

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Estudio de la viabilidad del uso de
acolchados cromáticos en invernaderos tipo
Almería con ventilación natural

Mención: Hortofruticultura y Jardinería/
Mecanización y Construcciones Rurales

Curso 2017/2018

Alumno/a:

Miguel Martín Martín

Director/es:

Francisco Domingo Molina Aiz
Diego Luís Valera Martínez

Agradecimientos

Para mi familia, uno de mis principales pilares, por su confianza, ánimos y ayuda. Siempre dispuestos a colaborar en todo momento y a ofrecerme todo su apoyo en las buenas y en las malas. Su total confianza me ha servido para encarar esta empresa con el mejor de los ánimos.

A mi novia por su comprensión, entusiasmo y motivación, que siempre he encontrado en ella y me ha servido como combustible para poder completar esta travesía.

Gracias a mis dos tutores en este trabajo, Francisco Domingo Molina Aiz y Diego Luis Varela Martínez por la oportunidad de hacer este proyecto y su dedicación y colaboración a lo largo de él. Así como sus enseñanzas y ayudas que me han resultado muy útiles para poder ofrecer lo mejor de mí.

Índice

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1. INTERÉS Y OBJETIVOS.....	5
2. FASES DE REALIZACIÓN DEL TFG	7
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 EL SECTOR AGRÍCOLA ALMERIENSE	9
3.2 AGRICULTURA PROTEGIDA.....	12
3.2.1 <i>Los invernaderos</i>	13
3.2.1.1 Historia de los invernaderos	13
3.2.1.2 Los invernaderos en la actualidad	14
3.2.1.3 El clima dentro del invernadero.....	15
3.2.1.3.1 La radiación solar	17
3.2.1.3.2 La temperatura dentro del invernadero.....	18
3.2.1.3.3 La humedad en el invernadero	20
3.2.2 <i>La ventilación en el invernadero</i>	20
3.2.3 <i>El acolchado</i>	22
3.2.4 <i>Otros métodos de agricultura protegida</i>	26
3.3 LUCHA INTEGRADA	27
3.3.1 <i>Historia de la fitoterapéutica</i>	27
3.3.2 <i>Efectos secundarios del uso de plaguicidas</i>	30
3.3.3 <i>Evolución de la fitoterapéutica</i>	32
3.3.3.1 Fase de lucha química indiscriminada	32
3.3.3.2 Fase de lucha química aconsejada.....	32
3.3.3.3 Fase de lucha dirigida	33
3.3.3.4 Fase de lucha integrada.....	33
3.3.4 <i>Medios de protección de lucha integrada</i>	34
3.3.4.1 Control biológico	34
3.3.4.1.1 Utilización de Entomófagos	34
3.3.4.1.2 Lucha microbiológica	35
3.3.4.1.3 Lucha microbiológica contra enfermedades.....	37
3.3.4.2 Lucha biotécnica	38
3.3.4.3 Lucha genética	40
3.3.4.4 Las prácticas culturales.....	41
3.3.5 <i>Principales plagas en el cultivo de tomate en los invernaderos</i>	42
3.3.5.1 <i>Ácaros</i>	42

Estudio de la viabilidad del uso de acolchados cromáticos en invernaderos tipo Almería con ventilación natural

3.3.5.2 Insectos.....	43
3.3.5.3 Nematodos	44
3.3.6 <i>Control biológico del tomate en Almería</i>	45
4. MATERIALES Y MÉTODOS	47
4.1 EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO	47
4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	48
4.3 CONDICIONES DEL CULTIVO	55
4.3.1 <i>Fertirriego</i>	55
4.3.2 <i>Protección vegetal</i>	57
4.4 MÉTODOS DE MEDICIÓN	59
4.4.1 <i>Temperaturas</i>	59
4.4.1.1 Temperaturas del aire	59
4.4.1.2. Temperaturas de suelo	60
4.4.1.3. Coeficiente de reflexión de la superficie del suelo.....	61
4.4.2 <i>Incidencia de plagas</i>	61
4.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	64
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
5.1. ANÁLISIS DE VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	67
5.1.1. <i>Temperatura del aire a la altura del cultivo</i>	67
5.1.2 <i>Temperatura del aire sobre el suelo</i>	69
5.1.3. <i>Temperatura de la superficie del suelo</i>	72
5.1.4. <i>Temperatura del suelo</i>	74
5.2 RESULTADOS OBTENIDOS DEL CONTEO DE INSECTOS	79
6. CONCLUSIONES.....	89
7. BIBLIOGRAFÍA	91

Índice de Figuras

Figura 1. Destino exportaciones de frutas y hortalizas de Almería (Millones de € y %) en el año 2016 (Martínez y Garre, 2017).	10
Figura 2. Estimación de la idoneidad de Almería para el cultivo de plantas termófilas dependiendo de la temperatura media por meses y la radiación solar (Nisen, et al., 1988).	16
Figura 3. Balance de radiación y energía dentro de un invernadero (Seeman, 1974)....	17
Figura 4. Porcentaje de transmisividad para varios tipos de cerramiento según el ángulo de incidencia (Montero et al., 2001).	18
Figura 5. Evolución de diversos parámetros climáticos bajo invernadero sin calefacción durante varios días de invierno en Motril (Granada) (Castilla, 2007).	20
Figura 6. Gradiente térmico en función del caudal de aire (Baeza, et al., 2014).	21
Figura 7. Esquema de un suelo enarenado (Valera et al., 2014).	24
Figura 8. Evolución mundial del consumo de plaguicidas y herbicidas en miles de toneladas (Carvalho, 2006).....	28
Figura 9. Coste mundial en plaguicidas y herbicidas en miles de millones de dólares (Carvalho, 2006).....	29
Figura 10. Uso de plaguicidas a nivel mundial en millones de dólares (Zhang et al., 2011).	29
Figura 11. Dispersión de pesticidas en el medio de aplicación (March, 2014)	31
Figura 12. Foto de satélite de la finca experimental UAL-ANECOOP con el invernadero experimental U8.	47
Figura 13. Plano de la finca UAL-ANECOOP (UAL-ANECOOP, 2018).....	48
Figura 14. Imagen de las ventanas cenitales del invernadero U8 (a) y detalle del sistema de apertura (b).	50
Figura 15. Imagen de las ventanas laterales en la que se aprecia la ventana inferior cerrada en el lado Oeste y abierta en el Este.....	50
Figura 16. Geometría de la sección transversal del invernadero experimental U8 y de las ventanas. En azul las ventanas y en rojo las puertas. Lateral sur (b), frontal este (c), lateral norte (d) y frontal oeste (e).....	51
Figura 17. Representación del plano del invernadero con la distribución de los diferentes tipos de acolchado según las zonas y la situación de los Datalogger.	53

- Figura 18. Disposición de los tratamientos de acolchado en el bloque Nor-Oeste (U8NO) y sensor de temperatura situado en la caja de protección a 2 m de altura (a), situación de las placas cromáticas para muestreo de insectos y la caja de protección del sensor de temperatura situado a 10 cm (b) e imagen del luxómetro utilizado para medir la reflexión de los acolchados y el suelo enarenado (c). 59
- Figura 19. Registradores de datos (Dataloggers) y sensores utilizados para la medición de la temperatura del aire, del suelo en superficie y a 10 cm de profundidad. 60
- Figura 20. Trampa Horiver (a) utilizada para la captura de insectos con las casillas usadas para el recuento marcadas y fotografía de la lámpara Velleman (b) usada para el recuento de insectos. 62
- Figura 21. Fotografía de trips a tamaño real de 1-1.5 mm (a) y al microscopio (X 4 aumentos) (b), capturado en la trampa cromática. 63
- Figura 22. Fotografía de *sciarido* spp. a tamaño real 2-3 mm (a) y al microscopio (X 4 aumentos) (b), capturado en la trampa cromática. 63
- Figura 23. Fotografía de *Nesidiocoris* a tamaño real 4-5 mm (a) y al microscopio (× 4 aumentos) (b), capturado en la trampa cromática. 63
- Figura 24. Fotografía de *Eretmocerus* a tamaño real 0.5-1 mm (a) y al microscopio (X 4 aumentos) (b), capturado en la trampa cromática. 64
- Figura 25. Gráfico de caja y bigotes usado en el análisis estadístico para comprobar el nivel de confianza de la prueba de rangos múltiples. 66
- Figura 26. Gráfico de las capturas de trips en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa. 85
- Figura 27. Representación de las capturas de *eretmocerus* en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa. 85
- Figura 28. Representación de las capturas de *nesidiocoris* en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa. 86
- Figura 29. Representación de las capturas de mosquilla negra en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa. 87

Índice de Tablas

Tabla 1. Cronograma de la realización de actividades. Las casillas en rojo indican los meses durante los cuales se ha realizado dicha actividad.....	7
Tabla 2. Superficie de ventilación y plantas trasplantadas en el invernadero experimental.	49
Tabla 3. Área de ventilación del invernadero U8 para la parte este y oeste.	51
Tabla 4. Definición de las diferentes zonas en las que están organizados los acolchados.	52
Tabla 5. Propiedades del plástico usado como acolchado en el suelo. (Politiv, 2017)...	54
Tabla 6. Usos aconsejados por el fabricante para los dos tipos de acolchado ensayados (Politiv, 2018).	54
Tabla 7. Consumo de agua y conductividad eléctrica (ds/m) en el invernadero U8 y en el total del cabezal 1, entre los meses de septiembre de 2017 y Marzo de 2018 y porcentaje del consumo del invernadero U8 con respecto del total.....	55
Tabla 8. Fertilizantes utilizados en el Cabezal 1 entre los meses de Septiembre de 2017 y Marzo de 2018.	56
Tabla 9. Productos nutricionales empleados en el invernadero U8 entre los meses de Septiembre de 2017 y Abril de 2018.....	56
Tabla 10. Uso de tratamientos químicos en el invernadero U8 entre los meses de Septiembre de 2017 y Abril de 2018.....	57
Tabla 11. Insectos auxiliares utilizados en el invernadero U8 entre los meses de Septiembre de 2017 y Abril de 2018.....	58
Tabla 12. Valores medios de la temperatura del aire (en °C) medida a 2 m de altura sobre distribuida por 6 partes del invernadero.	67
Tabla 13. Valores máximos de temperatura del aire (en °C) medida a 2 m de altura sobre distribuida por 6 partes del invernadero.	68
Tabla 14. Valores medios de la temperatura del aire (en °C) medida a 0.1 m de altura sobre los diferentes tipos de acolchado del suelo para los 10 periodos de tiempo analizados.....	69
Tabla 14. (Continuación).	70
Tabla 15. Comparación de las medias de temperaturas a 10 cm de altura (indicadas en la Tabla 14), de los tres tipos diferentes de acolchados dentro de un mismo sector y período.	71

Tabla 16. Valores medios de la temperatura del aire (en °C) en la superficie del suelo medidos a 0.01 m bajo el enarenado o entre el plástico para acolchado y el suelo. En el lado Sur solo se disponían de sensores en el enarenado.	72
Tabla 17. Comparación de las medias de temperaturas en la superficie del suelo (los valores son los indicados en la Tabla 16), de los tres tipos diferentes de acolchados dentro de un mismo sector y período. En el lado Sur solo se disponían de sensores en el enarenado.	73
Tabla 18. Valores medios de la temperatura del suelo (en °C) a 0.1 m de profundidad en los diferentes tipos de acolchado del suelo. En el lado Sur solo se disponían de sensores en el enarenado.	74
Tabla 19. Comparación de las medias de temperaturas a 0.1 m de profundidad (los valores son los de la Tabla 18), de los tres tipos diferentes de acolchados dentro de un mismo sector y período en el lado Norte.	75
Tabla 20. Cantidad total de insectos capturados en las trampas cromáticas en los diferentes acolchados usados (total de las 4 repeticiones) y expresados en porcentaje.	79
Tabla 21. Cantidad de trips capturados en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.	81
Tabla 22. Cantidad de <i>eretmocerus</i> capturados en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.	82
Tabla 23. Cantidad de <i>nesidiocoris</i> capturados en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.	83
Tabla 24. Cantidad de mosquilla negra capturada en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.	84

Resumen

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la viabilidad técnica de dos medidas de control climático encaminadas a reducir la temperatura del aire del invernadero en periodos cálidos: el aumento de la superficie de ventilación lateral y el uso de acolchados cromáticos que reflejen la radiación solar.

En el análisis se han considerado dos de los principales factores limitantes en la producción de hortaliza dentro de los invernaderos en la zona del sureste español: las temperaturas y la incidencia de plagas. El trabajo se ha desarrollado a lo largo de un cultivo de tomate de ciclo largo (del 11/09/2017 al 30/5/2017) en un invernadero del Campo de Prácticas de la Universidad de Almería (Centro de Innovación y Tecnología "Fundación UAL-ANECOOP") de tipo Almería en «*raspa y amagado*». El invernadero experimental se dividió en dos sectores similares mediante una lámina plástica colocada perpendicularmente a las cumbres situadas según un eje Este-Oeste. Cada sector está además dividido en dos partes iguales al Sur y Norte del pasillo central. A partir del 12 de marzo de 2017 se abrió una ventana lateral adicional en los tres laterales del sector Este (U8E), aumentando la superficie total de ventilación del 9.6% (instalada en el sector Oeste, U8O) al 15.3%. En el invernadero se instalaron láminas de acolchado plástico amarillo/negro y plateado/negro para comparar su efecto con el del suelo simplemente enarenado. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 repeticiones (U8ON, U8OS, U8EN y U8ES) por cada uno de los 3 tratamientos (arenado, acolchados amarillo y plateado).

El aumento de la superficie de ventilación lateral en el sector Este del 7.2% al 12.9% de la superficie de suelo cubierto en el invernadero produjo una reducción estadísticamente significativa de las temperaturas medias (0.2 °C) y máximas

(1.4°C) del aire medidas 2 m de altura y de los valores medios a 0.1 m (0.9°C) durante los meses de abril y mayo en los que subió la temperatura exterior.

Los acolchados cromáticos, sin embargo, no se han mostrado efectivos ni en el descenso de la temperatura del suelo, cuyo valor medio por lo general fue inferior en el suelo enarenado, ni en la repulsión de insectos (*trips*, *eretmocerus*, *nesidiocoris* y mosquilla negra). Como consecuencia no parece viable su uso dentro de invernaderos para producción hortícola en los periodos cálidos.

Abstract

This work evaluate the technical viability of two climate control measures to reduce air temperature inside greenhouses in warm periods: increasing the surface of the side vents and the use of coloured plastic mulches reflecting solar radiation.

In this analysis, two of the main limiting factors in the production of vegetables in greenhouses in the area of the South-East Spanish have been considered: temperatures and incidence of pests. The work has been developed over a long growing cycle of tomato crop (11/09/2017 at 30/05/2017) in a «*raspa y amagado*» Almería type greenhouse in the Experimental Farm of the University of Almería (Centre for Innovation and Technology "UAL - ANECOOP Foundation"). The experimental greenhouse was divided into two similar sectors with a plastic sheet placed normal to the ridges located along an East-West axis. Each sector was further divided into two equal parts to the South and North of the central corridor. From March 12, 2017 an additional side vent was opened on the three sides of the sector East (U8E), increasing the total area of ventilation of 9.6% (installed in the West sector, U8W) at 15.3%. Yellow/black and silver/black plastic mulches were used inside the greenhouse to compare their effect with the sand-gravel mulched soil (*enarenado*). An experimental design of completely randomized blocks was used with 4 replications (U8WN, U8WS, U8EN and U8ES) for each of the 3 treatment (*enarenado* and yellow and silver mulches).

The increase in the area of side vents on the East sector from 7.2% to 12.9% of the soil surface in the greenhouse produced a statistically significant reduction in temperatures. These reductions were observed for the average (0.2 °C) and maximum (1.4 °C) air temperatures, measured at 2 m height, and for the average

temperature at 0.1 m (0.9 °C), during the months of April and May which went up the outside temperature.

However, the coloured mulches not have been effective nor in the decrease in the soil temperature, whose average value was generally lower on the sand mulched soil (*enarenado*), nor on the repulsion of insects (trips, *eretmocerus*, *nesidiocoris* and black fly). As a result does not seem viable, use it inside greenhouses for vegetable production in the warm periods.

1. Interés y objetivos

Dos de los principales pilares de la agricultura protegida en el Sureste Español son la climatización pasiva y la lucha integrada contra plagas y enfermedades de los cultivos. Con la primera se pretende conseguir una temperatura óptima para el desarrollo del cultivo durante la mayor parte del tiempo con un gasto lo más bajo posible para el agricultor. Con la segunda se persigue solucionar los problemas fitosanitarios de manera sostenible y responsable, en una zona en la que la concentración de cultivos hace que se vea muy afectada por ellos, así como mejorar la confianza de los consumidores en dichos productos. Esto sólo es posible por medio de la investigación tecnológica y la adaptación con el esfuerzo de todos los que tanto de manera directa como indirecta se dedican al sector.

El objetivo general de este proyecto es analizar el efecto sobre la temperatura de un invernadero tipo Almería del uso de ventanas laterales de mayor tamaño a las estándar y del uso de nuevos prototipos de acolchados cromáticos. Este objetivo se materializará a través de los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el efecto sobre la temperatura del aire del incremento de la superficie de ventana laterales en un invernadero de tipo Almería en «raspa y amagado».
- Analizar el efecto de los acolchados cromáticos plateado y amarillo en la temperatura del suelo y del aire en su proximidad (10 cm de altura).
- Evaluar la incidencia de los acolchados cromáticos en las poblaciones de mosca blanca y trips capturados en trampas cromáticas.

Con estos objetivos en mente, en el siguiente trabajo de fin de grado se ha analizado varias variables que se dan dentro de un invernadero de tipo “Almería”. En el invernadero se ha cultivado por tomates de la variedad Ventero

que fue trasplantado el 11 de septiembre de 2017. El cultivo se da en suelo enarenado, salvo en 8 líneas de cultivo en las que se utiliza un acolchado plástico sobre el suelo enarenado (4 de color amarillo y 4 de color plateado). La particularidad de estos acolchados es su color que afecta a la absorción/reflexión de la radiación solar y a la atracción/repelencia sobre los insectos, tanto plagas como auxiliares.

Para la investigación dividimos el invernadero en 4 bloques. Un film plástico divide y aísla el invernadero en dos partes, atravesándolo de norte a sur y el camino utilizado para las operaciones lo atraviesa de este a oeste. De esta manera tenemos 4 bloques: Sureste, Suroeste, Noreste y Noroeste. En cada una de las cuatro se analizan tres líneas de cultivo en la que una tiene acolchado plástico amarillo, la otra tiene acolchado plástico plateado y la otra tiene sólo el enarenado.

En cada una de las líneas a analizar se han colocado dos trampas cromáticas: (una azul y otra amarilla) y tres sensores de temperatura (a 0.1 m de profundidad, a ras de suelo o bajo el acolchado y a 0.1 metro de altura).

El presente trabajo pretende hacer un acercamiento a como el uso de este tipo de acolchado podría ayudar a controlar la temperatura de manera pasiva a ras de suelo. Por otro lado, analizar si los colores usados afectan a los insectos y su comportamiento y como esto podría ser útil como método complementario dentro de la lucha integrada.

2. Fases de realización del TFG

El trabajo se desarrolló en las siguientes fases (Tabla 1):

- 1º. Montaje del dispositivo experimental (Noviembre 2017).
- 2º. Toma de datos climáticos en campo (Diciembre 2017-Mayo 2018).
- 3º. Muestreo de insectos plagas en trampas cromáticas (Diciembre 2017-Abril 2018).
- 4º. Análisis estadístico de los datos climáticos (Febrero-Abril 2018).
- 5º. Redacción del documento de Trabajo Fin de Grado (Enero-Mayo 2018).

Tabla 1. Cronograma de la realización de actividades. Las casillas en rojo indican los meses durante los cuales se ha realizado dicha actividad.

Año	2017		2018				
Etapas	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.
Montaje del dispositivo							
Toma de datos climáticos							
Muestreo de insectos							
Análisis estadístico							
Redacción del documento							

3. Revisión bibliográfica

3.1 El sector agrícola almeriense

A partir del último tercio del siglo XX la provincia de Almería ha sufrido una revolución económica, pasando de estar situada en la cola de España en riqueza a un punto intermedio. Esta revolución está corroborada por los datos macroeconómicos. Entre 1970 y 2000 la población de la provincia creció un 90% más que la de España, la producción un 84% y el empleo casi un 130% ganando en dicho periodo 20 puntos porcentuales en términos de PIB, que la hizo pasar del puesto 48 al 30 de España (Molina, 2005). Teniendo en cuenta que el crecimiento del PIB por habitante ha ido ligado a un aumento de la población estos datos son todavía más impactantes.

Aunque en el mundo occidental existe una relación directa entre la pérdida de peso de la agricultura y el nivel de crecimiento económico, el caso almeriense presenta ciertas particularidades que hacen de este el principal factor de dicho crecimiento. Presenta una participación en el producto interior bruto del 25% de forma directa y otro 12% de forma indirecta bastante elevado teniendo en cuenta que en España se encuentra de media en torno al 5% y en Europa al 2% (Molina, 2005).

Hoy en día se producen más de 3.5 millones de hortalizas cultivadas la mayoría en las 30.200 ha bajo plástico. De estos 2.7 millones son para exportación (76% de la cosecha). El 98% de las exportaciones son a la Unión Europea (Fig. 1), siendo los principales destinos Alemania, Francia, Reino Unido y Países Bajos (Martínez y Garre, 2017).

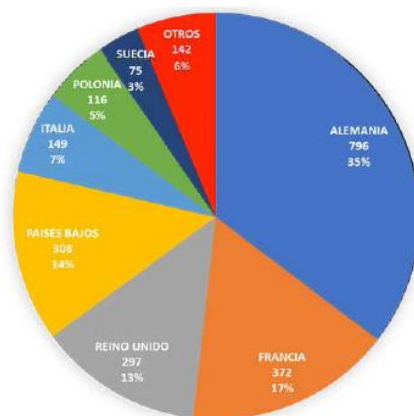


Figura 1. Destino exportaciones de frutas y hortalizas de Almería (Millones de € y %) en el año 2016 (Martínez y Garre, 2017).

En cuanto a la importancia de los cultivos el tomate es la hortaliza que más se produce (más de un millón de toneladas) y se exporta la mitad. La siguiente en importancia es el pimiento con unas 665.000 toneladas de las cuales el 75% son para exportación. El pepino, el calabacín y la sandía tienen una producción similar de unas 430.000 toneladas, dedicándose a la exportación el 100% en el caso del pepino, el 63% en el caso del calabacín y el 78% en el caso de la sandía (Martínez y Garre, 2017).

El inicio de la revolución agrícola se da con el alumbramiento de aguas subterráneas en los años 60 y el reparto y puesta en producción de tierras, en aquella época, desérticas y sin apenas valor. Esto junto a una gran cantidad de mano de obra (debido a la depresión económica de entonces), la escasa necesidad de grandes inversiones y la idoneidad del clima, crearon el caldo de cultivo ideal para que ésta germinara. La repartición de la tierra propicio que las explotaciones fueran pequeñas y manejadas por núcleos familiares lo que favorecía que la plusvalía sirviera para mejorar su nivel de vida y la inversión y con ello la productividad en un círculo vicioso que se iba retroalimentando (Molina, 2005).

Este gran desarrollo económico no se entiende sin la revolución agrícola que sufrió la provincia gracias a la mejora de las técnicas en el cultivo. Estas

mejoras tecnológicas comienzan con la puesta en regadío de las zonas baldías con aguas procedentes de los acuíferos de la zona del Poniente. Más tarde el empleo de métodos como “el enarenado” y el cultivo bajo plástico sirvieron para aumentar la producción y hacer de esta una agricultura rentable (Valera et al., 2014). Posteriormente se continuaron con los avances, en los que se buscaba aumentar la producción. Este aumento se llevó a cabo siempre desde un punto de vista que le saliera rentable al agricultor mediante la economización de estos procesos. Así se generalizó la mejora de la infraestructura del invernadero y su eficiencia térmica, se empezó a practicar el fertirriego, la solarización y el encalado entre otros muchos avances.

La persistencia en el tiempo de este modelo se debe a múltiples factores entre los que tienen un peso importante la comercialización de la producción en la UE y la mejora tecnológica. La agricultura europea se encuentra ligada a las normas del libre mercado de la UE. El tipo de demanda de los consumidores y las grandes cadenas de distribución exige alta calidad, trazabilidad y sostenibilidad ambiental, lo que hace que los agricultores se tengan que adaptar buscando una constante modernización. Para esto a su vez se ven obligados a subir el nivel tecnológico y biológico de sus explotaciones. Otros países como Marruecos, Egipto y Túnez han aumentado su producción agrícola y en muchos casos consiguiendo unos precios más rentables (sobre todo en mano de obra). Esto obliga a España a mejorar el rendimiento y la producción para poder competir debiendo ser de nuevo por medio de la mejora tecnológica desde el punto de vista de la rentabilidad (García-Martínez et al., 2008).

Como anteriormente se ha mencionado, la mejora de los canales de comercialización, como el acceso directo a los mercados de consumo por parte de agricultores y empresas almerienses, ha sido clave para poder obtener mejores precios y con ello aumentar la riqueza directamente. A su vez esta agricultura de tipo intensiva, que demanda muchos inputs, que depende en gran medida de la incorporación de tecnología y que consigue precios muy competitivos gracias a

sus particularidades en cuanto a capacidad para producir en invierno, cuando la mayoría de productores no pueden, favorece el entrelazado de una industria auxiliar y de servicios que conforman un potente sistema productivo.

En la temporada 2006-2007 se produce otra gran revolución en la agricultura almeriense conocida como “la revolución verde”, ocasionada por la crisis del pimiento. Ese año todos los productos procedentes de España sufren una gran desconfianza de los mercados europeos debido a la aparición de una sustancia química ilegal *Isofenfos Metil*. Esto produjo una reacción en cadena: los alemanes redujeron el consumo de pimiento almeriense (13 puntos porcentuales) y los agricultores se vieron obligados a buscar otros medios de protección para sus cultivos. La aparición del ácaro *Amblysius swirsski* Athias-Henriot que se podía producir a gran escala y permitía un control adecuado de las dos principales plagas el trips y la mosca blanca, supuso la solución del problema de los residuos químicos y el pistoletazo de salida para la propagación de la producción integrada también para los demás cultivos (Pardo, 2010).

Dentro de los aspectos negativos asociados a los sistemas de producción en los invernaderos de Almería, está la problemática de la sostenibilidad y de la contaminación. Aunque se está mejorando mucho en este aspecto gracias a los avances de la lucha integrada y el cultivo ecológico, aún sigue habiendo graves problemas como son la falta de infraestructuras capaces de soportar la alta actividad, mala estructuración territorial, contaminación de acuíferos, degradación paisajística y ocupación de las áreas ambientales, entre otras (Gomez, 2003).

3.2 Agricultura protegida

La agricultura protegida es la modificación de las características ambientales con los siguientes objetivos (Wittwer y Castilla, 1995):

- Protección del cultivo: contra viento, lluvia, granizo, radiación...

- Conseguir mayor producción y mejor calidad de frutos.
- Producir fuera de época, cuando los precios son más altos.
- Protección contra insectos, patógenos, enfermedades, malas hierbas pájaros y otros depredadores.
- Mejor aprovechamiento del espacio y los recursos.

La producción agrícola depende sus características genéticas, del medio en el que se desarrolla y de las técnicas culturales empleadas. Dentro del medio en el que se desarrolla la climatología y estacionalidad tiene una gran influencia. Este está resumido en 5 factores básicos: luz, humedad, dióxido de carbono, temperatura y aporte de nutrientes (Wittwer y Castilla, 1995). Mediante el control de estos factores de forma que estos se establezcan dentro de unos niveles adecuados se puede conseguir extraer el máximo potencial de un cultivo. Sin embargo la agricultura protegida requiere de un gran costo en inputs y de un adecuado manejo y planificación para que esta pueda resultar rentable desde el punto de vista económico.

3.2.1 Los invernaderos

3.2.1.1 *Historia de los invernaderos*

La obtención de hortalizas fuera de época ya se había conseguido desde hace algunos cientos de años en el norte de Europa. Estructuras de piedras y cristales eran utilizadas en plantaciones de cítricos durante el S. XVII. Durante los siguientes años se produjo una mejora constante en los invernaderos y su diseño haciendo cajas de cristal en las que se podían cultivar hortalizas, plantas ornamentales y plantas para flor cortada y extendiéndose también a América del norte, países de la cuenca del mediterráneo y países orientales como Japón y China. (Wittwer y Castilla, 1995) y (García-Sanz, 1865). A mediados del S. XX, el desarrollo de la industria del plástico supone uno de los avances más importantes para el diseño de los invernaderos, mediante el uso films de polietileno en su construcción. A finales de siglo, otros tipos de plásticos como el PVC, el

polipropileno o el poliéster consiguen unas mejores características, como menor densidad, mayor resistencia mecánica, impermeabilidad, comportamiento inocuo, durabilidad, coste y opacidad variable (Castilla, 2007).

3.2.1.2 Los invernaderos en la actualidad

En tiempos pasados, debido a las dificultades de transporte, los invernaderos solían situarse lo más próximos posible a los centros de consumo. En la actualidad los factores que influyen en la ubicación de éstos son otros, principalmente las características climáticas. También influyen factores técnicos como puede ser la disponibilidad y calidad del agua de riego y las características del suelo. Por último hay que tener en cuenta las circunstancias socioeconómicas: canales comerciales, infraestructuras, financiación, nivel tecnológico, suministros, etc. (Castilla, 2007). En las últimas décadas del siglo XX, tanto en Europa como en Estados Unidos, se ha producido un desplazamiento de las zonas principales de invernaderos hacia el sur. A la cuenca mediterránea en el primero y a Florida y California en el segundo (Tognoni y Serra, 1989), (Wittwer y Castilla, 1995) y (Nelson, 1985). Donde las condiciones climáticas permiten una producción más rentable en cuanto al ahorro en energía y sofisticación del invernadero. En Italia más del 60 % se reparten entre Nápoles y Sicilia, en Francia la principal zona es la Provenza, en Portugal el Algarve, En España la costa sureste y en Grecia la isla de Creta (Baudion et al., 2002).

La diversidad de clima y disponibilidad de recursos ha hecho que las estructuras de invernadero evolucionen según sus características, haciendo que estas tenga un desarrollo por zonas. En Portugal destacan las estructuras de madera barata (eucalipto) con forma de capilla a dos aguas. En España, principalmente en la provincia de Almería, predomina el tipo parral. Esta estructura consiste en estructuras de postes de hierro que sobresalen verticalmente sobre zapatas y unidos con alambres de tensión que sirven a su vez para fijar el plástico (Von Elsner et al., 2000).

En la actualidad existen dos concepciones básicas de invernadero desde el punto de vista del control climático. La primera típica del norte de Europa persigue el máximo control de las condiciones climáticas del invernadero con un alto grado de sofisticación tecnológica. El segundo típico de la zona mediterránea dispone de menos tecnología y con menos control de las condiciones climáticas, usando sobre todo métodos pasivos de control climático como puede ser el “encalado”, mallas de sombreo o ventilación natural entre otros (Enoch, 1986). La primera opción, aunque tiene unos mayores costes, también permite una mayor producción. Entre estas dos opciones existe una gran gama intermedia de tipos, que van a depender de la especie y del lugar por un lado y de las condiciones financieras y socio-económicas por otro (Castilla, 2007).

3.2.1.3 El clima dentro del invernadero

Dentro del invernadero la atmósfera, la temperatura y la radiación que llega va a ser distinta a la del exterior. Estos parámetros van a depender de las características del material de cerramiento, de las condiciones de ventilación, del tipo de invernadero, de la orientación del invernadero o de la cubierta vegetal presente (Berninger, 1989).

Para entender la forma en la que una cubierta de plástico incide en la temperatura hay que tener en cuenta el efecto de confinamiento y el efecto invernadero. Por un lado, el aislamiento del aire debajo del plástico impide el intercambio y flujo de este con el resto de la atmósfera. Por otro lado, las propiedades de este material el cuál es muy permeable a los rayos de onda corta emitidos por el sol (los visibles y ultravioletas). Durante el día los rayos de onda corta atraviesan la cubierta de plástico y calientan las plantas y el suelo. Los elementos del interior del habitáculo liberan la energía absorbida en forma de onda larga (infrarroja). Este tipo de onda a su vez no atraviesa el plástico por lo que es absorbido y emitido por las dos caras, haciendo que la mitad de la energía vuelva hacia dentro y manteniendo la temperatura por más tiempo (Papadakis et al., 2000). En el caso de polietileno normal puede darse el caso de que sea

permeable a la onda infrarroja dando lugar a lo que se conoce como “inversión térmica”. En noches de cielo despejado y escaso viento, los intercambios entre la atmósfera y la cubierta del invernadero hacen que la temperatura del invernadero sea menor dentro que fuera de éste, lo que puede ocasionar peligro de heladas.

En algunas zonas mediterráneas el uso del invernadero para aumentar la temperatura queda marginado a periodos breves de bajas temperaturas (Fig. 2), siendo su función principal lo que se conoce como “el efecto oasis” (Sirjacobs, 1988). Suele ser en áreas secas y cálidas donde el sombreado reduce la radiación, el aislamiento sirve de cortavientos y la mayor humedad que se da en el interior por medio del riego y sistemas de refrigeración hacen del lugar como si fuera un oasis. Al mismo tiempo la reducción de radiación por un lado y el aumento de la humedad reducen la evapotranspiración lo que resulta esencial en el ahorro de recursos hídricos.

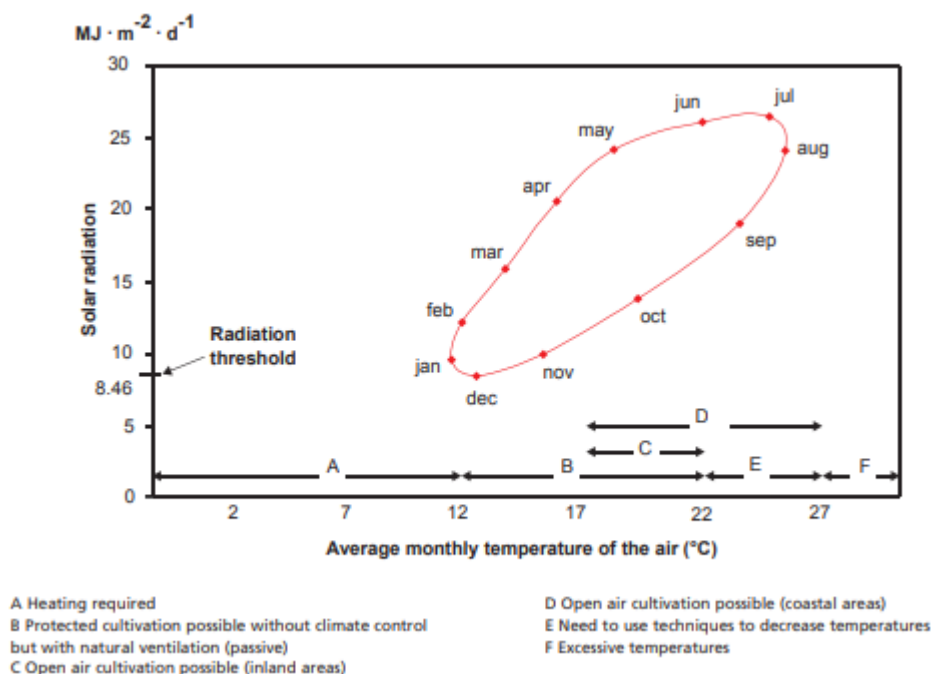


Figura 2. Estimación de la idoneidad de Almería para el cultivo de plantas termófilas dependiendo de la temperatura media por meses y la radiación solar (Nisen, et al., 1988).

A su vez en regiones tropicales y subtropicales de alta pluviometría predomina el llamado “efecto paraguas”. En este caso el aumentar la temperatura no es importante, ya que esta es suficiente para el cultivo. El principal problema radica en los daños ocasionados por las intensas y constantes lluvias y la alta humedad. Gracias al invernadero se consigue proteger el cultivo (Garnaud, 1987).

3.2.1.3.1 La radiación solar

La radiación solar es un elemento esencial para el correcto desarrollo de las plantas. Esta va a afectar directamente tanto en la cantidad de producción como en la calidad. La cubierta del invernadero ocasiona una reducción en la radiación que llega al cultivo y una modificación en sus características ocasionando que esta pierda calidad (radiación difusa) (Baille et al., 1999). Además, una parte importante de la luz que penetra se pierde por las paredes laterales del invernadero (sobre todo la pared norte). Material reflectante en la cara norte o en el suelo contribuye a aumentar la radiación disponible para el cultivo (Fig. 3).

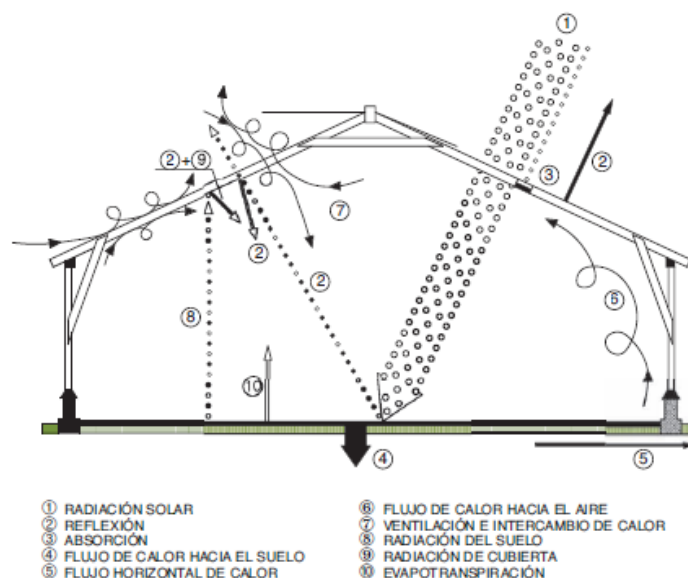


Figura 3. Balance de radiación y energía dentro de un invernadero (Seeman, 1974).

A partir de la latitud de 30° la radiación empieza progresivamente a ser un factor limitante para el cultivo en los meses de otoño y diciembre (Castilla et al., 1999). La fracción de radiación que entra dentro del invernadero se le designa transmisividad. Ésta va a depender de las condiciones climáticas (nubosidad), de la posición del sol en el cielo según fecha, hora y latitud, de la geometría y orientación de la cubierta del invernadero (será mayor cuanto más perpendicular a los rayos) y de las características del material de cerramiento y estructura (Fig. 4).

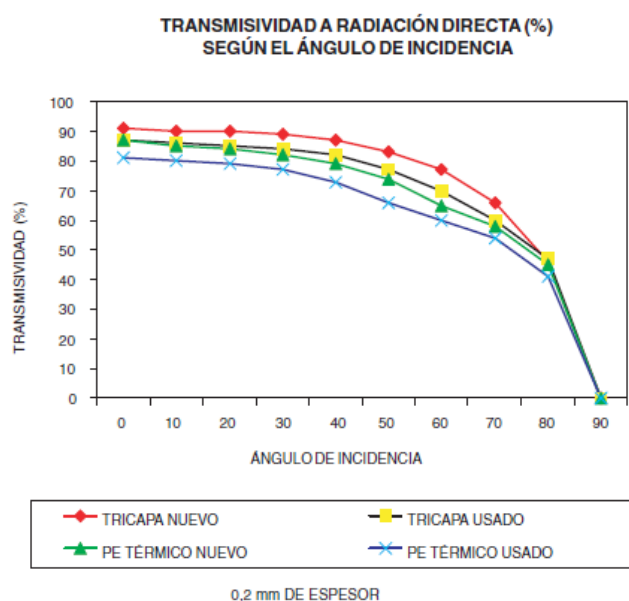


Figura 4. Porcentaje de transmisividad para varios tipos de cerramiento según el ángulo de incidencia (Montero et al., 2001).

3.2.1.3.2 La temperatura dentro del invernadero.

Por el día, debido a la trampa de calor, la temperatura del aire del invernadero es superior a la exterior. Esta puede resultar excesiva en algunas épocas del año si la ventilación no es adecuada. Por la noche la temperatura del invernadero está entre 1° y 3° por encima, a no ser que se produzca el fenómeno de inversión térmica, en cuyo caso está unos grados por debajo (Castilla, 2007).

La temperatura de la planta va a depender de la radiación absorbida, de la evaporación de agua y de los movimientos de aire. A su vez esta va a resultar muy diferente respecto al aire e incluso respecto a otras partes de la misma planta (Berninger, 1989). El intervalo de temperatura adecuado para una planta va a estar entre 10° y 30°, con valores nocturnos inferiores que limitan las pérdidas por respiración. En tomate una temperatura nocturna en torno a 15° puede considerarse óptima, considerándose un factor limitante a partir de ella (Jensen y Malter, 1995). Al mismo tiempo la temperatura óptima suele decrecer a medida que avanza el cultivo siendo mayores en su germinación y primeras etapas. Cuando aumenta la radiación y contenido de CO₂, también aumenta la temperatura óptima. Temperaturas por debajo de la óptima van a ocasionar principalmente pérdidas en la calidad del producto. Algunas plantas tienen la capacidad de amortiguar cambios de temperatura en periodos de 24 horas, de forma que si la media de temperaturas esta dentro de la óptima el deterioro es mínimo (Hanan, 1998).

En la superficie del suelo los valores de temperatura siguen una evolución similar a la del aire (Fig. 5), retrasada respecto a esta. Los valores extremos se amortiguan con la profundidad. El tipo de riego influencia a la temperatura del suelo haciendo que esta descienda. El suelo sirve de volante de inercia térmica, almacena calor durante el día y la devuelve al invernadero por la noche. Los acolchados que reflejan la luz limitan la absorción de energía por parte del suelo y por tanto su inercia térmica. También se limita la inercia térmica cuando los acolchados impiden evapotranspiración o liberan CO₂.

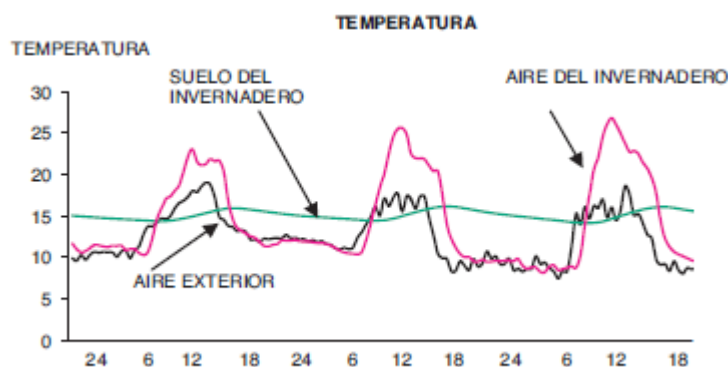


Figura 5. Evolución de diversos parámetros climáticos bajo invernadero sin calefacción durante varios días de invierno en Motril (Granada) (Castilla, 2007).

3.2.1.3.3 La humedad en el invernadero

Los principales factores que influyen en la higrometría del aire son la transpiración del cultivo, la evaporación del agua del suelo y la condensación del vapor en las diversas superficies al enfriarse (Day y Bailey, 1999). Durante el día aumenta la humedad absoluta debido a la evapotranspiración, pero la humedad relativa desciende debido al aumento de temperatura. Al ventilar el aire exterior (más frío y seco) se calienta con más rapidez de la que se enriquece el vapor de agua haciendo descender la humedad relativa. Se debe evitar superar DPV de 1,1 kPa en invierno y de 2,7 kPa en primavera.

3.2.2 La ventilación en el invernadero

La ventilación en el invernadero se justifica por las siguientes razones: (Castilla, 2007): evitar el calentamiento excesivo durante el día, mover el aire del invernadero, asegurar unos valores mínimos de CO₂ y controlar la higrometría. Por la noche puede ayudar también a evitar la inversión térmica (Baeza et al., 2014). La tasa de renovación horaria (R) se define como el cociente entre el volumen de aire exterior que entra por hora y el volumen del aire del invernadero. En la zona mediterránea se debe de alcanzar una tasa de renovación horaria de entre 30 y 60 (m³ · m⁻² · h⁻¹).

El movimiento del aire del invernadero resulta esencial para el correcto desarrollo de la planta: afecta a la temperatura de la hoja, al intercambio gaseoso y a la resistencia de la capa límite (fina película de aire donde se producen los intercambios gaseosos de unos 10 mm). Por lo tanto, influye en la fotosíntesis, transpiración y uso del agua, además de crear mejores condiciones fitosanitarias, mejor robustez en la planta lo cual desemboca en una mayor producción. (Hanan et al., 1998). Se recomiendan velocidades de aire en las hojas de $0,5$ a $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ como óptimas, mientras que superiores a $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ restringen el crecimiento de la planta (ASAE, 1984). A su vez para evitar estratificación del aire la velocidad de circulación del aire debería ser de $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Este fenómeno se da dentro del invernadero debido a la diferencia de peso entre el aire caliente y el frío, quedando el primero en la parte de arriba. Estas diferencias son acentuadas en aquellos con calefacción a excepción de los suelos calefactados y los sistemas de calefacción con tubos de agua caliente horizontales.

Una ventilación efectiva es aquella que proporciona un flujo de aire suficiente para que la temperatura sea aceptable dentro del invernadero. La temperatura del invernadero desciende a medida que aumenta la tasa de ventilación, pero no de forma lineal (Fig.6), sino que sigue una curva en la que la reducción se hace más pequeña a medida que aumenta la tasa de renovación. (Baeza et al., 2014).

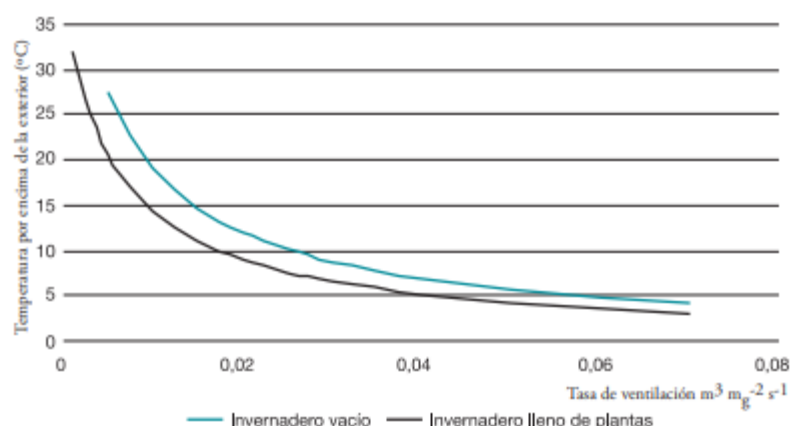


Figura 6. Gradiente térmico en función del caudal de aire (Baeza, et al., 2014).

La ventilación natural es aquella en la que el intercambio del aire sucede por efecto del aire exterior y la diferencia de temperaturas. Esta ventilación se regula abriendo más o menos las ventanas. Las ventanas pueden ser cenitales (aquellas que están en el techo del invernadero) o laterales. Para que la ventilación sea adecuada la superficie de las ventanas deben suponer entre un 15 y un 25 % del área de suelo cubierto por el cultivo. Esto es debido a que la temperatura del invernadero es función del área de cultivo.

La cantidad de CO₂ que hay dentro del invernadero depende de la ventilación, la fotosíntesis, la respiración de las plantas y de la respiración del suelo. Durante la noche el CO₂ en el interior es superior al exterior, durante el día debido a la fotosíntesis este desciende pudiendo llegar a ser limitante para la producción (Lorenzo et al., 1997). El objetivo de la ventilación es evitar reducciones mayores de 30 ppm respecto al contenido normal del aire (350 ppm), entre 20 y 30 (m³ · m⁻² · h⁻¹) suelen ser suficientes para mantener unos niveles aceptables (Berninger, 1989). Otra forma de conseguir mantener unos adecuados niveles de CO₂ es el abonado carbónico que consiste en inyectar una cantidad óptima de este gas en el invernadero, mediante gas puro o como generación de la combustión de materia orgánica.

3.2.3. El acolchado

La búsqueda del ahorro hace que la gran mayoría de los invernaderos de la zona sean invernaderos de bajo coste en los que no hay un gran control climático (Pérez-Parra et al., 2004). Esto va a provocar que tanto en el ciclo de invierno como en el de primavera se den temperaturas que están fuera del óptimo para el cultivo (Bonachela et al., 2012). En el interior del invernadero los suelos enarenados actúan como una cámara de aire caliente, que se llena por el día y devuelve el calor por la noche, consiguiendo tener una influencia de hasta 20 W/m² en una noche de febrero (Baille et al., 2006).

Debido a esto si se consigue tener un control sobre la cantidad de radiación que llega al suelo se podrá modificar la temperatura del invernadero. Dentro de estos métodos está el encalado, las mallas térmicas y el acolchado del suelo. El encalado y las mallas térmicas lo que pretenden es aumentar el albedo con el fin de bajar la temperatura, en los ciclos de primavera verano donde las altas temperaturas a determinadas horas del día hacen que se interrumpa la fotosíntesis. (Ibáñez, 2014). Por otro lado la función del acolchado va a depender de las características del material utilizado pudiendo ser utilizado tanto para elevar la temperatura como para hacer que esta descienda tanto en la parte aérea como en el área radicular de la planta. Además puede producir otros muchos beneficios para el cultivo como:

- Aumentar precocidad, una mayor temperatura en la zona radicular produce una germinación más rápida de la semilla y un mejor desarrollo adelantando la cosecha. Esto en términos económicos se puede traducir en mejores precios de venta en el mercado.
- Control de malas hiervas. Por un lado, reduce la luz que llega a sus semillas impidiendo que germinen y por otro actúa como barrera física para su desarrollo (Ngouajio y Ernest, 2004)
- Conservación de la humedad. El acolchado rompe la evaporación por capilaridad evitando las pérdidas de agua y nutrientes y reduciendo la humedad alrededor del cultivo y con esto los problemas de patógenos y enfermedades (Lima et al., 2017).
- Reducir la compactación del suelo, mayor textura de los materiales mejora la infiltración.
- Aporte de materia orgánica en acolchados orgánicos y biodegradables (Shogren, 2001)

El uso de acolchado en el suelo es casi tan antiguo como la agricultura misma usándose en sus inicios cenizas, carbones, guijarros, arenas, piedras, etc. (Lightfoot, 1994). Uno de los primeros casos de este tipo documentados data del 200 A.C. encontrado en el desierto del Negev (Kedar, 1957). Otros ejemplos

documentados son el uso de acolchado de grava en Nueva Zelanda desde el 1200 hasta el 1800 para el cultivo de la patata dulce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y para el maíz (*Zea mays* L.) (Lightfoot, 1994) y (Rigg & Bruce, 1923) y el uso de trozos de pizarra para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) casi 200 años atrás (Rowe-Dutton, 1957).

El otro gran avance en la agricultura de la zona de Almería anteriormente comentado fue la importación del “enarenado”, que se venía practicando en la vecina costa de Granada desde 30 años antes (García, 2011). Esta práctica consiste en cubrir el suelo con diferentes capas para aumentar las características físico-químicas en las que se va a desarrollar la planta. Primero se lleva a cabo un desfonde y nivelación de toda la parcela. A continuación se cubre el suelo con unos 50 cm. de tierra arcillosa, a no ser que la parcela ya posea tierra con estas características, esta capa además de evitar la percolación del agua de riego impide que las raíces de la planta penetren hasta la tierra natural de la finca. Sobre esta capa se vierte una capa de estiércol de unos 10 cm. donde se desarrollarán la gran mayoría de las raíces de la planta que servirá de elemento tampón corrigiendo posibles desequilibrios de la fertilización. Finalmente se cubre la parcela con una pequeña capa de arena fina, de granulometría inferior a 3 mm, proveniente de playas, dunas o canteras (Valera et al., 2014).

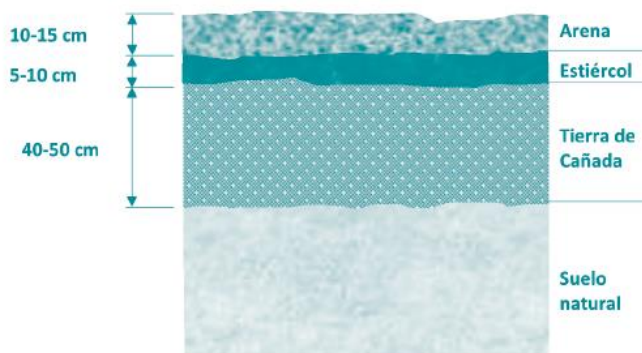


Figura 7. Esquema de un suelo enarenado (Valera et al., 2014).

También se han usado acolchados orgánicos tales como restos de plantas, paja, serrín o estiércol. Tradicionalmente se ha recurrido en cada zona a materiales que eran abundantes y baratos como el uso de hojas de banana (*Musa* spp.) o el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes* Mart) para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Bangladesh (Kayum et al., 2008), el uso de cañas (*Saccharum officinarum* L.) en hawaii (Gilbert, 1956) y serrín en Pensilvania (Isenberg y Odland, 1950). El uso de los acolchados orgánicos al igual que los diferentes tipos de acolchados consigue reducir la humedad. También se usa con este fin a veces el laboreo que mediante la transformación de las capas superficiales a una textura más fina reduce las pérdidas por capilaridad.

Por otro lado dicho trabajo se centra en el acolchado plástico del suelo, que además de influir en el control pasivo de la temperatura tiene otras ventajas como que favorece la lucha contra maleza e insectos, mejora la obtención de CO₂, proveniente de la descomposición de la materia orgánica del suelo (este se ve obligado a salir por el agujero del tallo de la planta aumentando su disponibilidad para ésta), impide la evaporación del agua de riego mejorando la eficiencia de uso del agua y reduciendo la humedad dentro del invernadero (Lamont, 1993). Dependiendo del tipo de material usado cambiará la radiación reflejada y por tanto la temperatura que queremos conseguir. En invierno donde lo que se pretende es aumentar la temperatura del invernadero se utilizarán acolchados de color negro que aumentarán la temperatura del aire en el suelo por medio de la conducción (Ham y Kluitenberg, 1994; Ham et al., 1993). Para la solarización los plásticos transparentes se consideran más efectivos (Stapleton, 2000; Streck et al., 1996).

Como ya se ha mencionado anteriormente el acolchado plástico del suelo no sólo afecta a las características climáticas del entorno, sino que además tiene el poder de influenciar en los patrones de vuelo de diferentes insectos dependiendo del color (Kring, 1972; Zitter y Simons, 1980). De esta manera acolchados de color amarillo y plateado repelen áfidos (*Aphididae*) (Adlerz y

Everett, 1968; Schalk y Robbins, 1987), trips (*Thripidae*) (Greenough et al., 1990; Scott et al., 1989) Y mosca blanca (Csizinszky et al., 1995; Kring et al., 1990; Suwwan et al., 1988). Por otro lado, el acolchado de color amarillo atrae a plagas como es el caso del pulgón del melocotonero (*Myzus persicae*, Sultzer) (Wolfenbarger y Moore, 1968). El acolchado de color plateado atrae al minador del tomate (*Keiferia lycopersidla* Walshingham) y al gusano elotero (*Helicoverpa zea* Boddie) (Schalk y Robbins, 1987) y puede reducir el crecimiento y retrasar la floración y frutescencia (Schalk et al., 1979). Debido a que la mosca blanca, los trips y los áfidos son importantes vectores de virus para las plantas he ahí su importancia por intentar mantener estas plagas bajo control (Matthews, 1991).

3.2.4. Otros métodos de agricultura protegida

Además de los invernaderos y acolchados también se consideran métodos con los que mejorar las características medioambientales de la planta como son (Castilla, 2007):

- Cortavientos. Constituyen protecciones o pantallas laterales.
- Cubiertas flotantes. La protección se encuentra directamente sobre las plantas sin estructura que la proteja. Su uso se limita a cultivos de porte bajo.
- Túneles de cultivo. Se trata de estructuras temporales con forma de túnel, hechas con film de plástico. Pueden ser de diferentes alturas, entre 30 y 150 cm.

3.3 Lucha integrada

3.3.1 Historia de la fitoterapéutica

La fitoterapéutica o terapéutica vegetal tiene por objeto evitar pérdidas en las cosechas producidas por fitopatógenos con el fin de mejorar la producción cuantitativamente y sobretodo cualitativamente.

Aunque las plagas y enfermedades son tan antiguas como la agricultura estas no solían tener el carácter tan grave y frecuente que presenta hoy en día. Esto es debido a que el uso de variedades autóctonas y rústicas y a la variedad de especies vegetales. Estas eran menos productivas, pero mucho más resistentes a las enfermedades. Cuando aparecía un ataque grave de patógenos se producía una selección natural sobreviviendo sólo las especies más resistentes. Se generalizó el empleo de monocultivo de variedades más productivas, pero menos adaptadas a las plagas. Además de otros muchos factores como la mejora en los transportes, que facilitó el movimiento de material vegetal y con ellas sus patógenos o la mejora en la fertilización con un empleo más generalizado de nitrógeno que vuelve a las plantas más vulnerables. Todo esto determinó la necesidad de luchar contra las plagas de manera activa (Coscolla, 2004).

En sus inicios la lucha contra las plagas contaba con una farmacopea reducida integrada por productos naturales: los fungicidas azufre y caldo bordelés, los fungicidas cúpricos, los polisulfuros, los mercuriales, el permanganato potásico y el arsénico sódico. En 1939 se descubren las propiedades insecticidas del DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), producto de síntesis orgánica hoy día prohibido que provocó una revolución en la lucha contra plagas. El descubrimiento de las propiedades insecticidas de esta molécula abrió el camino a la investigación y descubrimiento de nuevos productos como los organofosforados y los carbamatos. En la década de los 70 junto con estos últimos ocupan una amplia cuota de mercado los piretroides. A finales del siglo XX se les unen tímidamente a los anteriormente citados (piretroides, fosforados

y carbamatos), los insecticidas de nueva generación como son los plaguicidas fisiológicos (Coscolla, 2004).

En las primeras décadas del uso de pesticidas de síntesis (años 40 y 50) se fue muy optimista respecto a ellos. Se veían que solucionaban los problemas de forma rápida, eficaz y económica lo que propició su uso masivo e indiscriminado. Durante los años 60, 70 y 80 continuó el crecimiento de consumo de pesticidas. A pesar de que el uso de pesticidas se multiplicó por 10 en esos años las pérdidas de producción debidas a malas hierbas, enfermedades y plagas se duplicaron (Pimentel y Levitan, 1985).

El volumen de pesticidas formulados en el mundo en 2005 alcanzó casi 6×10^6 tn (Fig. 8) (Carvalho, 2006), con unos costes de ventas de 31.000×10^6 US \$ (Fig. 9) (Zhang et al., 2011). A estos costes directos del producto el agricultor debe añadirle los costes de mano de obra, amortización de maquinaria y combustibles necesarios para su aplicación. Además, hay que tener en cuenta los costes indirectos como pueden ser aquellos derivados de la salud, controles de seguridad, costes derivados de contaminaciones, formación de especialistas para su manipulación y aquellos costes derivados de la eliminación de residuos.

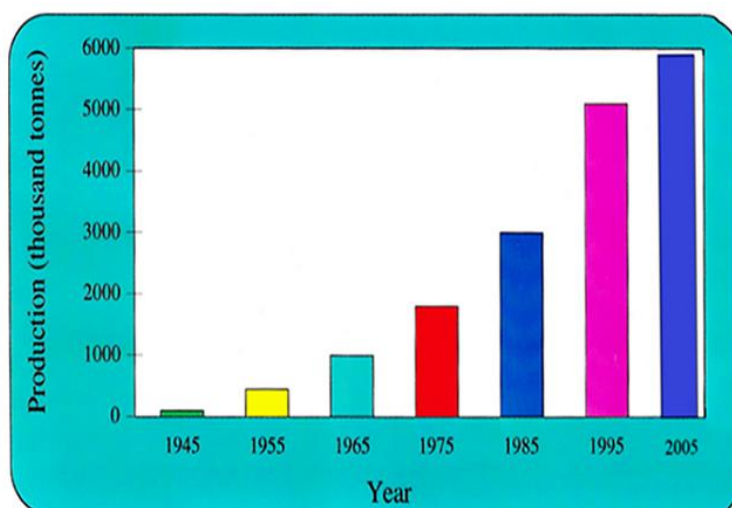


Figura 8. Evolución mundial del consumo de plaguicidas y herbicidas en miles de toneladas (Carvalho, 2006).

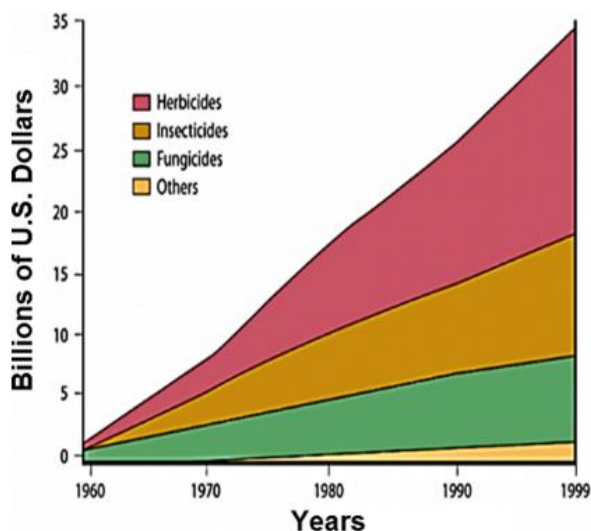


Figura 9. Coste mundial en plaguicidas y herbicidas en miles de millones de dólares (Carvalho, 2006).

En la última década del siglo XX la utilización de plaguicidas tiende a frenarse (Fig. 10) debido a la adopción paulatina de técnicas de protección integrada, en la que ganan notoriedad el uso de variedades de cultivos Bt y el mayor uso de bioplaguicidas. Los más usados son los herbicidas seguido de insecticidas y fungicidas (Carvalho, 2006).

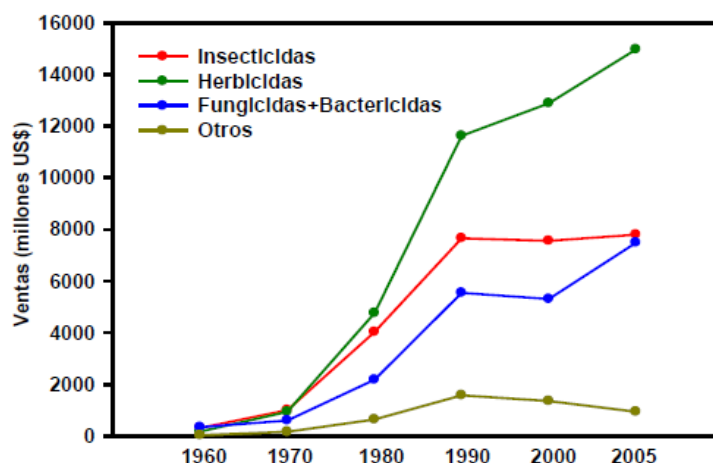


Figura 10. Uso de plaguicidas a nivel mundial en millones de dólares (Zhang et al., 2011).

3.3.2 Efectos secundarios del uso de plaguicidas

En muchas ocasiones sucede que el uso prolongado de una materia activa hace que la plaga se vaya acostumbrando a ésta con el paso de las generaciones, haciéndose cada vez más resistente, hasta que llega un punto que esta no le afecta. La resistencia es la selección o desarrollo de estirpes o razas que sobreviven a una dosis de plaguicida que normalmente eliminaría a individuos normales de la misma especie (Coscolla, 2004). Al aplicar dicho plaguicida normalmente no causa la muerte de todos los individuos presentes es posible que algunos no mueran porque poseen mecanismos de defensa transmisibles genéticamente. Si continuamos durante diferentes generaciones utilizando el mismo plaguicida dará lugar finalmente a que la población se haya reconstruido sólo con individuos inmunes. Este carácter genético puede estar ya en algunos individuos o aparecer por mutación, por esto algunas resistencias aparece más rápido que otras. A su vez el riesgo de resistencia de alguna especie respecto a alguna materia activa es proporcional a su exposición a la misma. A través de la protección integrada se trata de disminuir la presión selectiva para evitar la aparición de especies resistentes.

Otro de los problemas que presenta el uso indiscriminado de plaguicidas es la eliminación de enemigos naturales y especies auxiliares. Estas especies ayudan a mantener la población de la plaga a raya. Una vez que esta se ha hecho resistente al plaguicida vuelve con más fuerza esta vez sin depredadores. También puede darse el caso de especies que no se consideran plaga al estar en bajas poblaciones normalmente y que al no tener enemigos naturales crecen exponencialmente para llegar a serlo. Para lidiar con este problema hay que tener en cuenta la selectividad fisiológica y ecológica: uso de productos con baja toxicidad para la fauna útil y empleo selectivo como pueden ser tratamientos con cebo o en épocas que afecte menos.

Cuando se aplica el pesticida no todo es alcanzado por la planta a proteger o es retenido por esta, una parte va a parar al suelo, otra sufre los efectos de la

deriva, otra se evapora, etc. La cantidad de pesticida que es retenido por la planta-objetivo está en torno a 62 ± 27 %, en tratamientos terrestres y de 45 ± 20 %, en los aéreos (Willis y Mcdowell, 1987). Dentro de la cantidad interceptada sólo una pequeña parte alcanzará al artrópodo o patógeno objeto de tratamiento. Lo cual significa que una gran parte de tóxicos van a parar a lugares a los que no eran destinados.

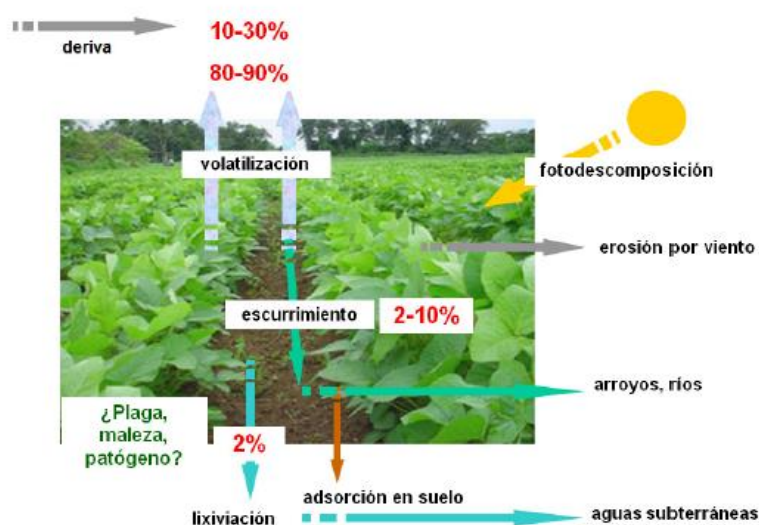


Figura 11. Dispersión de pesticidas en el medio de aplicación (March, 2014).

Los arrastres o escorrentías de la lluvia provocan la contaminación de aguas superficiales y acuíferos (Fig. 11) produciendo toxicidades diversas como la despotabilización del agua o la muerte de la fauna. En otros casos se puede dar la acumulación de las materias activas en los individuos, si estos no la metabolizan e ir pasando a través de la cadena alimenticia (Carrero, 1996).

La presencia de sustancias potencialmente tóxicas para la salud humana en alimentos es tema de preocupación creciente en los consumidores. Para su control se establecen límites máximos de residuos (LMR) para cada plaguicida en cada producto vegetal. Según los muestreos se haya residuos en gran parte de los productos vegetales, aunque estos cuantitativamente no resultan peligrosos (Coscolla, 2004).

Se pueden dar casos en los que el LMR del país exportador e importador no coincida, lo cual causa trastornos en el comercio. El uso de la producción integrada tiende a dar seguridad y satisfacer al consumidor, ya que esta sigue unas normas estrictas que tienden a minimizar el problema como auditorías y certificaciones, y están sujetas a numerosos controles.

3.3.3 Evolución de la fitoterapéutica

El conjunto de factores y efectos secundarios manifestados ha llevado a la conclusión de que se debe tener un control y seguir una estrategia para minimizar los daños indeseables. El control de estos inconvenientes ha resultado en una evolución a lo largo de los años en cuatro fases a lo largo del tiempo. A pesar de que cada fase tiene una época característica aún en algunos lugares se encuentran en las primeras fases.

3.3.3.1 *Fase de lucha química indiscriminada*

Es el método utilizado en los años 50 y 60. Se trata del empleo de tratamientos lo más eficaces posibles y también, si es posible los más económicos. Siguen un esquema o calendario fijo, preestablecido, con el cual se pretende tener al cultivo protegido continuamente. Se siguen los patrones, muchas veces, de las casas de productos y no se tienen en cuenta las motivaciones ecológicas y toxicológicas (Carrero, 1996).

3.3.3.2 *Fase de lucha química aconsejada*

Se siguen empleando plaguicidas de un amplio espectro de acción pero ya no siguiendo un calendario fijo. Se siguen las recomendaciones de las estaciones de avisos para actuar contra las plagas en periodos en los que son más efectivos. Por ejemplo tras el avivamiento de huevos o según la climatología para las enfermedades criptogámicas. Esto reduce el número de aplicaciones y mejora la efectividad. Además supone un ahorro monetario además de mejorar en los aspectos ecológicos y toxicológicos con respecto a su predecesor.

En España se empezaron a seguir estos métodos a finales de los años 60 y principios de los 70. Se crearon centros con cursos para técnicos de estaciones de avisos que supusieron las bases para la mejora de la fitoterapéutica (Carrero, 1996).

3.3.3.3 Fase de lucha dirigida

Esta fase al igual que las anteriores se basa en el empleo de productos químicos pero incorpora dos nuevos avances con respecto a la lucha aconsejada. Se introduce el umbral de daño económico, por el cual el plaguicida solo se utilizará cuando los daños en el cultivo sean mayores que los costes del tratamiento. En el caso de enfermedades sí que se actúa de manera preventiva. Por otro lado los plaguicidas elegidos son los menos tóxicos de manera que causen los menores desequilibrios y se intenta que no afecten a la fauna auxiliar.

En esta fase los agricultores trabajan en estrecha colaboración junto con los técnicos, que son los que tienen la máxima responsabilidad de decisión. En España se empezó a llevar a cabo en los años 80. En 1983 se comenzaron en Valencia cursos de técnicos para dichas preocupaciones bajo la denominación Asociación de Defensa Vegetal (ADV). Esta fase esta a las puertas de la lucha integrada (Carrero, 1996).

3.3.3.4 Fase de lucha integrada

Esta fase incorpora los avances de la lucha dirigida en cuanto a la utilización de plaguicidas (tratar solo en los momentos adecuados, respetando los umbrales de daño económico y con aquellos plaguicidas de menor impacto ecológico). Aparte considera que la lucha química es solo un método más con el que conseguir los objetivos en integración con los demás métodos. Se limita al máximo el uso de plaguicidas y solo lo emplea cuando es estrictamente necesario buscando aquella combinación de métodos que resulte en el menor impacto ecológico y toxicológico.

Esta fase está en continua evolución busca constantemente las mejores formas de adaptarse a las situaciones fitosanitarias. Exige agricultores formados, técnicos especializados y apoyo científico de base (Carrero, 1996).

3.3.4 Medios de protección de lucha integrada

3.3.4.1 Control biológico

Este método consiste en la utilización de organismos vivos o sus productos para impedir o reducir las pérdidas ocasionadas por los agentes nocivos. Estos organismos son depredadores, parasitoides, patógenos, antagonistas o competidores que son capaces de reducir la población de una plaga (Van-Driesche & Bellows, 1996).

3.3.4.1.1 Utilización de Entomófagos

Se basa en reducir la población de insectos o ácaros nocivos utilizando para ello otros insectos o ácaros que se alimentan de ellos, es decir, son sus enemigos naturales. Dentro de estos están los depredadores, aquellos que completan su ciclo biológico consumiendo más de una presa. Los grupos principales son neuróptenos, coleópteros coccinélidos, antocóridos, ácaros y fitoséidos. No suelen ser específicos salvo algunas excepciones como *Rodolia cardinalis* Mulsant para la cochinilla acanalada (*Icerya purchasi* Maskell) o *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant para el cotonet de los cítricos (*Planococcus citri* Risso).

El otro grupo son los parasitoides, completan su ciclo consumiendo una sola presa, pueden ser endoparásitos o ectoparásitos, el ciclo termina por matar al huésped y en su forma adulta tienen vida libre para buscar huéspedes para sus crías. La mayoría de estos son heminópteros y dípteros. Suelen ser específicos aunque hay algunas especies muy polífagas.

Para su mayor eficacia se busca la coincidencia en el tiempo de plaga y entomófago, potencial biológico superior a la presa (número de generaciones y fecundidad), elevada especificidad sobre la plaga y carecer de hiperparásitos o depredadores que reduzcan su población (Carrero, 1996).

3.3.4.1.2 Lucha microbiológica

Han sido identificados varios centenares de microorganismos, principalmente hongos, bacterias y virus, pero también nematodos protozoarios y otros causantes de enfermedades en plagas. Estos microorganismos se multiplican, preparan y formulan de la misma manera que los productos químicos convencionales. Existe un interés creciente en este tipo de lucha contra artrópodos.

Hongos entomopatógenos. Principalmente se emplean de la familia de los hifomicetos. Estos tienen la particularidad de que actúan por contacto infectando a los huéspedes a través de la cutícula externa por lo que son bastante interesantes para el control de aquellas plagas con aparato bucal chupador-picador. Por otro lado son de actuación más lenta que los plaguicidas convencionales, ya que tardan varios días en matar al huésped y crear nuevas esporas para expandirse y no se deben mezclar con tratamientos fúngicos. La especie con mayor número de formulaciones y el principal hongo empleado en España es *Beauveria bassiana*. Este se emplea para el control de mosca blanca (*Trialeurodes* y *Bemisia*), trips (*Frankiniella*), araña roja (*Tetranychus*) o en el pulgón de la lechuga (*Nasonovia*) (Quesada-Moraga, 2002) y (Melgarejo et al., 2002).

Bacterias entomopatógenas. Aunque se conocen más de un centenar de estas bacterias, actualmente solo se emplean las pertenecientes a dos géneros *Bacillus* y *Serratia*. Pero principalmente la primera, ya que sus formulados revisten el 90% del mercado de bioplaguicidas. Existen diversas razas cuyas toxinas son más convenientes para unos tipos de insectos que para otros. Actúan por la ingestión principalmente de las larvas de una proteína tóxica llamada

delta-endotoxina. Provoca la muerte del insecto entre 1-3 días de su ingestión. Se hace indispensable que la aplicación de este sea en los primeros momentos del estado larvario cuando aún no han realizado el daño y son más vulnerables. Por otro lado presenta corta persistencia, no durando más de 8-10 días. Aún así las ventajas que presenta por ser un producto de baja toxicidad tanto para las personas como para el medio, no causa problemas de residuos y siguiendo una correcta utilización resulta eficaz en ciertas plagas claves (Escriche y Ferre, 2002) y (Caballero y Ferré, 2000).

En los virus entomopatógenos se utilizan algunos tipos de baculovirus específicos de artrópodos. Actúan por ingestión en las larvas en un plazo normalmente de entre 3-5 días. Estos actúan por poliedrosis o granulosis según el tipo, al morir el insecto el tegumento se degrada y puede liberar millones de partículas contagiosas. Actúan sobre lepidópteros y suelen ser muy específicos. Al igual que en el caso de las bacterias el momento de aplicación es muy importante, y debe de ser en la eclosión de los huevos. El periodo que tarda en actuar hace que se produzcan daños. Desde el punto de vista toxicológico se trata de un producto muy selectivo sin incidencia para el hombre ni la fauna existente en la zona (Willians, 2002) y (Caballero et al., 2001).

El uso de nematodos entomopatógenos, principalmente de los géneros *Steinernema* y *heterorhabditis*. Se usan casi exclusivamente para combatir insectos que viven en el suelo (noctuidos, escarabeidos, curculiónidos, elatéridos, etc.). Son capaces de buscar activamente a sus huéspedes atraídos por sus feromonas y penetran por los orificios anal o bucal. Una vez en su interior liberan una bacteria que se multiplica en la hemolinfa matando al insecto por septicemia entre 1-2 días y el nematodo permanece en el interior alimentándose de la bacteria. En España actualmente se usan *Heterorhabditis megidis* Poinar para el otiorrinco del suelo (*Otiorhynchus sulcatus* Germar), *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar para gusanos blancos (*escarabeidos*), algunos (*curculionidos*) o gusano

cabezudo (*Capnodis tenebrionis* Linnaeus) y *Steinermia feltiae* para la mosca del mantillo (familias *Mycetophilidae* y *Sciaridae*) (Ehlers, 2002).

Existen también otros microorganismos de la familia de los protozoos, principalmente del grupo de los microporidios. Actualmente existen muchos en pruebas pero comercialmente sólo se utiliza en Estados Unidos el protozoo *Nosema locustae* para el control de saltamontes y grillos (Lipa, 2002).

3.3.4.1.3 Lucha microbiológica contra enfermedades

Esta práctica consiste en la utilización de microorganismos antagónicos para el control de hongos, bacterias, nematodos y virus. Estos consiguen la reducción de la población objetivo mediante parasitismo, interferencia, competencia, creación de antibióticos, introduciendo resistencias en la planta o una mezcla de estas acciones.

Contra los patógenos del suelo, es actualmente la de mayor importancia dentro de este tipo de biocidas. En España solo 5 formulaciones están registradas para su uso: una de *Streptomyces griseoviridis* (usados para *Fusarium* en cultivos como melón, pepino o sandía) y cuatro de diversas cepas de *Trichoderma* (usados contra *Pythium*, *Phytophthora*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Verticillium*, etc.)

En el control de patógenos en la parte aérea está aún menos desarrollado ya que estos han tenido un éxito parcial. Existen ciertos ejemplos como la utilización de ciertas cepas de *thricoderma* contra ataques de *Botrytis cinérea* o *Bacillus subtilis*, la utilización de preparados de *Ampelomyces quisqualis* en la lucha contra oídios en vid, frutales y hortalizas o la utilización en Estados Unidos de las bacterias *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas fluorescens* Migulia o *Pantoea agglomerans* para controlar el fuego bacteriano en rosáceas como alternativa al uso de antibióticos y productos químicos (Jimenez, 2002).

Estos preparados representan en cuanto al volumen de mercado, menos del 1% de los fungicidas comercializados. Esto es en parte debido a la variabilidad e inconsistencia que presentan que hacen que estos tengan menos confianza por parte de los agricultores. Se debe tener en cuenta como se adapta este nuevo habitante al sistema planta-fitopatógeno-agente de biocontrol y a su vez como se adapta a las condiciones del medio (Decoin et al., 2002).

3.3.4.2 Lucha biotécnica

Este tipo de lucha está adquiriendo un gran desarrollo como alternativa a la lucha química convencional. Consiste en manipular los medios naturales para combatir la plaga encontrando los puntos débiles.

El uso de hormonas reguladoras del crecimiento (RCI) impide el normal desarrollo del artrópodo causando desequilibrios e impidiendo que este llegue a adulto o en caso de llegar, con un cuerpo débil y un aparato reproductor estéril. Este método es mucho más específico para el objetivo y mejor desde un punto de vista ecológico. Dentro de este tipo de plaguicidas en España se encuentran registrados el fenoxicarb que se emplea tanto ovicida como en los últimos estadios larvarios en cítricos contra cochinilla (*Planococcus citri* Risso), en frutales contra piojo rojo de San José (*Aspidiotus perniciosus* Comstock) y otros coccidos, en vid contra polilla y en olivo contra caparreta (*Saissetia oleae* Olivier). El piroproxilen contra mosca blanca (*aleuródidos*) y cochinillas (*coccidos*). Por último el ciromazina empleado en minadores de hojas (*Liriomyza sp.*) Entre sus inconvenientes están la gran exactitud que se requiere en el momento de tratar y que puede ocasionar daños a la fauna auxiliar.

Los ecdisones son hormonas antagonistas de la hormona juvenil al igual que la hormona del crecimiento actúa en el desarrollo del insecto, ocasionando mal desarrollo o la muerte del insecto. En España el principal es la tebufenocida utilizada en la vid para el control de "cucat" del arroz (*Chilo spp.*), para la polilla (*Lobesia botrana* Denis) y piral (*Sparganothis pilleriana* Denis). En frutales para el

control de carpocapsa (*Cydia pomonella* Linnaeus) y pandemus (*Taenaris spp.*) en hortalizas para la rosquilla negra y otras (*Spodoptera spp.*).

Los perturbadores en la síntesis de quitina son sustancias que interfieren en la acción de la hormona que regula la síntesis de quitina, impidiendo al artrópodo formar su cutícula protectora, lo que le resulta letal. La gran mayoría de los productos son benzoil-fenil-ureas. La gran ventaja es que no afectan a ningún otro tipo de animal, aparte de algunos ácaros y hongos. En general respeta bien a los parasitoides, pero sí afecta a los depredadores. Algunos ejemplos de su uso es el Clorfluaruzon en el control del escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*), el buprofecin para el control de la mosca blanca (*Aleroidae sp.*) o el Hexitiazox usado como acaricida en cultivos como la vid, frutales, cucurbitáceas o fresas. (Belles, 2003).

Los plaguicidas de origen natural eran la fuente de sustancias activas antes de la aparición de los plaguicidas de síntesis. Se trata de una amplia gama de productos heterogéneos con valor fitoterapéutico muy variable. Dentro de éstos están aquellos de origen mineral entre los que se encuentran fungicidas como el azufre o los compuestos de cobre, e insecticidas como los aceites minerales derivados de la destilación del petróleo. Los productos de origen vegetal como las Piretrinas (provenientes de las flores del *Chrysanthemum*) para áfidos y aleuródidos, Rotenona (proveniente de raíces o granos de plantas de los géneros *Derris*, *Lonchocarpus*, y *Tephrosia*) usado para la mosca del olivo (*Bactrocera oleae* Rossi) o la Nicotina (proveniente del tabaco) usado como aficida y para otros insectos. Por otro lado, los hongos también son fuente de sustancias usadas como plaguicidas. Destacan las materias activas insecticidas-acaricidas Abamectina, Milbectina y Spinosinas. Los fungicidas aislados de *Streptomyces* y los productos sintéticos miméticos de sustancias fúngicas. Las ventajas de este tipo de plaguicidas es que suelen ser muy específicos, actuar en bajas dosis y de fácil biodegradación (Badrinas, 1994). Al ser sustancias naturales que no se pueden patentar, tienen difícil desarrollo industrial y muchas veces se desconocen sus

efectos secundarios, además son difíciles de sintetizar y hay que obtenerlas de la naturaleza lo que hace que su disposición sea a veces limitada (Descoins, 2002).

Los métodos atrácticos son aquellos que atraen a los insectos para de alguna manera conseguir menguar su población: atrayéndolos hacia trampas o impidiendo su correcto apareamiento. Los principales utilizados son las feromonas sexuales y los atrayentes alimenticios. Otro método usado son las trampas coloreadas que se basa en la atracción cromotrópica que ciertos colores tienen sobre diferentes plagas. En la actualidad se utilizan la amarilla para áfidos (*Aphis gossypii* Glover, *A. craccivora* Koch, *A. fabae* Scopoli, *Myzus persicae* Sulzer, *Nasonovia ribis-nigri* Moseley, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, etc...) y aleuródidos y las azules para ciertos trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande, *Thrips tabaci* Linderman y *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouché) (Coll, 1997).

Otro método consiste en la esterilización de insectos. Esto se consigue mediante la cría de machos en laboratorio estériles que son soltados para que una gran cantidad de las hembras se reproduzcan con machos estériles dando huevos que no son fértiles, o mediante el empleo de trampas esterilizantes. Estas atraen a los insectos pero en lugar de matarlos los vuelven estériles (Knipling, 1955).

3.3.4.3 Lucha genética

Aunque existen innumerables parásitos, lo normal es que algunas especies o variedades resistan mejor que otras a estos. La lucha genética trata de identificar estos genes o factores e introducirlo en variedades de producción. Aunque no siempre es posible, esta técnica ha conseguido solucionar muchos problemas que se creían difíciles de solucionar.

En cultivos hortícolas en la región mediterránea la disponibilidad de cultivos resistentes está en continuo desarrollo y es de especial interés en cultivos protegidos así algunas variedades de tomate pueden tener hasta 6 resistencias incluyendo el virus del mosaico del tomate (ToMV), *Fusarium oxysporum* f. sp.

lycopersici Snyder, *Verticillium albo-atrum* et *V. dahliae* Kleb, *Cladosporium fulvum* Persson, etc. En pepino (*Cucumis sativus* Linneo) y pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) se pueden encontrar variedades con 3-4 resistencias y en melón (*Cucumis melo* Linneo) y lechuga (*Lactuca sativa* Linneo) también tienen gran importancia (Laterrot, 2002).

3.3.4.4 Las prácticas culturales

Las prácticas culturales son el equivalente a tener una buena higiene y alimentación, aunque no evitan por sí el ataque de patógenos, sí que van a ayudar mucho a su control. Por ello son esenciales dentro de la protección integrada. Resulta esencial que el material de propagación esté sano adquiriéndolo con las adecuadas garantías. Correcto manejo del riego y la fertilización para que la planta esté en su óptimo de vigor, además condiciones de encharcamiento o humedad pueden ser favorables para algunos patógenos.

Hay que tener en cuenta los reservorios de las plagas durante sus diferentes ciclos biológicos e impedir su correcto desarrollo mediante el control de malas hierbas, eliminación de posibles focos, tratamiento adecuado de los restos de cosecha, eliminación o tratamiento de huéspedes intermedios, rotación de cultivos de forma que no sean susceptibles de ser atacados por la misma plaga dentro de su ciclo o labores de terreno que reduzcan poblaciones o las dejen en condiciones desfavorables. Es importante también tener en cuenta la época de siembra o recolección de forma que esté menos expuesta al período probable de ataque del patógeno (Arnó et al., 1999) y (Baggliolini, 1977).

Otro punto importante es el correcto manejo de la poda. Este puede servir para eliminar partes de la planta que ya hayan sido atacadas o que sean más susceptibles de ser atacadas. Favorecer una correcta aireación que cree un ambiente menos favorable a determinadas plagas y permita que los tratamientos lleguen a la mayor parte de la planta. También es importante no causar grandes heridas y en tiempo seco para su pronta cicatrización (Pérez et al., 2010).

Dentro de los invernaderos resulta esencial una correcta aireación de forma que la humedad no sea excesiva y no haya condensaciones de agua, con el objetivo de reducir el ataque de ciertos hongos como por ejemplo *Botrytis*. Es importante también la hermeticidad del invernadero y el uso de mallas antitrips que evite tanto la entrada de plagas como la salida de los insectos auxiliares.

La solarización es otra práctica cultural que puede resultar útil para la protección contra patógenos de suelo. Consiste en la desinfección parcial del mismo utilizando la radiación solar. Ésta calienta el suelo en tempero o previamente humedecido utilizando un film plástico transparente durante un período de entre 4-6 semanas. Esto tiene el efecto de pausterización llegando a estar (en climas cálidos y soleados) hasta a 50 °C. En general tiene un resultado bueno para la mayor parte de los hongos del suelo: *Verticillium*, *Rizoctonia*, *Fusarium*, *Sclerotinia*, etc. (excepto para los hongos termófilos), para los nematodos: *Meloydogine sp.*, *Globodera rostochiensis*, *Tlenchulus semipenetrans*, etc. y para casi todas las malas hierbas a excepción de *Cyperus*, hasta cierto punto *Sorgun*, *Cynodon* y algunas otras como *Amaranthus rethroflexus* Linneo, *Portulaca oleracea* Linneo, etc. Esta práctica se puede mejorar incorporando estiércol o materia orgánica (biofumigación) o combinándola con desinfectantes químicos a baja dosis como el metam-sodio.

3.3.5 Principales plagas en el cultivo de tomate en los invernaderos

3.3.5.1 Ácaros

La araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), se desarrolla en el envés de las hojas ocasionando punteaduras, decoloraciones o manchas amarillentas. Los ataques son más graves en los primeros estadios fenológicos y en judía y sandía pueden producir daños en los frutos. Para su control biológico existen preparados que contienen *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot y *Amblyseius*

californicus McGregor que son sus dos principales depredadores tanto de huevos como de larvas y adultos, aunque en el cultivo de tomate no tienen una instalación efectiva (Aparicio et al., 1995).

El vasates del tomate (*Aculops lycopersici*), es una plaga exclusiva del tomate causado por dicho ácaro inapreciable a simple vista. Los síntomas se distinguen por un bronceado o herrumbre del tallo que se transmite de forma ascendente primero por el tallo y después a hojas e incluso frutos hasta la desecación de las hojas cuando esta está muy extendida. Para su control se deben usar tratamientos químicos como abamectina, azufre, bromopropilato, dicofol o endosulfán.

3.3.5.2 Insectos

La mosca blanca (*Trialeurodes vaporarum* Westwood y *Bemisia tabaci* Gennadius), aunque pueden encontrarse las dos la primera es más común en el cultivo del tomate. Los adultos colonizan las partes bajas de la planta, donde ponen los huevos, emergen larvas móviles que tras fijarse a la planta pasan por tres estadios larvarios y uno de pupa. Ocasionan daños directos al absorber la savia de la planta, generando amarilleamiento y debilitamiento, y daños indirectos mediante la transmisión de virus y la proliferación de la negrilla (*Capnodium spp.*) por culpa de la melaza que dejan en las hojas en su alimentación. Para su control natural se existen preparados con la chinche depredadora *Macrolophus caliginosus* Wagner, el coleóptero *Delphatus pusillus* LeConte, los parasitoides *Encarsia Formosa* Gahan y *Eretmocerus spp.* y los patógenos *Verticillium lecanii* Ness, *Aschersonia aleyrodis* Webber, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* Samson y productos a base de sales potásicas y ácidos grasos. Entre las materias activas que se pueden usar para su control químico están alfa-cipermetrin, bifentrin, buprofezin, deltametrin, endosulfan...etc.

El submarino o minador de hojas (*Liriomyza spp.*). Las hembras ponen los huevos dentro de las hojas donde se desarrolla la larva alimentándose del

parénquima y ocasionando galerías. Una vez terminado su desarrollo larvario estas salen de las hojas para pupar en las sobre las hojas o en el suelo, de donde emergerán los adultos. Para su control biológico existen dos parásitos: *Diglyphus isaea* Walker y *Dacnusa sibirica* Telenga. Las posibles materias activas para su control químico son: acefato, abamectina, ciromazina, fenitrotion, fosalone...etc.

El trips *frankliniella occidentalis* Pergande. Se alimentan de las células vegetales, sobre todo del envés de la hoja, dejando un aspecto plateado que más tarde se necrosa. Los adultos colonizan la planta haciendo sus puestas en flores, hojas y frutos. El principal daño que hacen es la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV). Para su control se usan depredadores como el *Amblyseius cucumeris* Berlese, *Orius laevigatus* Say y *Orius albidipennis* Say, y productos formulados a base del hongo *verticillium lecanii* o con sales potásicas de ácidos grasos. Entre las materias activas usadas están: acefato, acrinatrin, cipermetrin, clorpirifos-metil, endosulfan, fenitrotion...etc.

Lepidópteros noctuitos como *Heliothis armígera* Hubner, *Heliothis peltigera*, *Autographa gamma* Linnaeus y *Tuta absoluta*. Estas pasan por 5-6 estadios larvarios desde el huevo a la pupa. Durante la alimentación de las larvas producen daños en hojas, frutos e incluso pueden llegar a cegar la planta. Para su control existen varios formulados a base de *Bacillus thuringensis* Berliner y parásitos de huevos del género *Trichogramma evanescens* Westwood. Para una mejor acción del control químico se pueden preparar cebos a base de salvado, azúcar y agua con insecticida. Debido a que los principales insecticidas tienen su acción en los reguladores del crecimiento (IGR's) tienen mayor efectividad si se tratan en los primeros estadios larvarios.

3.3.5.3 Nematodos

Los nematodos del género *Meloidogyne spp.* Esta especie ataca a la planta produciendo nódulos o engrosamiento en las raíces. Estos daños producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción de nutrientes dando como resultado

un menor desarrollo de la planta e incluso marchitamiento. Para su control se puede usar la solarización o esterilización del suelo, mediante un preparado a base del hongo *Arthrobotrys irregularis* Mekht o con tratamiento químico con materias como: carbofurano, etoprofos, oxamilo o tetratiocarbonato de sodio.

3.3.6 Control biológico del tomate en Almería

En tomate, aunque se disponen de enemigos naturales para controlar las dos principales plagas (mosca blanca y trips), existen algunas dificultades asociadas a la época de implantación. El principal agente utilizado para el control de estas plagas es *Nesidiocoris tenuis* Reuter que debido a su carácter polífago se puede considerar bastante exitoso en dicha tarea aunque puede causar daños en el cultivo. En las sueltas para el ciclo de invierno puede tener problemas de instalación debido a las bajas temperaturas. También son muy usados para el control de la mosca blanca los parasitoides *Eretmocerus mundus* Mercet o *Encarsia Formosa* Gahan. Pero los frecuentes deshojados de la parte baja de la planta afecta negativamente a la instalación de estos. Por otro lado, en el caso del vasates (*Aculops lycopersici*) y la polilla del tomate (*Tuta absoluta*) no se disponen de organismo efectivos para su control. En cambio, en otros cultivos como pimiento y berenjena, el control biológico ofrece mejores soluciones. Esto es gracias a los ácaros *Ambliseius sp.* y *Phitoseiulus sp.* Aunque han aparecido nuevas plagas que antes no eran tan importantes como las chinches *Nezara viridula* Linnaeus y *Creontiades pallidus* Distant o el coleóptero *Gonocephalum rusticum* Chevrolat (Beltrán et al., 2010).

4. Materiales y métodos

4.1 Emplazamiento del ensayo

El ensayo se lleva a cabo en la finca experimental de Innovación y Tecnología, Fundación UAL-ANECOOP (Fig. 12). Dicho complejo fue creado en el año 2004 para coordinar las actividades de investigación y experimentación de Anecoop y la Universidad de Almería. Con dirección Paraje “Los Goterones”, Polígono 24, Parcela 281 04131- Retamar (Almería, España) con coordenadas 36° 51' N de latitud, 2° 16' O de longitud y a 87 m. de altitud.

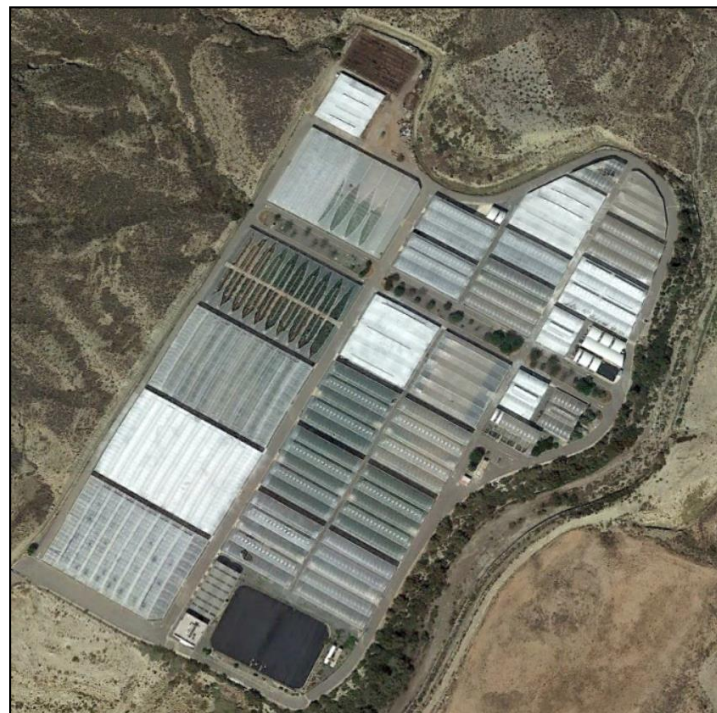


Figura 12. Foto de satélite de la finca experimental UAL-ANECOOP con el invernadero experimental U8.

La Finca Experimental UAL-ANECOOP presenta una superficie de 11 ha, de las cuales 5 ha están ocupadas por invernaderos para experimentación e investigación. Asimismo, dispone de dos balsas de agua y tres naves de 400, 360 y 100 m² que albergan el cabezal de riego, laboratorios, cámaras frigoríficas, cámaras de cultivo, taller y oficinas.

La finca se encuentra dividida en dos partes. Por un lado 6 invernaderos de 4300 m² cada uno (A21-A26), provenientes de la inversión de las cooperativas de ANEECOP. Por otro lado los invernaderos provenientes de la inversión de la UAL, que cuentan con 18 invernaderos de 810 a 1917 m² (U1-U15, U17 y U18), y un semillero de 340 m² (U16) (Fig. 13).



Figura 13. Plano de la finca UAL-ANECOOP (UAL-ANECOOP, 2018).

4.2 Diseño experimental

El invernadero en el cuál se ha realizado el experimento es el U8. Se trata de un invernadero tipo Almería de raspa y amagado con suelo enarenado y riego por goteo. Tiene una superficie útil de 1922 m² y un volumen de 6150 m³. Este invernadero se divide en las mitades Norte-Sur mediante un pasillo central (Tabla 2). Adicionalmente, se han dividido las mitades Este-Oeste mediante un film plástico con el que se pretende evitar el movimiento de aire entre las dos zonas.

Tabla 2. Superficie de ventilación y plantas trasplantadas en el invernadero experimental.

Nº	Dimens. (m)	Superficie S_c (m ²)	Plantas	Sup. Lateral S_{VL} (m ²)	Sup. Cenital S_{VC} (m ²)	Sup. Ventilada S_v (m ²)	S_v/S_c (%)
U8E	43×23.5	1010.5	748	130.3	21.9	154.6	15.3
U8O	43×21.2	911.6	612	65.9	23.4	87.8	9.6

La principal diferencia entre la parte este y oeste es la ventilación, además de que la parte Este es ligeramente más grande (Tabla 2) al no poder colocar la lámina plástica de separación justo en el plano medio. El invernadero cuenta con tres ventanas cenitales con dirección Este-Oeste extendiéndose a lo largo de todo el invernadero. El hueco se cubre con un alerón y este se abre gracias a bisagras que hacen que este rote de forma mecanizada (Fig. 14) dependiendo de la temperatura del invernadero, controlado por un ordenador de forma automática. Esta ventilación resulta ser la misma para las dos partes del invernadero. Las ventanas laterales son del tipo enrollables, en los que el hueco de las ventanas está cubierto por una lámina de plástico que tiene el eje superior fijado al invernadero y el inferior a un tubo de hierro que, accionado por un motor, gira enrollando la ventana para que esta se abra o se cierre. El invernadero cuenta con cuatro ventanas laterales por cada uno de los lados (Fig. 16), la gran diferencia entre las dos partes (Tabla 3), es que mientras que las dos superiores de cada lado son automáticas y dependen de la temperatura para que se abran o se cierren, las dos inferiores permanecerán completamente cerradas en la cara oeste y completamente abiertas en la cara este. Debido a las bajas temperaturas hasta la fecha 12 de Marzo no se ha llevado a cabo la apertura de la ventilación extra del lado este, por lo que ambos lados han tenido la misma ventilación activada de forma automática según las temperaturas hasta dicha fecha. A partir de esa fecha la ventana inferior del lado Este quedó permanentemente abierta (Fig. 15).

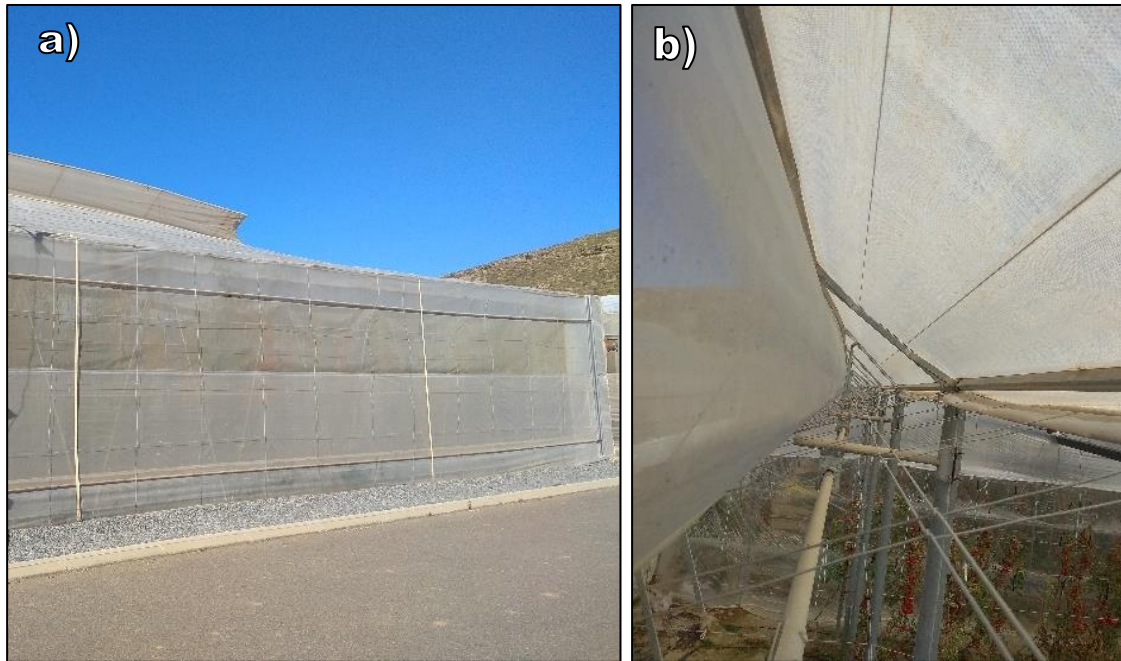


Figura 14. Imagen de las ventanas cenitales del invernadero U8 (a) y detalle del sistema de apertura (b).



Figura 15. Imagen de las ventanas laterales en la que se aprecia la ventana inferior cerrada en el lado Oeste y abierta en el Este.

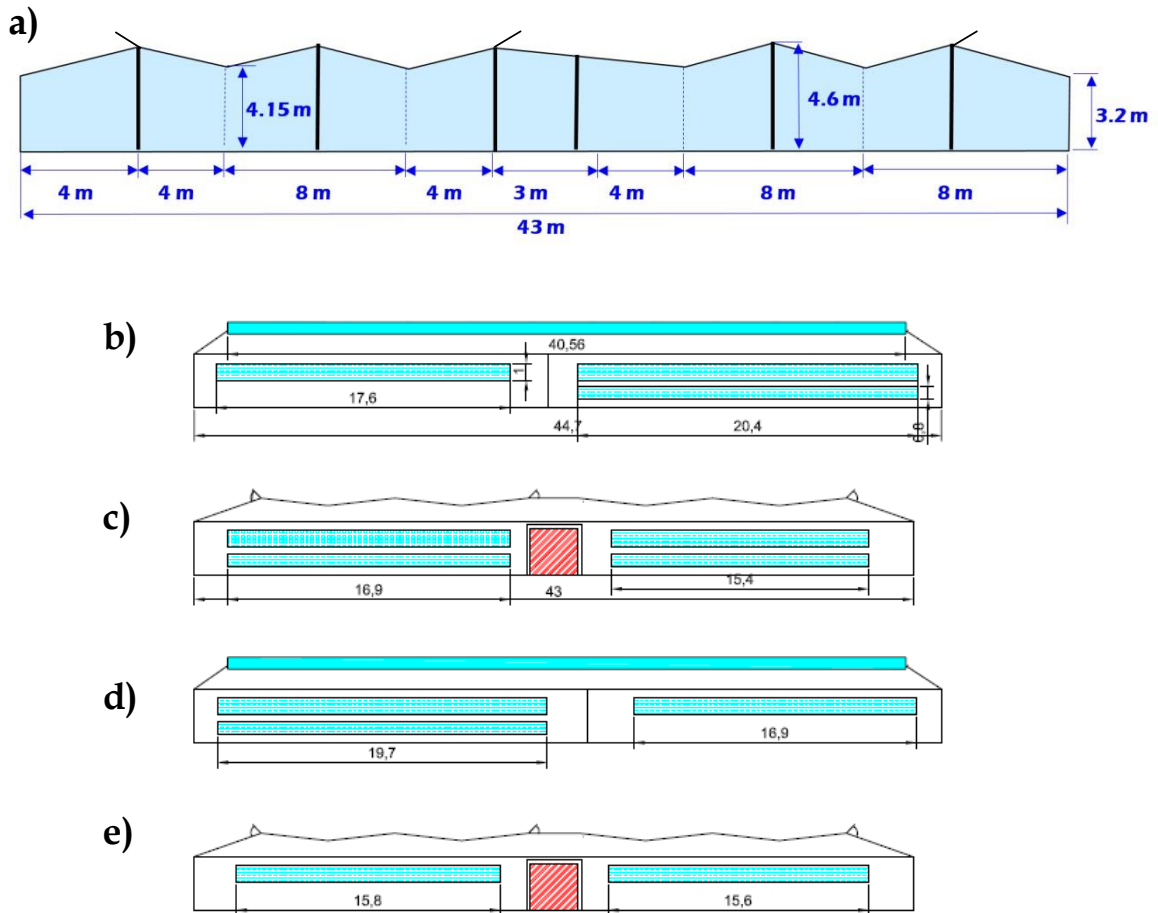


Figura 16. Geometría de la sección transversal del invernadero experimental U8 y de las ventanas. En azul las ventanas y en rojo las puertas. Lateral sur (b), frontal este (c), lateral norte (d) y frontal oeste (e).

Tabla 3. Área de ventilación del invernadero U8 para la parte este y oeste.

Ventilación	Lado Oeste	Lado Este
Cenital	3×7.3 m ²	3×7.8 m ²
Lateral Norte	16.9 m ²	35.4 m ²
Lateral Sur	17.6 m ²	36.7 m ²
Lateral Este	-	58.1 m ²
Lateral Oeste	31.4 m ²	-
Total	87.8 m ²	154.6 m ²
Superficie de cultivo	911.6 m ²	1010.5 m ²
% de ventilación	9.6%	15.3%

Dentro de cada una de las cuatro partes se han instalado dos líneas de acolchado plástico diferente, una de color amarillo y otra de color plateado. Para referirnos a las diferentes zonas acotaremos las iniciales (Tabla 4).

Tabla 4. Definición de las diferentes zonas en las que están organizados los acolchados.

Iniciales	Acolchado	Localización
ENA	Amarillo	Noreste
ENE	Enarenado	Noreste
ENP	Plateado	Noreste
ESA	Amarillo	Sureste
ESE	Enarenado	Sureste
ESP	Plateado	Sureste
ONA	Amarillo	Noroeste
ONE	Enarenado	Noroeste
ONP	Plateado	Noroeste
OSA	Amarillo	Suroeste
OSE	Enarenado	Suroeste
OSP	Plateado	Suroeste

El ensayo tuvo un diseño experimental de bloques completamente al azar (Fig. 17), el mayoritariamente utilizado en agronomía para eliminar los efectos de la variabilidad del suelo (Van Es et al., 2007) y (Fernández et al., 2010); con 4 repeticiones (U8ON, U8OS, U8EN y U8ES) por cada uno de los 3 tratamientos (arenado, acolchados amarillo y plateado). La agrupación en bloques permite tener unidades experimentales uniformes (Norte-Sur y Este-Oeste), con el objetivo de que las diferencias observadas se deban principalmente a los tratamientos (Fernández et al., 2010).

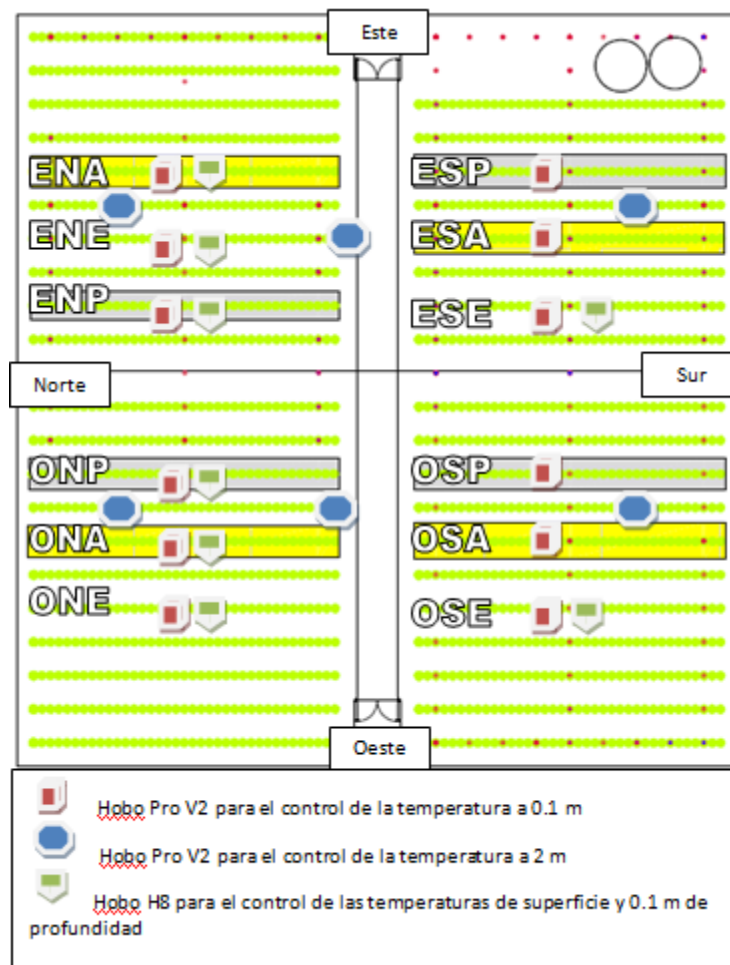


Figura 17. Representación del plano del invernadero con la distribución de los diferentes tipos de acolchado según las zonas y la situación de los Datalogger.

Para el conteo de los insectos en el invernadero según la zona, sobre cada uno de los acolchados y enarenados a estudio se han colocado dos tipos de trampas cromotrópicas una de color azul y otra de color amarillo. Estas están situadas a una altura de entre 0.5 m y 1 m en el centro del lineo de cultivo.

El acolchado es adquirido de la compañía A.A. Politiv (1999) Ltd. Compañía israelí especializada en la producción de láminas de plástico para Industria y agricultura. Para el ensayo se utilizarán dos tipos de láminas de plástico como acolchado (Tablas 5 y 6):

1. Acolchado bicolor marrón/plata (siendo plata por la parte superior), de 10 meses de duración, de entre 30 - 50 μ de espesor.
2. Acolchado bicolor negro/amarillo (siendo amarillo por la parte superior), de 10 meses de duración, de entre 25 - 40 μ de espesor.

Tabla 5. Propiedades del plástico usado como acolchado en el suelo. (Politiv, 2017).

Propiedades	Método de testeo	Unidades	marrón/plata	negro/amarillo
Tensión fuerza de rotura (MD)	ASTM D-882	Mpa	25	20
Tensión fuerza de rotura (TD)	ASTM D-883	Mpa	25	20
Elongación de rotura (MD)	ASTM D-884	Mpa	400	400
Elongación de rotura (TD)	ASTM D-885	Mpa	600	600
Impacto caída de dardo	ASTM D-1709	gr.	150	150
Total de luz transmitida	Interno	%	Max 1	Max 15
Grosor promedio	Israeli Stnd. 821	%	± 15	± 15
Grosor de tolerancia	Israeli Stnd. 822	%	± 5 (nominal)	± 5 (nominal)

Tabla 6. Usos aconsejados por el fabricante para los dos tipos de acolchado ensayados (Politiv, 2018).

Color	Temporada	Cultivo	Temp. Suelo	Prevención de plagas
Plateado	Verano	Melón y fresa	Baja	Mosca blanca y áfidos
Amarillo	Verano	Vegetales y cultivos de campo	Baja	Mosca blanca

4.3 Condiciones del cultivo

El cultivo que se usa en el invernadero durante el ensayo es una variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en rama llamada Ventero. El cultivo se trasplantó el 11/09/2017. Con una densidad de plantación de 1 planta/m² y un marco de 2 m entre líneas y de 0.5 m entre plantas dentro de una línea.

4.3.1 Fertirriego

En la finca se dispone de cuatro cabezales de riego. El cabezal encargado del invernadero U8 es el cabezal 1. Además de este invernadero también abastece a los invernaderos de la zona de la Universidad de Almería. El consumo total de septiembre a marzo fue de 89.4 m³, lo que supuso un valor de 65.7 litros/planta (46.5 l/m²) (Tabla 7). La conductividad eléctrica del agua varió entre 1.5 y 1.8 ds/m, valor inferior a los normalmente hallados en las comarcas del Bajo Andarax y del Campo de Nijar, que están entre 1.5 y 3.7 ds/m (Valera et al., 2014).

Tabla 7. Consumo de agua y conductividad eléctrica (ds/m) en el invernadero U8 y en el total del cabezal 1, entre los meses de septiembre de 2017 y Marzo de 2018 y porcentaje del consumo del invernadero U8 con respecto del total.

Período	Consumo U8 m ³	C.E. Inv. U8 (ds/m)	Consumo cabezal 1 (m ³)	(%)
Septiembre	186.1	1.5	1533.7	12.1
Octubre	46.8	1.5	715.6	6.5
Noviembre	118.0	1.6	796.4	14.8
Diciembre	76.5	1.6	435	17.6
Enero	75.7	1.8	477.9	15.8
Febrero	46.0	1.8	320.0	14.4
Marzo	77.0	1.8	571.8	13.5
Media	89.4	1.7	692.9	13.5

La fertilización y el riego fueron idénticos en las dos partes del invernadero (Tablas 7, 8, y 9), ya que las tuberías principales abastecen de forma conjunta a las dos partes del invernadero U8.

Tabla 8. Fertilizantes utilizados en el Cabezal 1 entre los meses de Septiembre de 2017 y Marzo de 2018.

Fecha	Compuesto	Fórmula	Cantidad (kg)
27/09/2017	Nitrato Potásico	KNO ₃	100.0
27/09/2017	Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	100.0
04/11/2017	Sulfato potásico	K ₂ SO ₄	75.0
04/11/2017	Sulfato magnésico	MgSO ₄	50
06/12/2017	Nitrato Cálcico	Ca(NO ₃) ₂	100.0
06/12/2017	Micros		2.0
29/01/2018	Sulfato potásico	K ₂ SO ₄	75.0
29/01/2018	Sulfato magnésico	MgSO ₄	50
26/02/2018	Nitrato Potásico	KNO ₃	100.0
26/02/2018	Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	100.0
06/04/2018	Nitrato Cálcico	Ca(NO ₃) ₂	50.0
06/04/2018	Micros		1.0

Tabla 9. Productos nutricionales empleados en el invernadero U8 entre los meses de Septiembre de 2017 y Abril de 2018.

Fecha	Producto	Cantidad	Motivo	Aplicación
25/09/2017	Tribón	100 ml	Enraizante	Riego
08/01/2018	Tribón	100 ml	Enraizante	Riego
24/01/2018	Silinat	5600 gr	Secante	Espolvoreo
12/01/2018	Tribón	50 ml	Enraizante	Riego
17/02/2018	Tribón	125 ml	Enraizante	Riego
27/03/2018	Tribón	350 ml	Enraizante	Riego

4.3.2 Protección vegetal

Dado que uno de los objetivos del presente proyecto era el análisis del efecto de los acolchados plásticos cromáticos en el desarrollo de las plagas de insectos, es importante tener en cuenta los tratamientos fitosanitarios realizados (Tabla 10).

Tabla 10. Uso de tratamientos químicos en el invernadero U8 entre los meses de Septiembre de 2017 y Abril de 2018.

Fecha	Nom. comercial	Cantidad	Caldo (L)	Objetivo	Aplicación
20/09/2017	Plenum	200 gr	400	Mosca Blanca	Foliar
10/10/2017	Oberon	90 ml	150	Vasates	Foliar
18/10/2017	Oberon	125 ml	105	Vasates	Foliar
25/10/2017	Eradicoat	3000 ml	150	Vasates	Foliar
27/10/2017	Sulf 80 flow	200 gr			
	Xentari	100 gr	200 L	Orugas	Foliar
	Altucor	20 gr			
18/11/2017	Sulf 80 flow	400 gr	200 L	Orugas	Foliar
	Xentari	800 gr		Oidio	
24/11/2017	Altucor	30 gr			
	Sulf 80 flow	450 gr	300 L	Tuta y vasates	Foliar
	Costa	150 gr			
01/12/2017	Pavilion	525 gr	350 L	Botrytis	Foliar
06/12/2017	Sulf 80 flow	1600 gr	400 L	Oidio y vasates	Foliar
23/12/2017	Pavilion	100 gr	100 L	Botrytis	Foliar
17/01/2018	Silinat	7500 gr		Botrytis	Espolvoreo
03/02/2018	Silinat	4500 gr		Botrytis	Espolvoreo
07/02/2018	Switch	120 gr	150 L	Botrytis	Foliar
19/02/2018	Silinat	7500 gr		Botrytis	Espolvoreo
21/02/2018	Micene plus	750 gr	250 L	Mildiu	Foliar
23/02/2018	Silinat	1500 gr		Botrytis	Espolvoreo
01/03/2018	Silinat	1500 gr		Botrytis	Espolvoreo
03/03/2018	Micene plus	450 gr	150 L	Mildiu	Foliar
05/03/2018	Silinat	5000 gr		Botrytis	Espolvoreo
08/03/2018	Silinat	5000 gr		Botrytis	Espolvoreo
17/03/2018	Tiovit jet	1500 gr	400 L	Vasates	Foliar
	Costa	200 gr		Tuta	
14/04/2018	Tec-Fort	750 ml	550 L	Tuta	Foliar

Los tratamientos fitosanitarios tuvieron como principal objetivo el vasates (*Aculops lycopersici* Masee), ácaro muy pequeño que provoca daños en el tomate al crear sus larvas perforaciones y galerías en las hojas y además de incidencia creciente en la provincia de Almería (Lara et al., 2012).

Dado que este año ha sido excepcionalmente muy frío, la incidencia de insectos plaga ha sido muy baja, por lo que apenas han sido necesarios tratamientos. Sin embargo, además de ser un invierno excepcionalmente frío, también lo ha sido húmedo lo que ha producido una fuerte afectación de las plantas por podredumbre gris (*Botrytis cinérea*). Este hongo se desarrolla en condiciones de elevada humedad como las que se han producido en los invernaderos del Sureste Español durante la noche (Baptista et al., 2012).

Además de los tratamientos fitosanitarios se realizaron sueltas del insecto *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Tabla 11) para el control de la *Tuta Absoluta* y de la mosca blanca (Sanchez, 2009). Junto a este insecto soltado en el invernadero, se observó la presencia de forma natural de *Eretmocerus spp.* parasitoide de la mosca blanca (*Bemissia tabaci* Gennadius) que es indígena de la cuenca mediterránea (Stanly et al., 2005).

Tabla 11. Insectos auxiliares utilizados en el invernadero U8 entre los meses de Septiembre de 2017 y Abril de 2018.

Fecha	Ins. Auxiliar	Cantidad	Objetivo	Proveedor
20/09/2017	Nesidiocoris	8 botes	Trips	Agrobio
10/10/2017	Nesidiocoris	10 botes	Tuta	Agrobio
18/10/2017	Bombus t.	8 colmenas	Polinización	Agrobio
25/10/2017	Nesidiocoris	6500 unid.	Mosca Blanca	Agrobio
27/10/2017	Bombus t.	8 colmenas	Polinización	Agrobio
18/11/2017	Bombus t.	8 colmenas	Polinización	Agrobio
24/11/2017	Bombus t.	8 colmenas	Polinización	Agrobio

4.4 Métodos de medición

4.4.1 Temperaturas

4.4.1.1 *Temperaturas del aire*

Para la medición de las temperaturas del aire se han utilizado registradores de datos: U23-004 HOBO Pro v2 (Onset corporation, Bourne, EE.UU.), de dos canales (Temperatura interna y humedad relativa). Con memoria no volátil de 64 K bytes (42.000 datos). El rango de funcionamiento es de: -40° a 70° C con una exactitud de 0.2° C entre 0° y 50° . Se pueden utilizar intervalos de registros fijos o variables con un rango mínimo de 1 s y máximo de 18 min, en nuestro caso se han usado intervalos fijos de 1 min. La carcasa es de polímero de estireno y la capsula protectora de polipropileno (Fig.18).

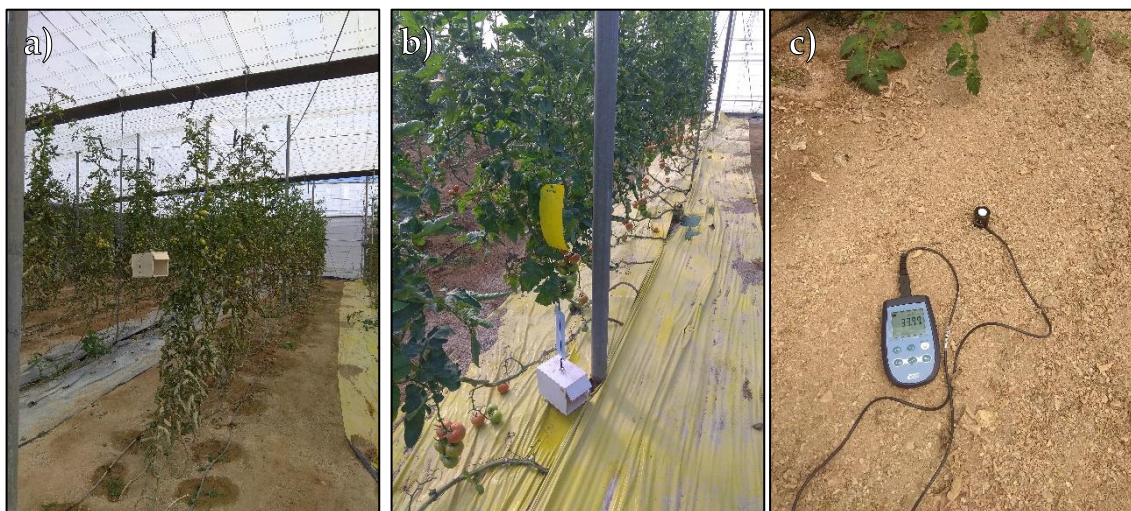


Figura 18. Disposición de los tratamientos de acolchado en el bloque Nor-Oeste (U8NO) y sensor de temperatura situado en la caja de protección a 2 m de altura (a), situación de las placas cromáticas para muestreo de insectos y la caja de protección del sensor de temperatura situado a 10 cm (b) e imagen del luxómetro utilizado para medir la reflexión de los acolchados y el suelo enarenado (c).

Los sensores son colocados a 10 cm de altura (Fig. 18b) y protegidos de la radiación solar (Both et al., 2015) mediante cajas de madera blanca abiertas para permitir la circulación del aire. Para analizar la capacidad de refrigeración por ventilación natural en las dos mitades Este y Oeste en las que se divide el invernadero (Fig. 16), con diferente superficie de ventilación (Tabla 2), se utilizaron 3 sensores HOBO U23-001 Pro v2 colocados en la sección central de cada parte (en el norte, centro y sur) situados a 2 m de altura (Fig. 18a).

4.4.1.2. Temperaturas de suelo

Para determinar el efecto sobre la temperatura del suelo de los diferentes acolchados, se utilizaron sensores TMC6-HA y TMC6-HD (Onset Computer Corporation, Bourne, EE.UU.) enterrados a 1 cm de profundidad en el arenado y bajo los acolchados y un sensor TMC6-HC para la temperatura a 10 cm de profundidad (Fig. 18). Ambos sensores se conectaron a unidades autónomas de registro de datos HOBO H08-007-02 (de dos canales) y el H08-006-02 (de cuatro canales).






HOBO Pro v2 U23-001 - Temperatura y humedad	
HOBO H08-007-02- Temperatura y humedad y dos canales externos	
HOBO H08-006-04- Cuatro canales externos	
TMC6-HA y TMC6-HD - Sensor de temperatura	
TMC6-HC- Sensor de temperatura de suelo	

Figura 19. Registradores de datos (*Dataloggers*) y sensores utilizados para la medición de la temperatura del aire, del suelo en superficie y a 10 cm de profundidad.

Los dos sensores tienen un rango de medida entre -40° y 50° C para agua y entre -40° y 100° C para aire. En los registradores tienen una capacidad: de 32.520 medidas en total, con intervalos de medida seleccionables por el usuario de 0.5 segundos a 9 horas. Tienen una memoria EEPROM no-volátil que retiene datos aunque la batería se agote y un LED que parpadea para confirmar la operación de adquisición de datos. Los sensores de temperatura de alta precisión TMC6-HB son de Acero Inoxidable, lo que permite su uso clavándolos en el suelo para medir la temperatura en profundidad.

4.4.1.3. *Coefficiente de reflexión de la superficie del suelo*

Para la medida del albedo o coeficiente de reflexión del suelo enarenado (Fig. 18c) y los dos acolchados utilizados (amarillo y plateado) se realizaron mediciones puntuales los días de máxima radiación solar (3, 5 y 6 de junio) en el invernadero experimental. Para ello se utilizó un equipo portátil HD 2302.0 (Delta OHM S.r.l., Caselle di Selvazzano, Italia) con una sonda fotométrica LP 471 PHOT para medir la iluminación con un rango de medida de 0.01 a $200 \cdot 10^3$ lux y un error de calibración $<4\%$. En cada punto se medía la radiación incidente sobre la superficie del suelo (Fig. 18c) y la reflejada colocando la sonda hacia abajo a unos 20 cm de altura.

4.4.2 Incidencia de plagas

Para determinar el efecto que produce el uso de los acolchados cromáticos (Fig. 18a) en el patrón de vuelo de los insectos (tanto plagas como auxiliares) se colocaron trampas de monitoreo de 10×25 cm Horiver (Koppert B.V., Berkel en Rodenrijs, Países Bajos) en el centro de cada tratamiento. Se colocaron trampas adhesivas de polietileno azules a 0.75 m de altura y amarillas a 1 m (Fig. 18b).

Para facilitar el recuento y que pueda resultar homogéneo se han seleccionado cuatro cuadrados dentro de la trampa. Los marcados con un círculo en la Figura 20a.

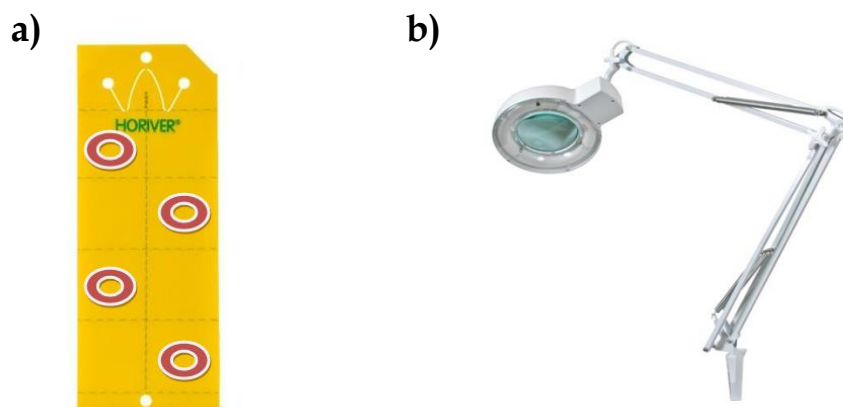


Figura 20. Trampa Horiver (a) utilizada para la captura de insectos con las casillas usadas para el recuento marcadas y fotografía de la lámpara Velleman (b) usada para el recuento de insectos.

Para el recuento de insectos se ha utilizado una lámpara con lupa VTLAMP2WN (Fig. 20b) (Velleman nv, Gavere, Bélgica) que contiene una lente de 5 dioptrías (ampliación $\times 2.25$). Se han identificado 4 tipos de especies en las trampas cromáticas: trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) (Fig. 21), la mosquilla negra (*Bradysia spp.*) (Fig. 22), el insecto auxiliar *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Fig. 23) y el parasitoide de la mosca blanca *Eretmocerus spp.* (Fig. 24).

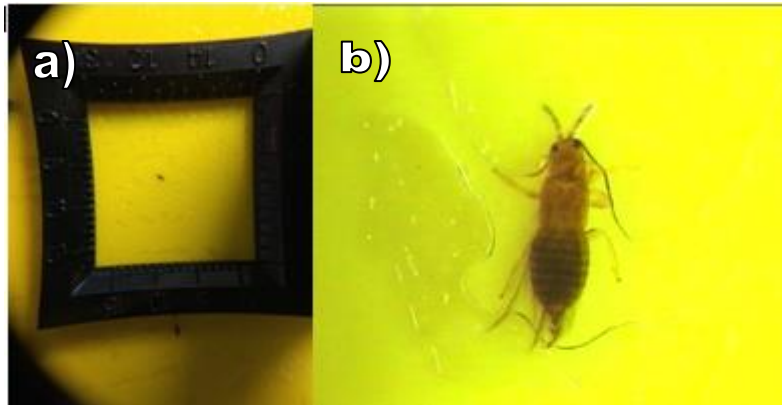


Figura 21. Fotografía de trips a tamaño real de 1-1.5 mm (a) y al microscopio ($\times 4$ aumentos) (b), capturado en la trampa cromática.

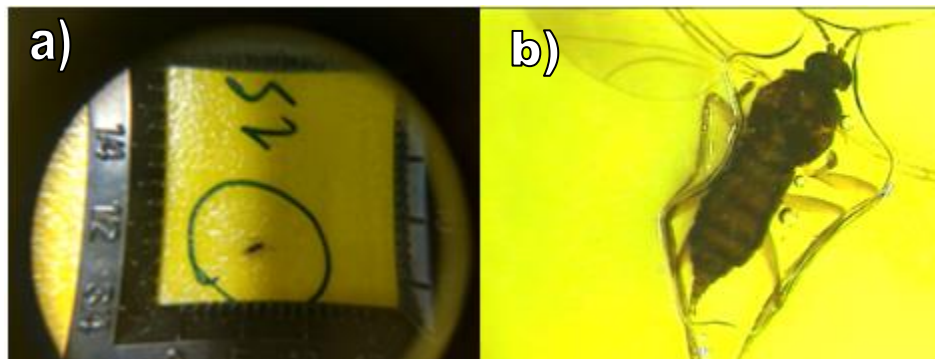


Figura 22. Fotografía de *sciarido* spp. a tamaño real 2-3 mm (a) y al microscopio ($\times 4$ aumentos) (b), capturado en la trampa cromática.

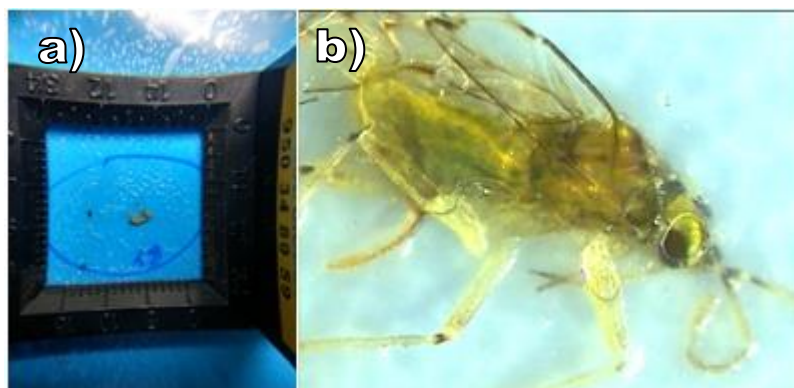


Figura 23. Fotografía de *Nesidiocoris* a tamaño real 4-5 mm (a) y al microscopio ($\times 4$ aumentos) (b), capturado en la trampa cromática.

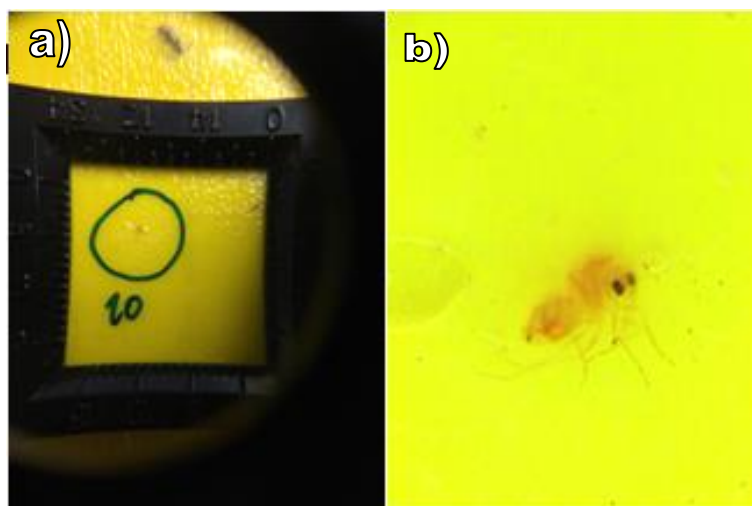


Figura 24. Fotografía de *Eretmocerus* a tamaño real 0.5-1 mm (a) y al microscopio ($\times 4$ aumentos) (b), capturado en la trampa cromática.

4.5 Métodos de Análisis estadístico

Los datos de captura de insectos en placas y los de temperatura de los diferentes sensores se analizaron mediante la función ANOVA usando el programa STATGRAPHICS Centurion XVII (Statgraphics.Net, Madrid, España). Se analizaron las diferencias estadísticas entre tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples por el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher

Los datos estadísticos se han manejado utilizando varios programas. El Microsoft Excel para el monitoreo de plagas, El HOBOWare versión 3.7.13 (Onset computer corporation, Bourne, EE.UU.) para la recopilación de datos de las temperaturas aéreas, Box car pro versión 4.0.7.0 para la recolección de datos de las temperaturas del suelo.

Los datos son envidados y analizados usando el programa STATGRAPHICS que permite comparar los datos en diferentes columnas de los

archivos anteriores. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determina si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples dirán que medias son significativamente diferentes de otras. Para evitar la presencia de valores atípicos, se usa la Prueba de Kruskal-Wallis, la cual compara las medianas en lugar de las medias y el gráfico de caja y bigotes con el que se puede hacer la comprobación de forma manual.

La función ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Siempre que el valor-P de la prueba-F sea menor que 0.05, existirá una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables con un nivel del 5% de significación.

La prueba de rangos múltiples aplica un procedimiento de comparación para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras con un nivel de confianza del 95% y separa los grupos homogéneos entre sí. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Mediante la verificación de varianza se evalúan la hipótesis nula de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las columnas son iguales. En los casos que esta sea menor que 0.05, exista una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza. Esto viola uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalidará la mayoría de las pruebas estadísticas comunes. En este caso usaremos el gráfico de caja y bigotes (Fig. 25) para comprobar si la línea perpendicular de la mediana entra dentro de las muescas de las diferentes columnas de datos, en cuyo caso se dará la hipótesis por buena.

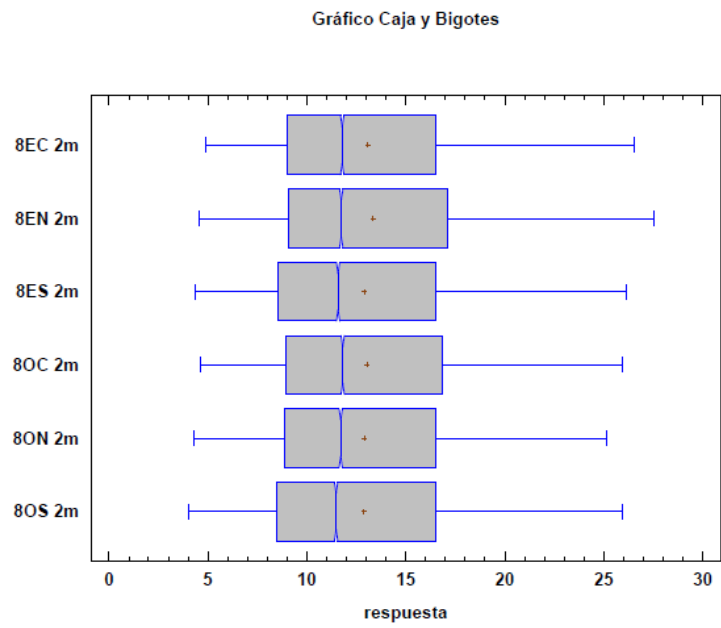


Figura 25. Gráfico de caja y bigotes usado en el análisis estadístico para comprobar el nivel de confianza de la prueba de rangos múltiples.

5. Resultados y discusión

5.1. Análisis de variables microclimáticas

5.1.1. Temperatura del aire a la altura del cultivo

Durante los 7 primeros períodos de registro de datos la ventilación fue similar en los lados Oeste y este del invernadero. En ese periodo de invierno el lado Sur es más frío que el lado Norte, al igual que el lado Oeste del Este (Tabla 12).

Tabla 12. Valores medios de la temperatura del aire (en °C) medida a 2 m de altura sobre distribuida por 6 partes del invernadero.

Período	Lado Oeste			Lado Este		
	Sur	Centro	Norte	Sur	Centro	Norte
Ventilación extra cerrada						
05/12/17 hasta 19/12/17	12,9a	13,0b	12,9a	12,9a	13,1b	13,3c
19/12/17 hasta 02/01/18	13,5a	13,7b	13,7b	13,7b	13,9c	14,1d
02/01/18 hasta 15/01/18	12,5a	13,0c	12,7b	12,7b	13,0c	13,3d
15/01/18 hasta 27/01/18	13,4a	13,9c	13,7b	13,6b	13,9c	14,1d
29/01/18 hasta 12/02/18	12,6a	13,1c	12,7b	12,7b	13,1c	13,5d
12/02/18 hasta 26/02/18	14,7b	15,0c	14,5a	15,0c	15,2d	15,2d
26/02/18 hasta 13/03/18	17,2a	17,4c	17,2a	17,3b	17,4bc	17,1a
Ventilación extra abierta						
13/03/18 hasta 25/02/18	15,7a	15,7a	15,8b	16,1c	16,3d	16,3d
27/03/18 hasta 04/10/18	18,1c	18,4d	18,0b	18,3d	18,0b	17,8a
11/04/18 hasta 22/04/18	20,4d	20,5d	20,1c	19,8ab	19,9b	19,7a
25/04/18 hasta 06/05/18	20,7c	20,7c	20,4b	20,2a	20,4b	20,3a
24/05/18 hasta 31/05/18	24,0b	23,1a	23,5a	24,3b	23,0a	24,3b
Media (sin vent. Extra)	13,8	14,2	13,9	14,0	14,2	14,4
Media (con vent. Extra)	19,9	19,8	19,8	19,9	19,8	20,0
Media (abril-mayo)	21,5			21,3		

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas.

Esta tendencia se invierte en el segundo período en el que el lado Este recibe más ventilación que el lado Oeste al abrir las ventanas laterales inferiores solo en ese lado. A partir del 12 de Marzo de 2018 en el que se abren las ventanas auxiliares del lado este, las temperaturas son considerablemente más elevadas que en los períodos anteriores y se aprecia un cambio en la distribución de manera que el lado este es más fresco que el lado Oeste y el lado Norte que el lado Sur, diferencia acentuada en la mitad Oeste del invernadero que tiene menor ventilación (Tabla 12).

En la evolución de las temperaturas máximas se observa una diferencia estadísticamente significativa entre el lado Este en el Norte y el lado Oeste en el Sur, con una diferencia de 2° C en la media de las máximas correspondientes al periodo al que se abrieron las ventanas laterales inferiores en el lado Este (Tabla 13). Principalmente cuando el viento es de Levante, el aire entra por la ventana norte, libre de obstáculos y aumenta la ventilación en el lado Este, lo que reduce su temperatura.

Tabla 13. Valores máximos de temperatura del aire (en °C) medida a 2 m de altura sobre distribuida por 6 partes del invernadero.

Período	Lado Oeste			Lado Este		
	Sur	Centro	Norte	Sur	Centro	Norte
Ventilación extra abierta						
15/03/18 hasta 14/04/18	28.7b	28.4b	27.8ab	26.8ab	26.0a	26.2a
15/04/18 hasta 31/04/18	33.2ab	33.9b	32.2ab	30.5a	31.5ab	30.1a
01/05/18 hasta 31/05/18	33.7a	31.9a	33.1a	33.1a	32.7a	33.1a
Media de cada sector	31.4			30.0		

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas.

En los días con viento flojo y viento de poniente, el aire procedente del Sur ve dificultada su entrada por las ventanas laterales de Barlovento (del Sur) por la

presencia de un invernadero cercano en este caso las temperaturas de los dos invernaderos se igualan, lo que sucedió en la segunda quincena de Mayo en la que no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre las temperaturas máximas de los 6 sensores, aunque sí que sus valores medios fueron más de 1° C inferiores en el lado Este.

5.1.2 Temperatura del aire sobre el suelo

Las temperaturas medias registradas a una altura de 0.1 m de altura se encuentran en general muy parejas, con diferencias estadísticamente significativas entre sensores pero que varían de unos periodos a otros (Tabla 14).

Tabla 14. Valores medios de la temperatura del aire (en °C) medida a 0.1 m de altura sobre los diferentes tipos de acolchado del suelo para los 10 periodos de tiempo analizados.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra cerrada							
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	13.3e	12.9a	13.0bcd	13.2f	13.0abcd	13.0abc
	Sur	13.1d	13.0abc	13.0bcd	13.0cd	13.0ab	13.3f
19/12/17 hasta 02/01/18	Norte	13.9f	13.8e	13.8e	14.2de	13.6ab	13.7cd
	Sur	13.7bc	13.7bc	13.6a	13.8h	13.8e	14.1g
02/01/18 hasta 15/01/18	Norte	13.1g	12.8bcd	12.8cd	13.4h	12.9ef	12.9f
	Sur	12.8de	12.7ab	12.6a	12.7bc	12.8bcd	13.0g
15/01/18 hasta 27/01/18	Norte	13.7ef	13.8f	13.6bcd	14.0g	13.6cd	13.08f
	Sur	13.6de	13.5bc	13.4a	13.5ab	13.6cd	14.0g
29/01/18 hasta 12/02/18	Norte	12.8cd	13.0ef	12.9de	13.0g	13.0f	13.0f
	Sur	12.7ab	12.7ab	12.6a	12.07ab	12.8bc	12.9de
12/02/18 hasta 26/02/18	Norte	14.5a	14.5a	14.5a	14.9e	15.0e	14.5a
	Sur	14.6bc	14.8e	14.5ab	14.7c	15.0e	14.9de
26/02/18 hasta 13/03/18	Norte	17.0def	17.0bc	17.1de	17.0bc	16.9ab	16.9ab
	Sur	17.0bc	17.1ef	17.2f	16.9a	17.0cd	17.6g

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas.

Tabla 14. (Continuación).

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra abierta							
13/03/18 hasta 25/03/18	Norte	16.1e	15.7c	16.1e	15.9d	15.2a	15.2a
	Sur	15.9d	16.1e	15.7c	15.5b	16.1c	15.5b
27/03/18 hasta 10/04/18	Norte	17.7b	18.0c	18.0e	17.7b	17.4a	17.3a
	Sur	18.4f	18.3f	18.1cd	17.8b	18.1e	18.0de
11/04/18 hasta 22/04/18	Norte	20.3f	19.9d	20.3f	19.1a	19.4b	19.6c
	Sur	20.6h	20.1e	20.4g	19.9d	20.1e	19.6c
25/04/18 hasta 6/05/18	Norte	20.1e	20.0d	20.1e	19.8a	19.8b	19.7a
	Sur	20.3f	20.2e	20.6g	20.0cd	20.2e	19.9bc
24/05/18 hasta 31/05/18	Norte	24.1cd	23.8c	24.0c	23.3a	23.3a	23.3a
	Sur	24.3d	24.4e	24.5e	23.3a	23.5b	23.3a
Media total	Norte	14.7	14.6	14.6	14.8	14.5	14.5
	Sur	14.6	14.7	14.5	14.5	14.7	14.8
Media (Vent. Extra)	N-S	19.0			18.1		

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas.

A 0.1 m sobre el suelo, se observan menores temperaturas en el lado Este al final del cultivo cuando las temperaturas interiores eran mayores y existía una diferencia en la superficie de ventilación. La media en el sector Este del periodo con diferente ventilación fue de 18.1°C frente a los 19.0°C del sector Oeste (Tabla 13). Así, en el último periodo analizado, los valores de temperatura medios fueron significativamente inferiores en los seis sensores situados en el sector Este con mayor ventilación que en los del lado Oeste con ventanas más pequeñas (Tabla 14). En el penúltimo periodo sucedió algo similar. Además, se pueden observar generalmente en los periodos con las ventanas supletorias abiertas en el sector U8E, temperaturas significativamente inferiores en la parte norte, en la que las ventanas laterales se encuentran libres de obstáculos y, por lo tanto, con mayor capacidad de refrigeración.

Analizando estadísticamente los valores de temperaturas de los sensores situados dentro de un mismo bloque, las diferencias que hay no parecen deberse al tipo de acolchado usado (Tabla 15). Es posible que con una mayor superficie de suelo acolchado se pudiera producir un albedo capaz de modificar dicha temperatura, pero con los datos obtenidos en el ensayo no se puede asegurar. La temperatura del aire a 10 cm del suelo parece estar más influido por el movimiento del aire producido por la ventilación (Tabla 14) que por el material que cubre la superficie del suelo (Tabla 15).

Tabla 15. Comparación de las medias de temperaturas a 10 cm de altura (indicadas en la Tabla 14), de los tres tipos diferentes de acolchados dentro de un mismo sector y período.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra cerrada							
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	b	a	c	b	a	a
	Sur	b	a	bc	b	a	c
19/12/17 hasta 02/01/18	Norte	a	a	b	a	b	c
	Sur	a	a	b	a	a	b
02/01/18 hasta 15/01/18	Norte	b	a	a	b	a	a
	Sur	b	a	a	a	a	b
15/01/18 hasta 27/01/18	Norte	b	b	a	c	a	b
	Sur	c	b	a	a	b	c
29/01/18 hasta 12/02/18	Norte	a	b	ab	b	a	a
	Sur	a	a	a	a	a	b
12/02/18 hasta 26/02/18	Norte	a	a	a	b	b	a
	Sur	a	b	a	a	b	b
26/02/18 hasta 13/03/18	Norte	b	a	b	a	a	a
	Sur	a	b	b	a	b	c
Ventilación extra abierta							
13/03/18 hasta 25/03/18	Norte	b	a	b	b	a	a
	Sur	b	c	a	a	b	a
27/03/18 hasta 10/04/18	Norte	a	b	b	b	a	a
	Sur	b	b	a	a	b	b
11/04/18 hasta 22/04/18	Norte	b	a	b	a	b	c
	Sur	c	a	b	b	c	a
25/04/18 hasta 6/05/18	Norte	b	a	b	a	b	a
	Sur	b	a	c	a	b	a
24/05/18 hasta 31/05/18	Norte	a	a	a	a	a	a
	Sur	a	b	b	a	b	a

Nota: Los datos numéricos son los mismos que los de la Tabla 14.

5.1.3. Temperatura de la superficie del suelo

Analizando estadísticamente los tratamientos dentro de cada sector (Tabla 16) sí que se pueden apreciar diferencias estadísticamente significativas entre los acolchados y el enarenado del lado Norte, siendo las temperaturas en el enarenado significativamente más bajas en la mayoría de los ensayos.

Tabla 16. Valores medios de la temperatura del aire (en °C) en la superficie del suelo medidos a 0.01 m bajo el enarenado o entre el plástico para acolchado y el suelo. En el lado Sur solo se disponían de sensores en el enarenado.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra cerrada							
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	15,3d	13.8a	-	15.0c	14.3b	16.3e
	Sur	-	-	-	-	-	-
19/12/17 hasta 02/01/18	Norte	15.4b	-	-	15.7c	15.1a	15.5b
	Sur	-	-	-	-	15,5b	-
02/01/18 hasta 15/01/18	Norte	14.1a	-	15.4b	-	-	14.2b
	Sur	-	14.3a	-	-	14.2a	-
15/01/18 hasta 27/01/18	Norte	15.4d	14.8b	15.9e	15.5d	14.9b	15.3c
	Sur	-	15.0b	-	-	14.6a	-
29/01/18 hasta 12/02/18	Norte	15.1c	14.4a	-	15.1c	14.8b	14.9b
	Sur	-	14.8b	-	-	14.5a	-
12/02/18 hasta 26/02/18	Norte	16.4bc	16.5c	-	17.3d	16.2a	-
	Sur	-	16.3b	-	-	16.4bc	-
26/02/18 hasta 13/03/18	Norte	18.1b	18.4c	-	18.5cd	17.9a	18.6d
	Sur	-	18.0ab	-	-	17.9a	-
Ventilación extra abierta							
13/03/18 hasta 25/02/18	Norte	18.7c	18.0b	-	18.8cd	17.4a	18.9d
	Sur	-	18,8cd	-	-	17,9b	-
27/03/18 hasta 04/10/18	Norte	20.4b	20.3b	-	20.8c	19.4a	20.7c
	Sur	-	20.6c	-	-	-	-
11/04/18 hasta 22/04/18	Norte	22.2c	-	23.9e	22.3c	21.7a	23.1d
	Sur	-	23.2d	-	-	21.2a	-
25/04/18 hasta 6/5/18	Norte	22.5c	22.6c	24.2e	22.2b	-	23.6d
	Sur	-	-	-	-	21.4a	-
24/05/18 hasta 31/5/18	Norte	24.1b	26.6d	-	25.8c	27.0d	23.4a
Media	Norte	16.5	16.6	15.7	17.1	16.3	16.8
	Sur	-	16.5	-	-	15.5	-

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas. En ocasiones faltan datos por errores de medida de los sensores (mojados por el sistema de riego o movidos por los operarios).

Entre los dos tipos de acolchados (amarillo y plateado) están las temperaturas muy igualadas siendo en algunos casos más frías las de uno que las del otro y viceversa (Tabla 17). Por lo tanto, la utilización de los acolchados plásticos no consigue de forma clara reducir las temperaturas medias de la superficie del suelo, aunque el acolchado amarillo si reduce los valores de temperaturas máximas. Esto se debe a la mayor reflexión del acolchado amarillo a la radiación solar. Así, a partir de las mediciones de radiación incidente y reflejada con el luxómetro se obtuvieron valores del coeficiente de reflexión que oscilaron entre 28.0-36.3 % para el acolchado amarillo, entre 18.7 y 22.7 % para el acolchado plateado y de 14.0 a 17.5 % en el enarenado.

Hay que tener en cuenta, que los acolchados impiden la evaporación del agua de riego, que actúa como elemento refrigerante del suelo, con lo cual esto presenta una gran desventaja en su uso en invernaderos con riego por goteo.

Tabla 17. Comparación de las medias de temperaturas en la superficie del suelo (los valores son los indicados en la Tabla 16), de los tres tipos diferentes de acolchados dentro de un mismo sector y período. En el lado Sur solo se disponían de sensores en el enarenado.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra cerrada							
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	b	a	-	b	a	c
19/12/17 hasta 02/01/18	Norte	-	-	-	c	a	b
02/01/18 hasta 15/01/18	Norte	a	-	b	a	-	b
15/01/18 hasta 27/01/18	Norte	c	a	b	b	a	c
29/01/18 hasta 12/02/18	Norte	b	a	-	b	a	a
12/02/18 hasta 26/02/18	Norte	b	a	-	b	a	-
26/02/18 hasta 13/03/18	Norte	a	b	-	b	a	b
Ventilación extra abierta							
13/03/18 hasta 25/02/18	Norte	b	a	-	b	a	b
27/03/18 hasta 04/10/18	Norte	a	a	-	b	a	b
25/04/18 hasta 6/5/18	Norte	a	a	b	a	-	b
24/05/18 hasta 31/5/18	Norte	a	b	-	b	c	a

Nota: Los datos numéricos son los mismos de la Tabla 16.

5.1.4. Temperatura del suelo

Aunque existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes sensores analizados, colocados a 10 cm de profundidad, estos varían de unas fechas a otras (Tabla 18).

Tabla 18. Valores medios de la temperatura del suelo (en °C) a 0.1 m de profundidad en los diferentes tipos de acolchado del suelo. En el lado Sur solo se disponían de sensores en el enarenado.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra abierta							
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	16.4f	15.3b	16.1d	16.2e	15.1a	16.5g
	Sur	-	15.4c	-	-	-	-
19/12/17 hasta 02/01/18	Norte	-	-	-	16.3c	15.6b	-
	Sur	-	15.4a	-	-	-	-
02/01/18 hasta 15/01/18	Norte	15.0c	-	15.7d	15.9e	-	17.3f
	Sur	-	14.8b	-	-	14.6a	-
15/01/18 hasta 27/01/18	Norte	16.2f	15.3b	16.0d	16.1e	15.4c	16.0de
	Sur	-	15.1a	-	-	-	-
29/01/18 hasta 12/02/18	Norte	16.1e	15.1b	15.9c	16.0d	-	15.8c
	Sur	-	14.9a	-	-	-	-
12/02/18 hasta 26/02/18	Norte	-	16.7b	17.4d	17.4d	16.5a	17.5e
	Sur	-	16.8b	-	-	16.4a	-
26/02/18 hasta 13/03/18	Norte	18.8d	18.2b	-	18.4c	17.8a	18.5c
	Sur	-	18.1b	-	-	-	-
Ventilación extra cerrada							
13/03/18 hasta 25/02/18	Norte	19.3e	18.1b	19.5f	18.7d	-	-
	Sur	-	18.3c	-	-	17.8a	-
27/03/18 hasta 04/10/18	Norte	20.9e	-	21.0e	20.2c	19.2a	20.5d
	Sur	-	19.7b	-	-	-	-
25/04/18 hasta 6/5/18	Norte	23.3e	22.9c	23.2d	22.1b	-	23.1d
	Sur	-	21.7a	-	-	-	-
24/05/18 hasta 31/5/18	Norte	25.3c	-	25.5d	25.7d	24.9b	26.5e
	Sur	-	24.3a	-	-	-	-
Media	Norte	17.0	16.5	16.8	17.2	16.1	16.9
	Sur	-	16.5	-	-	16.3	-

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas. En ocasiones faltan datos por errores de medida de los sensores (mojados por el sistema de riego o movidos por los operarios).

Sin embargo, si se observa que las menores temperaturas se registran siempre en alguno de los sensores colocados en el suelo enarenado sin acolchado, tal y como indican también los valores medios de todo el periodo de medida (Tabla 18). Además, en la mayoría de los casos las máximas temperaturas se registraron en el lado oeste en la zona norte cubierta con el plástico amarillo. Esto contrasta con la mayor reflexión del acolchado amarillo a la radiación solar.

Analizando estadísticamente los valores dentro de cada sector, de nuevo se vuelven a apreciar diferencias significativas entre los acolchados y el enarenado, siendo las temperaturas en el enarenado más bajas en todos los ensayos (Tabla 19).

Tabla 19. Comparación de las medias de temperaturas a 0.1 m de profundidad (los valores son los de la Tabla 18), de los tres tipos diferentes de acolchados dentro de un mismo sector y período en el lado Norte.

Período	Lado Oeste			Lado Este		
	Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
Ventilación extra abierta						
05/12/17 hasta 19/12/17	c	a	b	b	a	c
19/12/17 hasta 02/01/18	-	-	-	b	a	-
02/01/18 hasta 15/01/18	b	a	c	a	-	b
15/01/18 hasta 27/01/18	c	a	b	b	a	b
29/01/18 hasta 12/02/18	c	a	b	b	a	b
12/02/18 hasta 26/02/18	b	a	c	b	a	c
26/02/18 hasta 13/03/18	b	a	-	b	a	b
Ventilación extra cerrada						
13/03/18 hasta 25/02/18	b	a	c	b	a	-
27/03/18 hasta 04/10/18	a	-	a	b	a	c
25/04/18 hasta 6/5/18	b	a	c	a	-	b
24/05/18 hasta 31/5/18	a	-	b	b	a	c

Nota: Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza. Las letras están ordenadas de temperaturas más frías a más cálidas. Los valores no se indican por ser los mismo de la Tabla 18.

Entre los dos tipos de acolchados (amarillo y plateado) están las temperaturas muy igualadas siendo en algunos casos más frías las de uno que las del otro y viceversa. Desde el punto de vista de las temperaturas no se observa ninguna particularidad especial por ser los acolchados de distinto color, pese al diferente coeficiente de reflexión.

En cuanto a las temperaturas de la parte aérea del invernadero apenas se han observado diferencias entre los cuatro bloques, ni dentro de los diferentes tipos de suelo dentro de los bloques. Durante los primeros meses del ensayo cuando la temperatura es homogénea para todo el invernadero la parte Sur es ligeramente más fría que la parte Norte. Esto puede ser debido a la ligera pendiente ascendente Sur-Norte que se da en el invernadero y que provoca que el aire más caliente se acumule en el lado Norte. Por otro lado, la parte Este registra temperaturas más elevadas lo que podría ser algo normal por la distribución de las horas de radiación siendo las últimas del día en este lado lo que podría servir para amortiguar la bajada de temperaturas durante la noche ya que el estudio se ha realizado con las medias de todo día.

En cuanto a que los diferentes tipos de suelo no le afecten parece normal, ya que la masa de aire dentro del invernadero es mucho mayor que la superficie acolchada. Por otro lado, con la subida de temperaturas exteriores al llegar la primavera se aumentó la superficie de ventilación lateral en el sector Este del invernadero. Esto produjo una diferencia en la distribución de las medias, pasando a ser el lado Este (con mayor ventilación) el más fresco. En lo que respecta a las temperaturas máximas sí que se han observado diferencias de temperatura de hasta 2° C dependiendo de la dirección del viento, ya que cuando el viento sopla del norte este tiene menor obstaculización para entrar en el

invernadero produciendo una caída de temperatura mayor en la zona más ventilada.

Analizando las temperaturas del suelo se da un dato curioso: las temperaturas del lado Este son ligeramente superiores a las del lado Oeste en los casos en los que está el acolchado, pero en las líneas de enarenado esta tendencia se invierte y es el lado Oeste el que tiene las mayores temperaturas. De todas formas se trata de décimas de grado y no se dan de manera totalmente constante por lo que no se pueden sacar conclusiones de este fenómeno. Sin embargo, analizando las diferencias de temperaturas dentro del mismo bloque entre diferentes tipos de suelo si se observa, que tanto en superficie como en profundidad, las temperaturas son menores en el enarenado que con los acolchados, lo que contrasta con los datos de reflexión medidos: acolchado amarillo (entre 28.0-36.3 %), acolchado plateado (18.7-22.7 %) y el enarenado (14.0-17.5 %).

Además, entre los dos distintos tipos de acolchado la temperatura no sigue un patrón constante y las diferencias de temperatura son aleatorias, lo cual lleva a pensar que la reflexión en este caso influye en menor medida y lo que realmente importa es la conductividad térmica que es mucho mayor de la arena, que se enfría mucho más rápido por las noches, bajando considerablemente las temperaturas medias.

5.2 Resultados obtenidos del conteo de insectos

El conteo se realizó para las trampas situadas en las 4 zonas de estudio en 8 periodos de muestreo diferentes, para los siguientes insectos: trips, *eretmocerus*, *nesidiocoris* y mosquilla negra (Tabla 20).

Tabla 20. Cantidad total de insectos capturados en las trampas cromáticas en los diferentes acolchados usados (total de las 4 repeticiones) y expresados en porcentaje.

Período	Insectos	Número de insectos				Porcentaje (%)		
		Amar.	Enar.	Plat.	Total	Amar.	Enar.	Plat.
21/11/17 hasta 05/12/17	Thrips	215	121	77	413	52	29	19
	Eretmocerus	58	66	54	178	33	37	30
	Nesidiocoris	26	43	20	89	29	48	22
	M. negra	14	11	4	29	48	38	14
	Total	313	241	155	709	44	34	22
05/12/17 hasta 19/12/17	Thrips	75	52	25	152	49	34	16
	Eretmocerus	13	70	22	105	12	67	21
	Nesidiocoris	8	15	6	29	28	52	21
	M. negra	9	10	9	28	32	36	32
	Total	105	147	62	314	33	47	20
19/12/17 hasta 15/01/18	Thrips	27	25	21	73	37	34	29
	Eretmocerus	32	0	12	44	73	0	27
	Nesidiocoris	9	9	10	28	32	32	36
	M. negra	22	22	11	55	40	40	20
	Total	90	56	54	200	45	28	27
15/01/18 hasta 20/02/18	Thrips	46	47	23	116	40	41	20
	Eretmocerus	4	9	22	35	11	26	63
	Nesidiocoris	10	13	10	33	30	39	30
	M. negra	177	182	163	522	34	35	31
	Total	237	251	218	706	34	36	31
13/03/18 hasta 16/04/18	Thrips	30	42	71	143	21	29	50
	Eretmocerus	80	65	206	351	23	19	59
	Nesidiocoris	3	11	8	22	14	50	36
	M. negra	27	21	28	76	36	28	37
	Total	140	139	313	592	24	23	53
16/04/18 hasta 05/04/18	Thrips	35	18	33	86	41	21	38
	Eretmocerus	24	30	75	129	19	23	58
	Nesidiocoris	4	8	3	15	27	53	20
	M. negra	11	3	4	18	61	17	22
	Total	74	59	115	248	30	24	46
Medias	Thrips	428	305	250	983	44	31	25
	Eretmocerus	211	240	391	842	25	29	46
	Nesidiocoris	60	99	57	216	28	46	26
	M. negra	260	249	219	728	36	34	30
	Total	959	893	917	2769	32	40	28

Nota: Los datos del período del 20/02/18 hasta 13/03/18 no se han utilizado en esta tabla por hallarse incompletos.

Pese a que inicialmente se planteó como objetivo el conteo de mosca blanca y trips en las trampas cromáticas, solo el segundo insecto apareció a lo largo del periodo de cultivo. Posiblemente debido a las bajas temperaturas registradas este invierno (2017-2018) y a la presencia espontánea del parásito *Eretmocerus* spp. En el invernadero experimental, no se apreció la presencia de mosca blanca en las trampas cromáticas (solo aparecieron en dos o tres trampas de las 144 analizadas).

Se puede observar como el número total de insectos atrapados fue muy similar en los tres tratamientos, aunque si se observa un mayor número de trips atrapados en las trampas colocadas sobre el acolchado amarillo y menor sobre el plateado (Tabla 20). Los trabajos precedentes indicaban que los acolchados de color amarillo y plateado repelen a los trips (Greenough et al., 1990; Riley y Pappu, 2004). De igual forma se encontró un mayor número de *Eretmocerus* en las trampas colocadas sobre el acolchado plateado. El uso de este tipo de acolchados cromáticos deber realizarse con precaución ya que además de repeler ciertas especies pueden tener el efecto contrario sobre otras. Así se ha constatado que el acolchado de color plateado atrae al minador del tomate (*Keiferia lycopersidla*, Walshingham) y al gusano elotero (*Helicoverpa zea*, Boddie) (Schalk y Robbins, 1987). En este caso sería positivo al tratarse de un insectos auxiliar utilizado para el control de mosca blanca.

Mediante el análisis estadístico por medio de la función ANOVA de Statgraphic se han determinado los tratamientos entre los que existieron diferencias estadísticamente significativas en el número de insectos capturados (Tablas 21, 22, 23 y 24).

Para el caso del trips, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos (Tabla 21), y además las diferencias en cada una de las repeticiones mostraron una tendencia diferente. Únicamente se observó cierta concordancia en el menor número de trips capturados en el acolchado plateado de la mitad Sur de ambos sectores (U8O y U8E). En general, se capturaron menos trips en la parte Sur, lo cual puede deberse a que la mayor parte del tiempo la ventilación produce un flujo de aire desde las ventanas situadas más al Norte hacia las del Sur, por lo que parece lógico una mayor presencia de insectos en esa parte.

Tabla 21. Cantidad de trips capturados en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
21/11/17 hasta 05/12/17	Norte	28	17	26	77	48	28
	Sur	72	30	10	38	26	13
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	19	12	7	21	12	5
	Sur	25	6	6	10	22	7
19/12/17 hasta 15/01/18	Norte	8	1	2	7	8	5
	Sur	7	6	4	5	10	10
15/01/18 hasta 20/02/18	Norte	3	18	5	12	15	11
	Sur	18	2	0	13	8	7
20/02/18 hasta 13/03/18	Norte	- ¹	6	13	11	-	14
	Sur	4	12	5	14	-	-
13/03/18 hasta 16/04/18	Norte	6	12	40	6	20	7
	Sur	10	1	14	8	9	10
16/04/18 hasta 05/04/18	Norte	4	2	4	17	6	3
	Sur	5	3	11	9	7	15
Total	Norte	68	62	84	140	109	59
	Sur	137	48	45	83	82	62
Medias ²	Norte	9.7a	9.7a	13.9a	21.6a	15.6a	10.4a
	Sur	20.1a	8.6a	7.1a	13.9a	11.7a	8.9a

Notas: ¹ Los casilleros en blanco se deben a aquellas trampas en las que no se ha podido realizar el conteo, por lo que ese periodo no se incluyó en el análisis estadístico. ² Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza.

En el caso del *eretmocerus*, especie parásita de moscas blancas que en nuestro invernadero apareció de forma natural sin que se realizaran sueltas del insecto, si se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El número de insectos atrapados sobre el acolchado plateado en la mitad Sur del sector Oeste fue superior al resto, aunque esto no sucedió en las otras cuatro repeticiones (Tabla 22), por lo que el resultado es poco concluyente. También coincide que en los dos tratamientos de acolchado amarillo de la parte Norte de ambos sectores se registró el menor número de *eretmocerus*, aunque esto no ocurrió en la parte Sur.

Tabla 22. Cantidad de *eretmocerus* capturados en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
21/11/17 hasta 05/12/17	Norte	7	21	15	12	10	10
	Sur	19	20	25	20	15	4
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	0	8	6	2	8	10
	Sur	4	5	4	7	49	2
19/12/17 hasta 15/01/18	Norte	3	0	1	0	0	6
	Sur	1	0	0	28	0	5
15/01/18 hasta 20/02/18	Norte	0	6	3	4	2	8
	Sur	0	0	8	0	1	3
20/02/18 hasta 13/03/18	Norte	- ¹	6	18	11	-	45
	Sur	17	33	23	28	-	-
13/03/18 hasta 16/04/18	Norte	8	20	35	6	12	12
	Sur	43	18	110	23	15	49
16/04/18 hasta 05/04/18	Norte	7	4	12	1	2	2
	Sur	9	13	37	7	11	24
Total	Norte	25	59	72	25	34	48
	Sur	76	56	184	85	91	87
Medias ²	Norte	3.6a	9.3a	12.9ab	5.1a	4.9a	13.3ab
	Sur	13.3ab	12.7ab	29.6b	16.1ab	13.0ab	12.4a

Notas: ¹ Los casilleros en blanco se deben a aquellas trampas en las que no se ha podido realizar el conteo, por lo que ese periodo no se incluyó en el análisis estadístico. ² Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza.

En cuanto a las capturas del depredador polífago *nesidiocoris*, el cual fue introducido en el invernadero mediante sueltas en tres ocasiones en los meses de septiembre y octubre, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tres tratamientos con un número muy similar de capturas medias entre 2 y 5 insectos por tratamiento (Tabla 23).

Tabla 23. Cantidad de *nesidiocoris* capturados en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
21/11/17 hasta 05/12/17	Norte	11	15	4	2	5	5
	Sur	11	14	7	2	9	4
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	2	1	2	2	5	0
	Sur	2	3	4	2	6	0
19/12/17 hasta 15/01/18	Norte	1	4	4	1	1	2
	Sur	5	2	2	2	2	2
15/01/18 hasta 20/02/18	Norte	0	5	4	3	3	1
	Sur	6	0	2	1	5	3
20/02/18 hasta 13/03/18	Norte	- ¹	5	4	2	4	4
	Sur	1	9	2	10	-	-
13/03/18 hasta 16/04/18	Norte	0	4	1	1	2	1
	Sur	1	2	0	1	3	6
16/04/18 hasta 05/04/18	Norte	0	0	0	2	3	3
	Sur	2	2	0	0	3	0
Total	Norte	14	29	15	11	19	12
	Sur	27	23	15	8	28	15
Medias ²	Norte	2.0a	4.9a	2.7a	1.6a	3.3a	2.3a
	Sur	4.6a	4.0a	2.4a	2.6a	4.0a	2.1a

Notas: ¹ Los casilleros en blanco se deben a aquellas trampas en las que no se ha podido realizar el conteo, por lo que ese periodo no se incluyó en el análisis estadístico. ² Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza.

Al igual que lo sucedido con el trips y con *nesidiocoris*, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos para el número de capturas de mosquilla negra (Tabla 24), con valores medios de 5 a 20 insectos por tratamiento. En general, los diferentes tipos de acolchados instalados

dentro del invernadero no parecen influir de forma significativa en la presencia de los cuatro insectos analizados en las líneas de cultivo. La media de capturas totales en las trampas según el distinto tipo de suelo es prácticamente el mismo son del 33% para el acolchado amarillo, 35% para el enarenado y 32% para el acolchado plateado (Tabla 20).

Tabla 24. Cantidad de mosquilla negra capturada en las trampas cromáticas divididas por las diferentes zonas de captura del invernadero.

Período	Parte	Lado Oeste			Lado Este		
		Amarillo	Enarenado	Plateado	Amarillo	Enarenado	Plateado
21/11/17 hasta 05/12/17	Norte	5	3	2	2	2	2
	Sur	1	1	0	6	5	0
05/12/17 hasta 19/12/17	Norte	0	3	3	1	0	4
	Sur	6	2	1	2	5	1
19/12/17 hasta 15/01/18	Norte	7	2	2	5	9	4
	Sur	2	4	4	8	7	1
15/01/18 hasta 20/02/18	Norte	14	72	48	45	45	51
	Sur	87	17	31	31	48	33
20/02/18 hasta 13/03/18	Norte	- ¹	38	45	20	17	21
	Sur	26	25	25	20	-	-
13/03/18 hasta 05/04/18	Norte	11	9	14	4	5	4
	Sur	7	4	8	5	3	2
05/04/18 hasta 16/04/18	Norte	3	2	2	1	1	0
	Sur	5	0	2	2	0	0
Total	Norte	40	91	71	58	62	65
	Sur	108	28	46	54	68	37
Medias ²	Norte	5.7a	18.2a	16.6a	11.1a	11.2a	12.3a
	Sur	19.1a	7.6a	10.1a	10.6a	9.7a	5.3a

Notas: ¹ Los casilleros en blanco se deben a aquellas trampas en las que no se ha podido realizar el conteo, por lo que ese periodo no se incluyó en el análisis estadístico. ² Letras diferentes entre tratamientos de una misma fila (correspondientes a un mismo periodo de medida) indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias con un nivel del 95.0% de confianza.

Si analizamos las capturas de trips, pese a no observarse diferencias estadísticamente significativas (Tabla 21), hay mayor número de capturas en la zona del acolchado amarillo, seguido del acolchado plateado y finalmente el último es el enarenado. La diferencia entre las capturas del acolchado amarillo y

las del enarenado son prácticamente del doble, y en un punto intermedio estarían las del acolchado plateado (Fig. 26). Esto puede tener una gran utilidad en caso de poner una zona con este tipo de acolchado y maximizar las aplicaciones contra trips en estas zonas y minimizarlas en las demás zonas de manera que el gasto de fitosanitarios sea menor, consiguiendo una menor contaminación y un mayor ahorro.

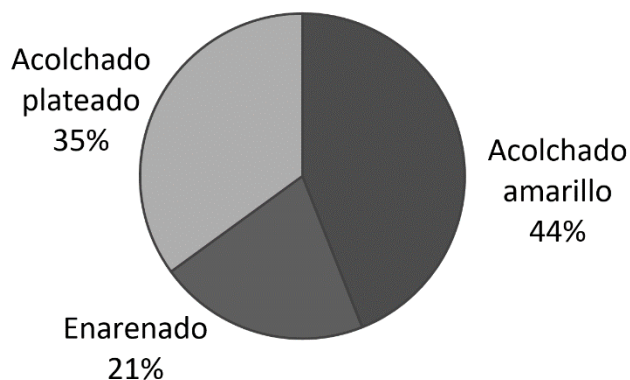


Figura 26. Gráfico de las capturas de trips en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa.

En el caso del *eretmocerus* se da una gran diferencia en el número de capturas en la zona con acolchado plateado (46%) con respecto al acolchado amarillo y en enarenado que se reparten prácticamente a partes iguales la otra mitad (Fig. 27). Este dato resulta favorable para el uso de este acolchado, ya que en caso de tener un poder atrayente para este insecto parasitoide este favorecería el control de la mosca blanca produciendo un posible control natural sobre ésta.

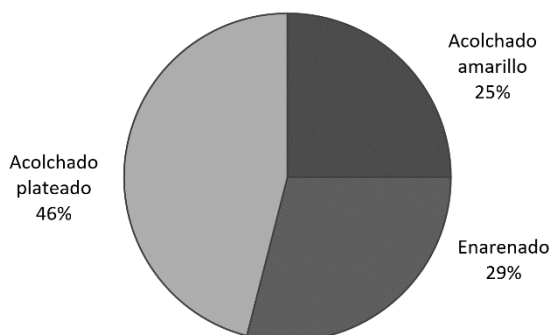


Figura 27. Representación de las capturas de *eretmocerus* en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa.

Hay una mayor captura de *nesidiocoris* en las zonas que no tienen acolchado, casi de la mitad (Fig. 28). La otra mitad se reparte muy equitativamente entre las dos zonas con acolchado. Esto se puede observar como un punto negativo para las zonas con acolchado, ya que en el control de plagas interesa que el insecto auxiliar esté bien repartido por todas las zonas del invernadero, ya que además de controlar peor los insectos en las zonas con acolchado, debido a su carácter polífago, una acumulación en una parte del invernadero podría llegar a dañar la planta siendo considerado plaga.

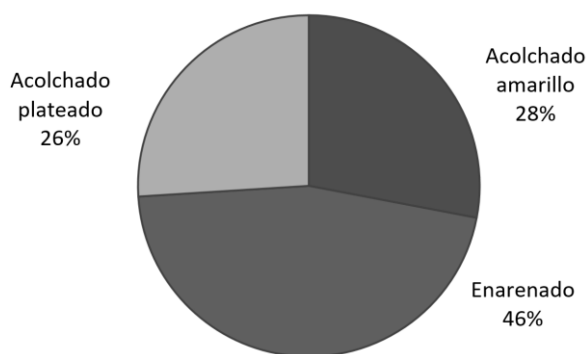


Figura 28. Representación de las capturas de *nesidiocoris* en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa.

Las capturas de la mosquilla negra están repartidas entre las tres zonas de manera muy parecida, entre 30 y 36 % (Fig. 29). Según estos datos no parece que especialmente esta plaga se sienta atraída por alguna zona en especial y esto parece no afectarle mucho, lo cual resulta raro ya que este insecto tiene los primeros estadios larvarios en el suelo y lo lógico sería pensar que para su desarrollo le viene mejor el suelo sin acolchado. Otra opción sería que se desarrolla en la parte del invernadero que no tiene acolchado, pero una vez que llega a la edad adulta debido a su gran movilidad se distribuye por la totalidad de este y de ahí los datos obtenidos.

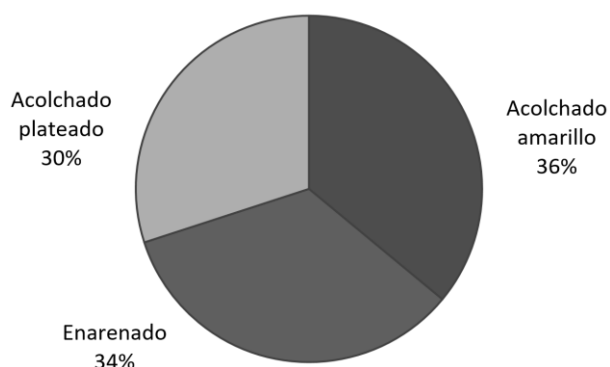


Figura 29. Representación de las capturas de mosquilla negra en tanto por ciento, según el tipo de acolchado en el cual se ha puesto la trampa.

Analizando la captura de insectos en las trampas mediante análisis estadístico no se aprecian diferencias estadísticas considerables para ninguno de los cuatro insectos considerados (trips, ertmocerus, nesidiocoris y mosquilla negra), de los valores medios de capturas, ni entre los bloques, ni entre los tipos de suelo. Esto es debido a la gran variabilidad que existe entre los datos, deduciendo que son muchas las variables (valga la redundancia) que afectan a la zona de vuelo de los insectos y sacando como conclusión desde la distancia que quizás hubiera sido más efectiva la contabilización de poblaciones o individuos asentados en planta.

De esta manera para conseguir datos que puedan facilitar un análisis nos podemos fijar en los totales de capturas entre diferentes tipos de suelo acolchado amarillo, plateado o sin acolchado (solo enarenado). En este caso si se observan diferencias ya que hay un mayor número de capturas de trips en el acolchado amarillo 44 %, frente al plateado 35% y al enarenado 21%. Analizando por separado las capturas entre el acolchado amarillo y el enarenado sí que se observa que el número de capturas es de más del doble por lo que se podría decir que este acolchado tiene un poder atrayente sobre el trips y el acolchado plateado se

estaría entre medias. En el caso del parasitoide *eretmocerus* se vuelven a repetir las mismas conclusiones, pero esta vez es el acolchado plateado el que resulta más atrayente y el amarillo el que se queda a medias. Las capturas del *nesidiocoris* son mucho mayores en aquellas trampas en las que no hay acolchado (46 %) y entre los acolchados resultan ser más o menos las mismas, por lo que de alguna manera el reflejo de estos acolchados o el hecho de tapar el acceso al suelo hacen que estos puedan preferir el enarenado. Este dato es principalmente importante, ya que este insecto se usa para el control de estas plagas y el hecho de repeler a este insecto puede originar un resultado contrario al esperado con su uso. Por último, no se aprecia diferencia alguna en las capturas de mosquilla negra, con valores cercanos a 1/3 en los 3 casos.

De forma general se puede decir, que, pese a no existir salvo casos muy concretos, diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos analizados (tipo de acolchado y cuadrante del invernadero) los acolchados no han producido un efecto beneficioso en el control de plagas en el invernadero experimental. Aunque el acolchado plateado ha incrementado la presencia del insecto auxiliar *eretmocerus*, reduce la presencia de otro auxiliar como es el *nesidiocoris*, efecto también producido por el acolchado amarillo en comparación con el suelo solamente enarenado. Además, los dos acolchados parecen incrementar la presencia de trips (Fig. 26) y no afectan a la mosquilla negra.

6. Conclusiones

En el presente trabajo se ha analizado la viabilidad agronómica del aumento de la superficie lateral y del uso de acolchados cromáticos amarillo y plateado en un invernadero tipo Almería en «*raspa y amagado*». Con el objetivo principal de analizar el efecto de estas dos técnicas pasivas de control climático (que no consumen energía) sobre la temperatura se instalaron sensores de temperatura del aire a 0.1 m y 2 m de altura. También se colocaron sensores para medir la temperatura de la superficie del suelo y a 0.1 m de profundidad en las líneas de cultivo sobre el suelo enarenado y con acolchados plásticos amarillo y plateado.

Puesto que es conocido que la utilización de estos plásticos cromáticos puede influir, además de la temperatura del suelo, sobre la presencia de insectos, tanto perjudiciales como beneficiosos, se realizaron de forma adicional conteos de insectos en trampas cromotrópicas amarillas y azules colocadas sobre los diferentes tratamientos.

A partir de las medidas realizadas en el presente trabajo se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- El aumento de la superficie de ventilación lateral en el sector Este del 7.2% al 12.9% de la superficie de suelo cubierto en el invernadero experimental produjo una reducción estadísticamente significativa de las temperaturas medias (0.2 °C) y máximas (1.4°C) del aire medidas 2 m de altura y de los valores medios a 0.1 m (0.9°C) durante los meses de abril y mayo en los que subió la temperatura exterior.

- El empleo de los acolchados plásticos amarillo y negro produjo un aumento estadísticamente significativo de la temperatura de la superficie del suelo y a 0.1 m de profundidad.
- El uso de acolchados plásticos cromáticos no presentó efectos estadísticamente significativos sobre el número de insectos (trips, *eretmocerus*, *nesidiocoris* y mosquilla negra) atrapados en trampas cromotrópicas azules y amarillas.
- El empleo de los acolchados plásticos amarillo y plateado no se mostró como una alternativa viable agronómicamente (por su efecto en la temperatura del suelo y sobre los insectos) para reducir la temperatura dentro del invernadero tipo Almería estudiado, y para las condiciones climáticas en las que se ha realizado el ensayo (una campaña 2017/18 particularmente fría).

7. Bibliografía

Adlerz, W., & Everett, P. (1968). Aluminum foil and white polyethylene mulches to repel aphids and control watermelon mosaic. *61: 1276-1279.*

Arnó, J., Roig, J., & Gabarra, R. (1999). *La conservación de depredadores en el cultivo biológico de plagas.* Almería: VII Jornada Científica de la SEEA.

ASAE. (1984). *Heating, ventilating and cooling greenhouses.* ASAE Standards. American Society of Agricultural Engineers.

Badrinas, P. (1994). *Resistencia de las enfermedades a los productos fungicidas* (Vols. 62: 3-6). Phytoma-España.

Baeza, E., Montero, J., Pérez, J., Bailey, B., López, J., & Gázquez, J. (2014). *Avances en el estudio de la ventilación natural.* Almería: Cajamar Caja Rural.

Bagliolini, M. (1977). *L' utilisation du seuil de tolérance dans la lutte antiparasitaire en arboriculture* (Vols. 9(3): 195-204). Rev. suisse Vitic. Arboric. Hortic. .

Baille, A., López, J., Bonachela, S., Gonzáles-Real, M., & Montero, J. (2006). Night balance in a heated low-cost plastic greenhouse. *137: 107-118.*

Baille, A., Stanhill, G., & Enoch, H. (1999). *Energy Cycle in Greenhouse Ecosystems* (Vols. 266-285). Amsterdam: Elsevier.

Baptista, F., Bailey, B., & Meneses, J. (2012). Effect of nocturnal ventilation on the occurrence of *Botrytis cinerea* in Mediterranean unheated tomato greenhouses. *Crop protection* , 32: 144-149.

Baudoin, W., Grafiadellis, M., Jimenez, R., La Malfa, G., Martinez-Garcia, P., Monteiro, A., y otros. (2002). *El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo*. Roma: FAO Dirección de Producción y Protección Vegetal.

Belles, X. (2003). *Nuevas estrategias de menor impacto ambiental*. Seminario UIMP. Plaguicidas y seguridad alimentaria en frutas y hortalizas.

Beltrán, F., Parra, A., Roldán, A., & Villa, E. (2010). *Pasado, presente y futuro del control de plagas en la provincia de Almería*. Almería: CEA 01: 27-43.

Berninger, E. (1989). *Cultures florales de serre en zone mediterraneenne francaise: Elements climatiques et physiologiques*. Paris: INRA, PHM-Revue Horticole.

Bonachela, S., Granados, M., López, J., Hernández, J., Magán, J., Baeza, E., y otros. (2012). How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse. *152*: 75-52.

Both, A., Benjamin, L., Holroyd, G., Incoll, L., Lefsrud, M., & Pitkin, G. (2015). Guidelines for measuring and reporting environmental parameters for experiments in greenhouses. *Plant Methods* , 11 (43): 18 .

Caballero, P., & Ferré, J. (2000). *Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de Bacillus thuringiensis en el control integrado de plagas* (Vol. 320 pp). Phytoma-España.

Caballero, P., De Miguel, M., & Fernandez, M. (2001). La tecnología en los invernaderos. *239*: 604-613.

Caballero, P., López-Ferber, M., & Williams, T. (2001). *Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control Biológico de plagas* (Vol. 520 pp). Phytoma-España.

Carrero, J. (1996). *Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales*. Mundi-Prensa.

Carvalho, F. (2006). *Agriculture, pesticides, food security and food safety. Environmental* (Vols. 9: 685-692). Science & Policy.

Castilla, N. (2007). *Invernaderos de plástico: tecnología y manejo (2a. ed.)*. Mundi-Prensa.

Castilla, N., Hernandez, J., Quesada, F., Morales, M., Guillen, A., Escobar, I., y otros. (1999). *Alternative asymetrycal greenhouses for the Mediterranean area of Spain* (Vols. 491:83-86). Acta Horticulturae.

Coll, J. (1997). *Miméticos y antagonistas de hormonas de insectos en insecticidas de origen natural* (Vols. 47-66). Serie congresos nº 10 (consejería de medio ambiente agricultura y aguas).

Coscolla, R. (2004). *Introducción a la protección integrada*. Phytoma.

Csizinszky, A., Schuster, D., & Kring, J. (1995). Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *120: 778-784*.

Day, W., & Bailey, b. (1999). *Physical principles of microclimate modification*». In: *Greenhouse* (Vols. 71-96). Amsterdam: Elsevier.

Decoin, M., Whipss, J., Nicot, R., Gullino, M., & Spadaro, D. (2002). *Micro-organismes contre agents Pathogènes* (Vols. 549: 32-36). Phytoma.

Descoins, C. (2002). *Produits naturels en proteccion des cultures* (Vols. 549: 20-23). Pythoma.

Ehlers, R. (2002). *Nematodos entomopatógenos para el control de insectos* (Vols. 144: 77-81). Phytoma.

Enoch, H. (1986). *Climate and protected cultivation* (Vols. 176:11-20). Acta Horticulturae.

Escrache, B., & Ferre, J. (2002). *Presente y futuro de Bacillus turisgensis en el control de plagas* (Vols. 144: 28-30). Phytoma-España.

Fernández, R., Trapero, A., & Domínguez, J. (2010). Experimentación en agricultura. *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca*.

García, M. (2011). *La adopción de tecnología en los invernaderos de Almería*. Almería: Univeridad de Almería.

García-Martínez, M., Caballero, P., & Fernandez, M. (2008). *Price trends in greenhouse tomato and pepper and choice of adoptable technology* (Vols. 6(3): 320-332). Valencia: Spanish Journal of Agricultural Research.

García-Sanz, J. (1865). *Guía práctica de labradores y hortelanos*. Madrid (España): Villaverde.

Garnaud, J. (1987). *A survey of the development of plasticulture: Questions to be answered* (Vols. 74:5-14). Plasticulture.

Gilbert, J. (1956). *Soil mulches of local materials* (Vols. 4:4-5). Hawaii Farm Science.

Gomez, D. (2003). *La horticultura en Almería: Bases para la ordenación de un plan de Ordenación del territorio y gestión ambiental*. Almería: Cajamar.

Greenought, D., Black, L., & Bond, W. (1990). Aluminum-surfaced mulch: an approach to the control of tomato spotted wilt virus in solanaceous. *74: 805-808*.

Ham, J., & Kluitenberg, G. (1994). Modeling the effect of mulch optical properties and mulch-soil contact resistance on soil heating under plastic mulch culture. *Agric. For. Meteorol.*

Ham, J., Kluitenberg, G., & Lamont, W. (1993). Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *118: 188-193*.

Hanan, J. (1998). *Greenhouses: Advanced technology for protected cultivation*. Boca Raton (Florida): Ed. CRC Press.

Hanan, J. (1998). *Greenhouses: Advanced technology for protected cultivation*. Ed. CRC Press.

Ibáñez, J. (2014). *Bases y fundamentos agronómicos*. Madrid: Editorial Síntesis.

Isenberg, F., & Odland, M. (1950). *Comparative effects of various organic mulches and clean cultivation on yields of certain vegetable crops* (Vol. 35). Agricultural Experiment Station.

Jensen, M., & Malter, A. (1995). *Protected horticulture: A global review*. Washington: Ed. World Bank.

Jimenez, R. (2002). *Utilización de microorganismos antagonistas para el control de enfermedades de plantas: factores que influyen en la eficacia del biocontrol* (Vols. 144: 82-85). Phytoma-España.

Kayum, M., Asaduzzarman, M., & Haque, M. (2008). *Effects of indigenous mulches on growth and yield of tomato*. (Vols. 6: 1-6). Journal of Agriculture & Rural Development.

Kedar, Y. (1957). *Ancient agriculture at Shivtah in the Negev* (Vols. 7: 178-189). Israel Exploration Journal.

Knipling, E. (1955). *Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males* (Vols. 48: 459-462). J. Econ. Ent.

Kring, J. (1972). Flight behavior of aphids. 17: 461-492.

Kring, J., Schuster, D., Price, J., & Cszizszky, A. (1990). Mulches, crop destruction and trap crops. In Sweetpotato Whitefly Mediated Vegetable Disorders in Florida. pp 57-59.

Lamont, W. (1993). Plastic mulches for the production of vegetable crops. 3(1): 35-39.

Lara, L., Cano, M., Salvador, E., & Téllez, M. (2012). Evaluación de la eficacia de *Amblyseius andersoni* (Chant) en el control biológico de *Aculops lycopersici* (Masse) en cultivo de tomate de invernadero. *Bol. San. Veg. Plagas*, 38: 203-211, .

Laterrot, H. (2002). *Lutte génétique contre les pathogènes des légumes en cultures abritées* (Vols. 522: 29-31). Phytoma.

Lightfoot, D. (1994). *Morphology and ecology of lithic-mulch agriculture* (Vols. 172-185). Geographical Review.

Lima, E., Carvalho, J., Viol, M., Rezende, F., Thebaldi, M., & Diotto, A. (2017). *Economic analysis of irrigated melon cultivated in greenhouse with and without soil plastic mulching* (Vols. 7: 471-475). Campina Grande.

Lipa, J. (2002). *Características y potencial bioinsecticida de los protozoos entomopatógenos* (Vols. 144: 20-23). Phytoma-España.

Lorenzo, P., Sanchez-Guerrero, M., Medrano, E., Escobar, I., & Garcia, M. (1997). *Evaluación de la incorporación de sistemas de calefacción en la horticultura intensiva bajo cubierta de plástico en el sur mediterráneo* (Vols. 17:371-378). Actas de Horticultura.

March, J. (2014). *Agricultura y plaguicidas un análisis global*. FADA.

Martínez, M., & Garre, M. (2017). *Almería potencial mundial en exportaciones de frutas y hortalizas* (Vols. 153: 6-8). Almería: Coexphal.

Matthews, R. (1991). *Plant Virology*. San Diego: Academic Press, Inc.

Melgarejo, P., De Cal, A., Larena, I., Guijarro, B., Sabuquillo, P., & Liñán, M. (2002). *Control biológico de enfermedades vegetales con hongos antagonistas* (Vols. 144:121-123). Phytoma-España.

Molina, J. (2005). *La economía de la provincia de Almería*. Almería: Caja Rural intermediterránea. Cajamar.

Molina, J., & Camacho, F. (2001). El papel de la agricultura intensiva en la economía de Almería. En CamachoF., *Técnicas de producción en cultivos protegidos* (Vol. Tema 1). Almería: Caja rural intermediterránea, Cajamar.

Montero, J., Anton, A., Hernandez, J., & Castilla, N. (2001). *Direct and diffuse light transmission of insect proof screens and plastic films for cladding greenhouses* (Vols. 559: 203-209). Acta Horticulturae.

Nelson, P. (1985). *Greenhouse operation and management*. New Jersey. USA: Prentice Hall.

Ngouajio, N., & Ernest, J. (2004). *Light transmission through colored polyethylene mulches affected weed population*. (Vols. 39:1302-1304). HortScience.

Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martínez-García, P., Monteiro, A., y otros. (1988). *Cultures protegees en climat mediterraneen*. FAO.

Papadakis, G., Briassoulis, D., Mugnozza, G., Vox, G., Feuilloley, P., & Stoffers, J. (2000). *Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials* (Vols. 77 (1):7-38). Journal Agricultural Engineering.

Pardo, M. (2010). *Significado de la implantación del control biológico para la comercialización en la producción* (Vols. CEA 01: 103-110). Fundación Cajamar.

Pérez, J., Gázquez, J., López, J., Baeza, E., Meca, D., & Pérez, C. (2010). *Tecnologías de invernadero y control biológico. Técnicas de cultivo que afectan a la viabilidad del control biológico en los invernaderos de Almería* (Vols. CEA 01: 07-21). Fundación Cajamar. .

Pérez-Parra, J., Baeza, E., Montero, J., & Bailey, B. (2004). Natural ventilation of parral greenhouse. *87: 89-100*.

Pimentel, D., & Levitan, L. (1985). *Pesticides: amount applied and amounts reaching pest* (Vol. 36 No. 2). BioScience.

Politiv. (2018). AgriculturalProducts. Mulch Film. ProductsTable. A.A. *Politiv (1999) Ltd., Einat (Israel)*, <http://www.politiv.com/htmls/article.aspx?c0=12583&bsp=12517&bss333=12517> (Último acceso el 21/6/2018).

Politiv. (2017). Technical product information. Product E1112 & E1114. A.A. *Politiv (1999) Ltd., Einat (Israel)*, 2 pp.

Quesada-Moraga, E. (2002). *Los hongos entomopatógenos en el control de plagas de insectos* (Vols. 144: 41-48). Phytoma-España.

Rigg, T., & Bruce, J. (1923). *The Maori gravel soil of Waimea West* (Vols. 32: 85-93). Journal of The Polynesian Society.

Riley, D.G., & Pappu, H.R., 2004. Tactics for management of thrips (Thysanoptera: *Thripidae*) and tomato spotted wilt virus in tomato. *Journal of Economic Entomology*, 97 (5): 1648–1658.

Rowe-Dutton, P. (1957). *The mulching of vegetables*. Commonwealth Bureau of Horticulture.

Sanchez, J. (2009). Density thresholds for *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) in tomato crops. *Biological Control* , 51: 493-498.

Schalk, J., & Robbins, L. (1987). Reflective mulches influence plant survival, production and insect control in fall tomatoes. *22*: 30-32.

Schalk, J., Creighton, C., Fery, R., Sitterly, W., Davis, B., McFadden, T., y otros. (1979). Reflective film mulches influences 'insect control and yield 'in vegetables . *104*: 759-762.

Scott, S., McLeod, P., Montgomery, F., & Handler, C. (1989). Influence of reflective mulch on incidence of thrips (Thysanoptera:Thripidae: Phlaeothripidae) in staked tomatoes. *24*: 422-427.

Seeman, U. (1974). *Climate underglass* (Vol. Note no. 131). Geneve: World Meteorological Organization.

Shogren, R. (2001). *Biodegradable mulches from renewable resources* (Vols. 16: 33-47). Journal of Sustainable Agriculture.

Sirjacobs, M. (1988). *Agro-climatological criteria for selecting the most appropriate areas for protected cultivation in Egypt* (Vols. 5-14.). FAO.

Stanly, P., Calvo, F., & Urbaneja, A. (2005). Augmentative biological control of *Bemisia tabaci* biotype "Q" in Spanish greenhouse pepper production using *Eretmocerus* spp. *Crop Protection* , 24: 829-835.

Stapleton, J. (2000). Soil solarization in various agricultural production systems. *19*: 837-841.

Streck, N., Schneider, F., & Buriol, G. (1996). Soil heating by solarization inside plastic greenhouse in Santa Maria, Rio Grande du Brazil. *82*: 73-82.

Suwwan, M., Akkawi, M., Al-Musa, A., & Mansour, A. (1988). Tomato performance and incidence of tomato yellow leaf curl (TYLC) virus as affected by type of mulch. 37: 39-45.

Teruel, M. (2011). *El sector del control biológico en España*. Almería: Fundación cajamar.

Tognoni, F., & Serra, G. (1989). *The greenhouse in horticulture: The contribution of biological* (Vols. 245:46-52). Acta Horticulturae.

UAL-ANECOOP. (2018). Memoria de actividades 2016/2017. Fundación Finca Experimental. Universidad de Almería-ANECOOP. Centro de Innovación y Tecnología. . AC0105CIT. Almería, 56 pp. cms.ual.es/idc/groups/public/@serv/@otri/documents/documento/documento409memoriafinca2016-2017.pdf (Último acceso el 21/6/2018) .

Valera, D., Belmonte, L., Molina, F., & López, A. (2014). *Los invernaderos de Almería: análisis de sus tecnología y rentabilidad*. Almería: Cajamar Caja Rural.

Van Es, H., Gomes, C., Sellman, M., & Van Es, C. (2007). Spatially-Balanced Complete Block designs for field experiments. *Geoderma (Sciencedirect)* , 140 : 346-352.

Van-Driesche, R., & Bellows, T. (1996). *Biological control* (Vol. 359 p.p.). Chapman & Hall.

Von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistrionis, A., Zabeltitz Von, C., Gratraud, J., y otros. (2000). Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries: Part II, Typical Design. *J. Agric. Engng Res* , 75: 111-126.

Williams, T. (2002). *Diseño y aplicación de bioinsecticidas basados en baculovirus* (Vols. 144: 24-27). Phytoma-España.

Willis, G., & Mcdowell, L. (1987). *Pesticide persistence on foliage* (Vols. 100: 21-73). Rev. Env. Con. Tox.

Wittwer, S., & Castilla, N. (1995). *Protected cultivation of horticultural crops* (Vols. 5 (1):6-23). Horttechnology.

Wolfenbarger, D., & Moore, W. (1968). Insect abundance on tomatoes and squash mulched with aluminum and plastic sheetings. *61*: 34-36.

Zhang, W., Jiang, F., & Ou, J. (2011). *Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental* (Vols. 1: 125-144). Sciences .

Zitter, T., & Simons, J. (1980). Management of viruses by alteration of vector efficiency and by cultural practices. *18*: 289-310.

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la viabilidad técnica de dos medidas de control climático encaminadas a reducir la temperatura del aire del invernadero en periodos cálidos: el aumento de la superficie de ventilación lateral y el uso de acolchados cromáticos que reflejen la radiación solar. El trabajo se ha desarrollado a lo largo de un cultivo de tomate de ciclo largo (del 11/09/2017 al 30/5/2017) en un invernadero del Campo de Prácticas de la Universidad de Almería (Centro de Innovación y Tecnología "Fundación UAL-ANECOOP") de tipo Almería en «raspa y amagado». El invernadero experimental se dividió en dos sectores similares mediante una lámina plástica colocada perpendicularmente a las cunbreras situadas según un eje Este-Oeste. En el invernadero se instalaron láminas de acolchado plástico amarillo/negro y plateado/negro para comparar su efecto con el del suelo simplemente enarenado. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 repeticiones (U8ON, U8OS, U8EN y U8ES) por cada uno de los 3 tratamientos (arenado, acolchados amarillo y plateado). El aumento de la superficie de ventilación lateral en el sector Este del 7.2% al 12.9% de la superficie de suelo cubierto en el invernadero produjo una reducción estadísticamente significativa de las temperaturas medias (0.2 °C) y máximas (1.4°C) del aire medidas 2 m de altura y de los valores medios a 0.1 m (0.9°C) durante los meses de abril y mayo en los que subió la temperatura exterior .

Los acolchados cromáticos, sin embargo, no se han mostrado efectivos ni en el descenso de la temperatura del suelo, cuyo valor medio por lo general fue inferior en el suelo enarenado, ni en la repulsión de insectos (trips, eretmocerus, nesidiocoris y mosquilla negra). Como consecuencia no parece viable su uso dentro de invernaderos para producción hortícola en los periodos cálidos.

This work evaluate the technical viability of two climate control measures to reduce air temperature inside greenhouses in warm periods: increasing the surface of the side vents and the use of coloured plastic mulches reflecting solar radiation.

The work has been developed over a long growing cycle of tomato crop (11/09/2017 at 30/05/2017) in a «raspa y amagado» Almería type greenhouse in the Experimental Farm of the University of Almería (Centre for Innovation and Technology "UAL – ANECOOP Foundation"). The experimental greenhouse was divided into two similar sectors with a plastic sheet placed normal to the ridges located along an East-West axis. Each sector was further divided into two equal parts to the South and North of the central corridor. From March 12, 2017 an additional side vent was opened on the three sides of the sector East (U8E), increasing the total area of ventilation of 9.6% (installed in the West sector, U8W) at 15.3%. Yellow/black and silver/black plastic mulches were used inside the greenhouse to compare their effect with the sand-gravel mulched soil (enarenado). An experimental design of completely randomized blocks was used with 4 replications (U8WN, U8WS, U8EN and U8ES) for each of the 3 treatment (enarenado and yellow and silver mulches). The increase in the area of side vents on the East sector from 7.2% to 12.9% of the soil surface in the greenhouse produced a statistically significant reduction in temperatures. These reductions were observed for the average (0.2 °C) and maximum (1.4 °C) air temperatures, measured at 2 m height, and for the average temperature at 0.1 m (0.9 °C), during the months of April and May which went up the outside temperature. However, the coloured mulches not have been effective nor in the decrease in the soil temperature, whose average value was generally lower on the sand mulched soil (enarenado), nor on the repulsion of insects (trips, eretmocerus, nesidiocoris and black fly). As a result does not seem viable, use it inside greenhouses for vegetable production in the warm periods.

