no interfieren en los cultivos ni como plaga, ni como enemigo natural. No se han detectado otras especies de fauna auxiliar en cantidades importantes. Nunca se han detectado himenópteros parásitos en las trampas.

## 5. Efecto de la solarización sobre *Tuta absoluta*

Parte del ciclo de vida de *T. absoluta*, el estado de pupa y la emergencia de los adultos, sucede en el suelo. Por ello, la solarización iniciada justo después de terminar un cultivo puede ser un método eficaz para prevenir que se dispersen las polillas que emergen en el invernadero vacío.

Se han realizado ensayos con dos objetivos concretos:

- Cuantificar la cantidad de *T. absoluta* que puede emerger en el suelo después de la finalización de un cultivo altamente infestado.
- Definir el tiempo de solarización necesario para controlar *T. absoluta* presente en el suelo.

## Metodología

Para cuantificar la cantidad de polillas que eclosionaba en el suelo, se usaban embudos de plástico de 30 cm de diámetro, en cuya salida se insertaba un recipiente de 12 cm de diámetro y 6,5 cm de profundidad a través de un hueco de 3 cm de diámetro en el tapón (Fig. 24). La salida del embudo sobresale aproximadamente 3 cm del tapón del recipiente, por lo cual las polillas quedan atrapadas en el recipiente superior. Para evitar que las polillas se escapasen por los laterales del embudo, el borde de los embudos fue enterrado con arena. Con un diámetro de 30 cm, la superficie por embudo es aproximadamente 0,07 m<sup>2</sup>, por lo cual unas 15 trampas cubren 1 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, en otras zonas del suelo del invernadero, se colocaron 2 plásticos de solarización (grosor: 100 galgas), de un tamaño aproximadamente de 3 x 5 metros cada uno. Alrededor de estos plásticos, se colocaron 11 trampas de embudos (Fig. 25).

Uno de los plásticos fue levantado 7 días después del inicio del ensayo, el otro a los 14 días, colocando en el lugar donde había estado cada plástico, 6 trampas de embudo.

Cada tres días (o menos), se contaba la cantidad de polillas capturadas en cada trampa de embudo. Para ello, se vaciaban los recipientes superiores y se llevaron las polillas al laboratorio para definir el ratio de sexos.



**Figura 24.** Embudo colocado sobre el suelo, con un recipiente superior donde se acumulan las polillas adultas que eclosionan y se mueven hacia arriba por su comportamiento natural. El embudo tiene un diámetro de 30 cm.



**Figura 25.** Situación experimental.

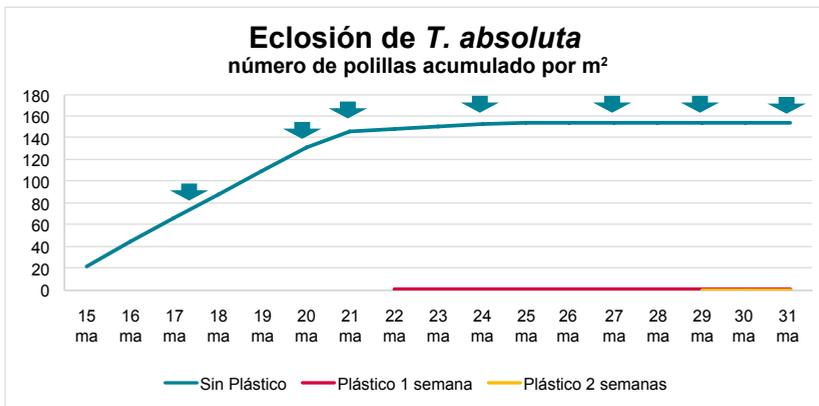


**Figura 26.** Polillas eclosionadas y atrapadas bajo el plástico.

## Resultados

El primer ensayo se realizó en el Invernadero 2 (La Mojonera), a partir del 15 de mayo 2010. El cultivo contaba con una población de *T. absoluta* muy grande y se había arrancado el 13 de mayo. La cantidad de polillas por trampa y por conteo variaba entre 0 y 12<sup>5</sup>. En la Figura 27 se muestran las curvas de eclosión de polillas acumuladas, corregidas por m<sup>2</sup> de suelo.

- Zona del invernadero sin plástico: Se observa que el 94,5% de las polillas ha eclosionado en la primera semana: 107 polillas en 11 trampas = 146 por m<sup>2</sup>. En los días siguientes, solo se han capturado 6 polillas en las mismas 11 trampas (= 8,2 por m<sup>2</sup>).
- Zona del invernadero con plástico durante una semana: Cuando se retiró el plástico, se observó con atención si se encontraban individuos vivos. No fue el caso. Posteriormente, solo se ha capturado un individuo en 6 trampas (= 2,5 por m<sup>2</sup>).
- Zona del invernadero con plástico durante 2 semanas: No se detectaron polillas vivas al levantar el plástico, ni se han atrapado en los días posteriores.



**Figura 27.** Capturas acumuladas de polillas eclosionadas por m<sup>2</sup> de suelo en trampas de embudo. Curva azul: suelo sin plástico con 11 trampas a partir del 15 de mayo; Curva roja: suelo cubierto de plástico durante una semana y con 6 trampas a partir del 22 de mayo; No hubo capturas sobre el suelo cubierto por plástico durante 2 semanas (6 trampas a partir del 29 de mayo). Las flechas indican las fechas de muestreo.

<sup>5</sup> La distribución de las cantidades capturadas por trampa no se desvió significativamente de la distribución de Poisson, ni en las cantidades por conteo separado ni en la cantidad total de los conteos. (Prueba de Kolmogorov Smirnov, P>0,05 en todos los casos).

Un segundo ensayo fue montado en el mes de junio en otro invernadero en Roquetas de Mar, con una población de *T. absoluta* notablemente más baja. No obstante, tres días después de la instalación de las trampas, se observó que la cantidad de polillas capturadas fue demasiado bajo como para permitir sacar conclusiones y el ensayo fue abandonado.

La cantidad de individuos que emerge desde un invernadero, después de finalizar el cultivo de tomate, puede ser enorme. En el Invernadero 2 (La Mojonera), se ha capturado una cantidad total que equivale a 154 individuos por m<sup>2</sup>. Dado que se iniciaron las capturas varios días después de levantar el cultivo, se puede estimar que la cantidad total de polillas eclosionada se aproxima a los dos millones de individuos por hectárea.

**Por tanto se puede concluir que la solarización durante una semana en el mes de mayo es suficiente para controlar más del 95% de *T. absoluta* que se encuentra en el suelo. Dos semanas de solarización ofrece un control del 100%.**

## 6. Control biológico

En los dos invernaderos donde se han realizado los ensayos referentes a las trampas de luz, se aplicaba control biológico de plagas mediante la introducción de enemigos naturales. Ambos cultivos contaban con importantes poblaciones de *Nesidiocoris tenuis* (Fig. 28), una chinche depredadora considerada como uno de los agentes de control más importantes en este momento (Tabla 7).

Tabla 7. Presencia de <i>N. tenuis</i> en los dos invernaderos	Fecha	% de plantas con <i>N. tenuis</i> en el cogollo	Nº de adultos de <i>N. tenuis</i> en el cogollo	Nº de ninfas de <i>N. tenuis</i> en el cogollo
Invernadero 1 (El Ejido)	10 nov. '09	90 %	0,9	0,8
Invernadero 1 (El Ejido)	06 mayo '10	100 %	2,4	5,4
Invernadero 2 (La Mojonera)	06 mayo '10	68%	0,5	1,2

No obstante, en ambos invernaderos se han observado poblaciones muy grandes de *T. absoluta* conviviendo con esta chinche (Figuras 9 y 10). En estos invernaderos,

se concluye que las chinches depredadoras no han mostrado un control contundente sobre la plaga.



Figura 28. *Nesidiocoris tenuis*, adulto.

A lo largo del mes de abril, se ha observado un espectacular descenso de la población de *T. absoluta* en el Invernadero 1 (Fig. 29). Sin duda, esta bajada se ha debido al efecto del control biológico, por una combinación de enemigos naturales. Al final de abril, ya no se presentaron nuevos síntomas de daño en las hojas jóvenes.

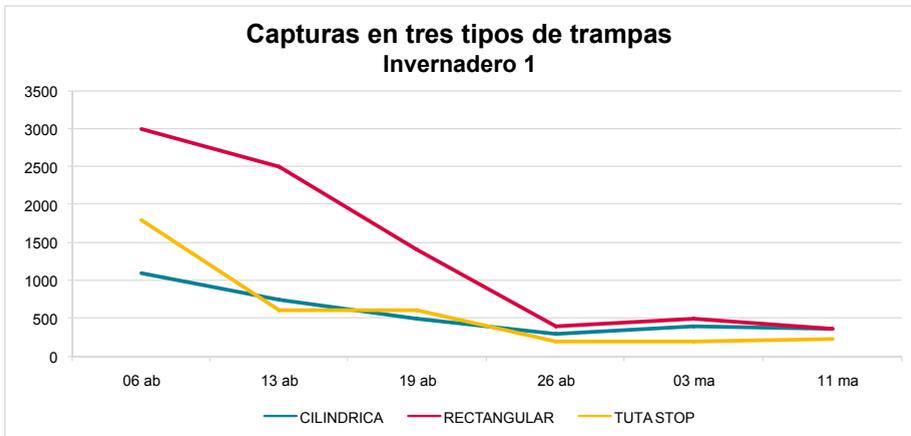


Figura 29. Descenso en las capturas de polillas en los tres tipos de trampas en el invernadero 1 durante el mes de abril.

Después de detectar en el invernadero varias especies de parasitoides adultos, de la familia Eulophidae, se recolectaron muestras de hojas con daño por *T. absoluta*, con el objetivo de analizar el parasitismo de las larvas de la plaga. Las muestras se llevaron

al laboratorio, donde se abrieron las galerías para comprobar el estado de las larvas de la plaga y la posible presencia de huevos, larvas y pupas de parasitoides eulófidos (Figs. 30, 31 y 32). Las pupas fueron aisladas y guardadas a temperatura ambiente hasta su eclosión. Posteriormente, los adultos emergidos fueron conservados en alcohol al 70% para su posterior identificación.



**Figura 30.** Larva de *Tuta absoluta* paralizada, con un huevo de un parasitoide eulófido.



**Figura 31.** Larva de *Tuta absoluta* ya muerta, con tres larvas de un parasitoide eulófido alimentándose. Es frecuente encontrar más de una larva de los parasitoides sobre el mismo huésped.



**Figura 32.** Pupa de eulófido a lado de los despojos de la larva de *T. absoluta*.

En la Tabla 8 se muestran los niveles de parasitismo detectados en diferentes cultivos a partir de abril 2010. Se observa que el porcentaje de larvas parasitadas solo fue alto en el Invernadero 1, mientras que en otros cultivos solamente se han detectado parasitoides de forma esporádica. En el Invernadero 1, *T. absoluta* desapareció por completo, gracias a la actividad de los parasitoides en combinación con *Nesidiocoris tenuis*. A pesar de haber sufrido una presión de la plaga muy fuerte durante casi toda la campaña, en el mes de mayo ya no se encontraba daño en las hojas nuevas.

Lugar	Fecha	Larvas vivas	Larvas parasitadas	% parasitadas
Invernadero 1 El Ejido	09 abril	70	60	46
Invernadero 1 El Ejido	16 abril	70	68	49
Invernadero 1 El Ejido	27 abril	61	44	42
Invernadero 1 El Ejido	03 mayo	7	14	67
Invernadero 1A (lindando a Inv. 1)	21 abril	153	34	18
Invernadero 2 La Mojonera	03 mayo	88	2	2
Invernadero 2 La Mojonera	07 mayo	50	0	0
Invernadero 2 La Mojonera	31 mayo	56	0	0
Invernadero Hortichuelas	1 junio	121	1	1

**Tabla 8.** Larvas vivas y parasitadas por Hymenoptera Eulophidae en muestras foliares.

Aparte de los datos reflejados en la Tabla 8, también se realizaron muestreos en otras 5 fincas (tres en el municipio de Nijar, una en Aguadulce y una en El Ejido). De cada una de ellas fueron analizadas más de 50 galerías con larvas vivas de *Tuta absoluta*, pero no se detectaron parasitoides.

En la Tabla 9 se muestra la composición de especies de parasitoides detectadas sobre las larvas de *T. absoluta*. Se encontraron por lo menos 5 especies distintas de eulófidos, siendo el más común *Necremnus artynes* (Fig. 33). Esta especie es relativamente grande, casi el doble de grande que las otras especies detectadas (Fig. 34)



**Figura 33.** *Necremnus artynes* Hembra adulta.



**Figura 34.** *Stenomesius* sp Macho.

Especie	Nº de ejemplares detectados	% del parasitismo total
<i>Necremnus artynes</i>	46	79
<i>Neochrysocharis formosa</i>	4	7
<i>Diglypus isaea</i>	1	2
<i>Stenomesius</i> sp	5	9

**Tabla 9.** Parasitoides aislados de las galerías de *T. absoluta* en cultivos de tomate. Los parasitoides fueron aislados en el estado de pupa y conservados en tubos 'Eppendorf' hasta su eclosión para su posterior identificación.

## 7. Conclusiones

Los resultados del proyecto han demostrado claramente que tanto las trampas de luz como las trampas de feromonas pueden capturar importantes cantidades de polillas adultas. En particular, los resultados con estas trampas permiten las siguientes conclusiones:

### Trampas de feromonas

Las capturas en las trampas de feromonas consisten en más de 96% de machos. La cantidad de hembras que se detectan en estas trampas es insignificante, por lo cual el 'efecto llamada' de dichas trampas no existe. Es decir, no se produce una incidencia de daño mayor por la atracción de las polillas desde fuera del cultivo, dado que la presencia de más o menos machos no repercute en la cantidad de huevos que ponen las hembras.

Las capturas en trampas con cápsulas cargadas con 0,5 y 1 mg han sido superiores a las capturas en trampas con difusores con concentraciones inferiores (0,1 y 0,2 mg), capturando entre 12 y 134% más.

### Trampas de luz

- Las trampas de luz atraen notablemente más a hembras que a machos.
- La altura de colocación de las trampas de luz es importante para su eficacia

La mayor cantidad de polillas adultas se atrapa a poca distancia del suelo; la segunda mayor cantidad justo por encima de la cabeza de la planta y la menor cantidad a media altura.

Las trampas colocadas cerca del suelo atrapan a una mayor cantidad de machos, mientras que las trampas colocadas en la parte de arriba atrapan a un número mayor de hembras.

¿Cuándo encender las trampas? La mayor cantidad de polillas cae en las trampas de luz en las horas antes del amanecer; la segunda mayor cantidad en las horas des-

pués del atardecer y la menor cantidad en las horas durante la noche. Estas diferencias son, sobre todo, causadas por la actividad de los machos. En cambio, las hembras han sido atrapadas en menor cantidad en las horas previas al amanecer en comparación con otras franjas horarias.

**Tipo de trampas:** En una comparación entre tres diferentes tipos de trampas de luz, se ha notado una diferencia clara en función del tamaño y la capacidad lumínica de las trampas. Cuanto más grande es la trampa, más captura.

**Distancia entre las trampas:** Las trampas colocadas a una distancia de 25 metros no influyen entre ellas en la cantidad de polillas capturadas. Este resultado indica que el 'efecto llamada' (atracción de la plaga desde fuera de los cultivos) es muy limitado.

## Solarización

En un invernadero con una alta población de la plaga, se ha comprobado que, después de arrancar y eliminar el cultivo, han emergido más de 200 polillas por metro cuadrado.

La solarización durante 10 días después de arrancar el cultivo es suficiente para eliminar la población que emerge desde el suelo.

## Control biológico

El control biológico mediante los dos agentes disponibles comercialmente (*Nesiodiocris tenuis* y *Trichogramma achaeae*), no ha sido implementado a gran escala en los invernaderos de tomate en Almería.

En uno de los invernaderos de muestreo, se detectaron grandes cantidades de himenópteros parasitoides de *Tuta absoluta* de forma espontánea, llegando a parasitar más del 50% de las larvas. Se encontraron por lo menos 5 especies (Hymenoptera, Eulophidae). Aproximadamente, el 80% del parasitismo fue obra de una sola especie (*Necremnus artynes*). Esta observación, hasta ahora única en Almería, puede ser clave para encontrar una nueva solución de cara al control de la plaga. Las otras especies de

parasitoides identificadas *Neochrysocharis formosa* y *Diglyphus isaea*, son parasitoides de tamaño mucho más reducido, conocidos como parasitoides del díptero minador *Liriomyza spp.*





La polilla del tomate, *Tuta absoluta*, está definitivamente establecida como una plaga importante en el cultivo de tomate en Almería. No obstante, en los invernaderos parece una plaga manejable, gracias a las medidas que puede tomar el agricultor para su control. Puesto que *Tuta absoluta* es una especie propensa a desarrollar resistencias contra insecticidas, estas medidas pasan por prevenir la dispersión de la plaga entre los cultivos y por el control biológico.

El presente proyecto estaba dirigido a optimizar el uso de las trampas de feromonas y de luz y al efecto de la solarización del suelo al final del cultivo. No obstante, casi de forma accidental, por primera vez se ha podido documentar que un grave ataque por *Tuta absoluta* en tomate fue controlado totalmente por parasitoides autóctonos. Esta observación es esperanzadora, mostrando la respuesta ecológica a la aparición de esta plaga invasora que hizo su entrada en Europa de forma tan devastadora.