

Quiero expresar mi agradecimiento a Diego, Patricia y Natalio, por su ayuda para realizar este trabajo.

A mi hermana Soraya y a mi amigo Javier que colaboraron en el proceso de toma de datos y en especial a mi compañera M^a Ángeles, que me acompañó casi todo el tiempo.

Dedicado a mi madre que siempre me ha animado.

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Escuela Politécnica Superior



INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA
ESPECIALIDAD HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERÍA

“VALORACIÓN DE LA CALIDAD Y PRODUCCIÓN SEGÚN EL TIPO
DE MALLAS EN UN CULTIVO DE *Cucurbita pepo* L. cv. Canella”

Alumno:

Elsa Castillo Pérez

Director:

Diego Luis Valera Martínez

Almería, Octubre 2011

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
1. INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS.....	16
2. ANTECEDENTES	17
2.1. GENERALIDADES	18
2.2. EVOLUCIÓN DE LAS MALLAS ANTI-INSECTOS.....	26
2.3. FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO	28
2.3.1. Temperatura	28
2.3.2. Humedad del aire.....	29
2.3.3. Radiación solar.....	29
2.3.4. Anhídrido carbónico.....	30
2.4. INFLUENCIA DE LAS MALLAS EN LA VENTILACIÓN.....	31
2.5. EL CULTIVO DEL CALABACÍN.....	33
2.5.1. Taxonomía	33
2.5.2. Origen.....	34
2.5.3. Morfología	34
2.5.3.1. Planta.....	34
2.5.3.2. Raíz	35
2.5.3.3. Tallo	35

2.5.3.3. Hojas	36
2.5.3.4. Flores	37
2.5.3.5. Fruto	38
2.5.4. Requerimientos edafoclimáticos	39
2.5.4.1. Temperatura	39
2.5.4.2. Humedad	40
2.5.4.3. Luminosidad.....	40
2.5.4.4. Suelo	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO	42
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERNADEROS.....	43
3.2.1. Orientación	43
3.2.2. Estructura	44
3.2.3. Ventilación.....	47
3.2.4. Suelo.....	49
3.3. SISTEMA DE RIEGO.....	51
3.3.1. Balsas.....	51
3.3.2. Cabezal de riego.....	52
3.3.2.1. Sistema de impulsión.	52
3.3.2.2. Sistema de fertirrigación.	52
3.3.2.3. Sistema de filtrado.	53
3.3.3. Red de distribución	53
3.4. MATERIAL VEGETAL	54
3.5. TÉCNICAS DE CULTIVO	55
3.5.1. Ciclo de cultivo.....	55
3.5.2. Siembra	56

3.5.3. Marco de plantación	56
3.5.4. Tutorado	57
3.5.5. Deshojado.....	58
3.5.6. Riego.....	58
3.5.6.1. Plan de riego	59
3.5.6.2. Análisis de agua.....	60
3.5.7. Fertirrigación	60
3.5.8. Cuajado del fruto	61
3.5.9. Introducción de insectos auxiliares.....	62
3.5.10. Tratamientos fitosanitarios	64
3.5.11. Fisiopatías.....	71
3.6. MALLAS ANTI-INSECTOS.....	73
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL	74
3.7.1. Caracterización del ensayo.....	74
3.7.2. Toma de datos	76
3.7.3. Parámetros sometidos a estudio	77
3.7.3.1. Producción total.....	77
3.7.3.2. Producción comercial.....	77
3.7.3.3. Componentes del rendimiento.....	78
3.7.3.4. Distribución por calibres.....	78
3.7.3.5. Crecimiento y desarrollo	79
3.7.4. Superficie de aberturas de ventilación por invernadero.....	80
3.7.5. Superficie de las parcelas elementales de experimentación	81
3.7.4. Superficie de aberturas de ventilación por invernadero.....	80
3.7.5. Superficie de las parcelas elementales de experimentación	81

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	82
4.1. EFECTO DE LAS MALLAS EN EL RENDIMIENTO, CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO.....	83
4.1.1. Rendimiento y producción	83
4.1.2. Crecimiento y desarrollo	85
4.1.3. Calidad.....	90
4.1.4. Frutos comerciales	95
5. CONCLUSIONES	97
6. BIBLIOGRAFÍA	99
7. APÉNDICES	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalle del cultivo de calabacín cv. Canella. EP.....	35
Figura 2. Detalle del tallo de la planta de calabacín cv. Canella. EP	36
Figura 3. Detalle de la hoja del calabacín cv. Canella. EP.....	37
Figura 4. Detalle de la flor de calabacín cv. Canella. EP.....	38
Figura 5. Detalle de frutos comerciales de calabacín cv. Canella. EP.	39
Figura 6. Vista aérea de la Finca Experimental, Catedrático Eduardo Fernández “Fundación UAL-ANECOOP”.	42
Figura 7. Croquis de la finca y detalle de la orientación de los invernaderos U9, U11 y U12. Localización y distribución de los invernaderos en la finca experimental “Fundación UAL-ANECOOP”	43
Figura 8. Detalle de la fachada oeste de los invernaderos tipo “multitúnel” utilizados en el ensayo.	44
Figura 9. Croquis de las dimensiones estructurales de los invernaderos	45
Figura 10. Detalle de un sensor de temperatura y humedad relativa en el interior de un invernadero (Hobo).....	46
Figura 11. Detalle de las canaletas de recogida de aguas de lluvia.	47
Figura 12. Detalle de la ventilación lateral y cenital del invernadero U9.	48
Figura 13. Detalle de la puerta de doble cierre instalada en los invernaderos.	49
Figura 14. Detalle de las balsas en las que se almacena el agua de riego.....	51
Figura 15. Detalle del cabezal de riego	53
Figura 16. Detalle del cultivo de calabacín cv. Canella (18/10/10).....	54
Figura 17. Croquis del marco de plantación realizado en el ensayo.....	56
Figura 18. Detalle del sistema de tutorado de calabacín cv. Canella. EP.	57
Figura 19. Aplicación de fitohormonas sobre cultivo de calabacín cv. Canella. EP	62
Figura 20. Detalle del envase que contenía a <i>Lysiphlebus testaceipes</i>	63
Figura 21. Detalle de hoja joven de calabacín cv. Canella afectado por mosca blanca.	65
Figura 22. Detalle de flor de calabacín cv. Canella afectado por <i>Frankliniella occidentalis</i> ...	66

Figura 23. Detalle de flor de calabacín infestado por <i>Botrytis cinerea</i>	67
Figura 24. Detalle de un cultivo de calabacín afectado por <i>E. cichoracearum</i> y <i>S. fuliginea</i> . 68	
Figura 25. Detalle de frutos de calabacín cv. Canella “chupados”.	72
Figura 26. Detalle de fruto de calabacín “anieblado”	73
Figura 27. Esquema de la distribución de las mallas anti-insectos en cada uno de los tres invernaderos del ensayo.	75
Figura 28. Detalle de la toma de datos realizada de forma directa durante el ensayo.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de los ingresos medios	8
Tabla 2. Evolución del valor de las exportaciones desde Almería por productos. En miles de euros. . (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)	13
Tabla 3. Evolución de las exportaciones desde Almería por productos. En toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.) 14	
Tabla 4. Exportaciones de calabacín de nuestros principales competidores. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)	15
Tabla 5. Características edafológicas del suelo de, los invernaderos U9, U11 y U12.	50
Tabla 6. Ciclos del cultivo del calabacín.	55
Tabla 7. Plan de riego llevado a cabo durante el ensayo en los invernaderos U9 y U1.....	59
Tabla 8. Plan de riego llevado a cabo durante el ensayo en el invernadero U12.....	60
Tabla 9. Plan de fertirrigación llevado a cabo durante el ensayo.....	61
Tabla 10. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo.	68
Tabla 10.a. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo (continuación). ...	69
Tabla 10.b. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo (continuación). ...	70
Tabla 10.c. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo (continuación). ...	71
Tabla 11. Características geométricas de las mallas ensayadas: porosidad α , luz de los poros $L_{px} \times L_{py}$, grosor de hilos $D_{hx} \times D_{hy}$, diámetro de la circunferencia inscrita D_i y área del poro S_p	73
Tabla 12. Relación de días en los que se realizó la toma de datos.	77
Tabla 13. Superficie de aberturas de ventilación de los tres invernaderos.	80
Tabla 14. Superficie de las parcelas elementales de experimentación por tratamiento y el porcentaje respecto a la superficie de cada invernadero.	81
Tabla 15. Parámetros de rendimiento de un cultivo de calabacín (Cucurbita pepo L. cv. Canella), evaluado en los tres invernaderos con mallas de protección de diferente porosidad en las aberturas de ventilación.	84
Tabla 16. Contraste de diferencias entre sectores según la prueba de rango múltiple.	87

Tabla 17. Parámetros de calidad de un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L. cv. Canella), evaluado en los tres invernaderos con mallas de protección de diferente porosidad en las aberturas de ventilación.91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución de la superficie invernada en Almería. Hectáreas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2008/2009. Fundación Cajamar.).....	4
Gráfico 2. Evolución de la producción hortofrutícola (1975-2010). En toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)..	6
Gráfico 3. Superficie, producción y el rendimiento por hectárea. Índice 1975=100. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)..	7
Gráfico 4. Rendimientos y rentabilidad de la producción hortícola en términos medios. Índice 1975=100. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)	9
Gráfico 5. Evolución de las exportaciones hortofrutícolas (1980-2010). En toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)..	9
Gráfico 6. Variaciones porcentuales en precio y cantidad.....	11
Gráfico 7. Evolución de los precios medios de las principales hortalizas. En euros. . (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)	12
Gráfico 8. Concentraciones de las importaciones y exportaciones de calabacín. En porcentaje. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)	16
Gráfica 9. Rendimiento total (kg/m ²) de un cultivo de calabacín (Cucurbita pepo L. cv. Canella), en cada uno de los sectores de los invernaderos.....	84
Gráfica 10. Comparación de NH entre los diferentes sectores de los tres invernaderos.....	85
Gráfica 11. Comparación del crecimiento del tallo entre los distintos sectores de los invernaderos.....	86
Gráfica 12. Comparación del número de inflorescencias de los diferentes sectores de los tres invernaderos.....	87
Gráfica 13. Comparación de las temperaturas medias por sectores (°C).....	88
Gráfica 14. Regresión múltiple que relaciona los parámetros Sna, NH y NI con la producción (kg).	89
Gráfica 15. Comparación del parámetro peso (kg).....	92
Gráfica 16. Comparación del parámetro calibre (mm).	93
Gráfica 17. Comparación del parámetro longitud (cm).	94

Gráfica 18. Regresión lineal múltiple que relaciona los parámetros de calidad con la producción (kg).	95
---	----

1. INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las mallas o agrotexiles como medios de protección de los cultivos tienen una amplia gama de usos y aplicaciones en la agricultura moderna entre las mas importantes se pueden mencionar las mallas de protección; contraviento, antigranizo, sombreado, anti-pájaros y anti-insectos que son las de mayor uso y mas comunes en el ámbito de la agricultura tanto protegida bajo invernaderos como al aire libre.

El objeto principal de estudio en el presente trabajo de investigación estará enfocado solamente a las mallas o agrotexiles usados como barreras al paso de insectos en las aberturas de ventilación de invernaderos mediterráneos.

En la actualidad existen en el mercado una amplia variedad de mallas de protección anti-insectos para las aberturas de ventilación en invernaderos mediterráneo, que por sus características tiene una importante trascendencia desde el punto de vista económico y ambiental al permitir la circulación del aire e impidiendo el paso de insectos plaga, al interior del invernadero, que provocan cuantiosos daños directos, cuyas pérdidas económicas ocasionadas por enfermedades criptogámicas, transmitida por insectos son muy importantes, lo que está demandando un mayor interés de los fabricantes de éstos agrotexiles y de los agricultores.

La fabricación de estos agrotexiles no está sujeta a ninguna normalización, por lo que las propiedades de diseño como; uniformidad en los tamaños de los poros, resistencia, números hilos por centímetro cuadrado, características físico - químicas del material, son todas definidas por el fabricante.

Las materias primas más utilizadas en la fabricación de los hilos para la confección de las mallas, son principalmente, las poliolefinas (Polietileno de alta densidad (HDPE)), y son utilizadas en un 85% del total de las fibras empleadas en agrotexiles; se emplean también, en menor porcentaje, el poliéster y la poliamida en un 3% y 7% respectivamente, los diámetros de los hilos o monofilamento oscila entre 0.1 a 0.3 mm. Y la tecnología de fabricación o confección del agrotexil son la de los tejidos de calada y de punto por urdimbre, ambos tipos de tejido confieren al agrotexil una elevada resistencia a la tensión, elasticidad y múltiple funcionalidad. (Fernández *et al.*, 2006).

A medida que disminuye el tamaño de los poros de los tejidos (densidad = número de hilos por cm^{-2}) de las mallas se consigue mayor protección frente a la entrada de insectos, pero la tasa de renovación de aire del invernadero se reduce, con lo que se presentan problemas de ventilación.

La ventilación natural en los invernaderos mediterráneos, es una de las mejores y más económicas herramientas de control del clima en esta región y en cualquier lugar en donde se instalen sistemas productivos de agricultura protegida, al intervenir en los procesos de intercambio de aire entre el interior y exterior del invernadero, para reponer los niveles de CO₂, y disminuir las altas temperaturas y humedades en su interior. Su decremento generará problemas de enfermedades y disminución en el rendimiento y calidad de los cultivos.

La utilización de mallas densas presenta un obstáculo para el agricultor, se trata de las enfermedades derivadas de la excesiva humedad, ya que la renovación del aire es limitada. Un dato importante es que la superficie de ventilación puede llegar a verse reducida en hasta un 60% con las mallas más densas, con lo cual su funcionalidad para la adecuada renovación de aire puede necesitar umbrales de viento exterior superiores.

Otro inconveniente en zonas áridas o semiáridas reside en la acumulación de polvo en la superficie de estas mallas, cuya presencia puede restar aún más capacidad para renovar el aire, por lo que es necesario realizar un mantenimiento a estas aperturas, inyectando agua desde el interior del invernadero hacia el exterior, para limpiarlas sin ensuciar el cultivo (Díaz Pérez *et al.* 2003).

La innovación en la agricultura es hoy en día, más que un hecho, una necesidad. La competitividad de las explotaciones hortícolas puede mejorarse mediante la selección de nuevos materiales, especies y/o variedades o nuevos sistemas y formas de producir.

La tendencia actual de los mercados es la de consumir frutas y hortalizas de calidad durante los doce meses del año. Esto supone para el agricultor la necesidad de ofrecer claridad cultivando en épocas veraniegas. Estas exigencias implican la necesidad de mejorar las instalaciones del invernadero mediante un control de clima que permita satisfacer durante todo el año los requerimientos fisiológicos de las especies dadas (González-Real y Baile, 2000).

El cultivo protegido es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control del medio edafoclimático, alterando sus condiciones en lo que se refiere al suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica (Castilla, 1994).

Ya en la década de los sesenta se cultivaba el calabacín en los enarenados al aire libre en la provincia de Almería, aunque su presencia era casi testimonial con respecto a otros cultivos. La producción era bastante estable (80-100 ha), sufriendo muy pocas variaciones en el periodo que va desde el año 1967 al 1976. A partir de 1977

experimentó un progresivo aumento hasta el año 1986, pasando a cultivarse de 500 ha en 1977 a casi 1000 ha en 1986; consecuencia, principalmente, de la intensificación de este cultivo en invernadero. Fue en 1987 cuando casi se duplica la producción de este cultivo con respecto al anterior, alcanzándose una superficie de cultivo de 1800 ha. Ello fue debido a los altos rendimientos obtenidos ($65000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de media), así como los excelentes precios alcanzados (Delgado, 1999).

La agricultura almeriense es un referente en España y en el resto del mundo. Este sistema de cultivo ha dado lugar a la concentración más grande de invernaderos del planeta. La superficie invernada en la provincia continúa estabilizada en unas 26.500 hectáreas. Al igual que en la campaña 2007/08, son escasas las fincas en baldío que se han puesto en producción, siendo más frecuente la adaptación y mejora de elementos productivos de fincas ya en explotación bajo abrigo. La producción agrícola bajo invernadero en Almería se caracteriza por el empleo de estructuras sencillas y de bajo coste con un limitado control climático.

No obstante, el calabacín presenta una tendencia positiva desde hace cuatro campañas, que se ha materializado en ésta con un 7,63% más de superficie que en la anterior. Esto se debe a que su puesta en producción conlleva un bajo coste y además, tiene una rápida entrada en producción. Por otra parte, parece que el aumento de producto no ha alcanzado su saturación en el mercado, ya que está presentando un buen comportamiento en términos de ingresos.

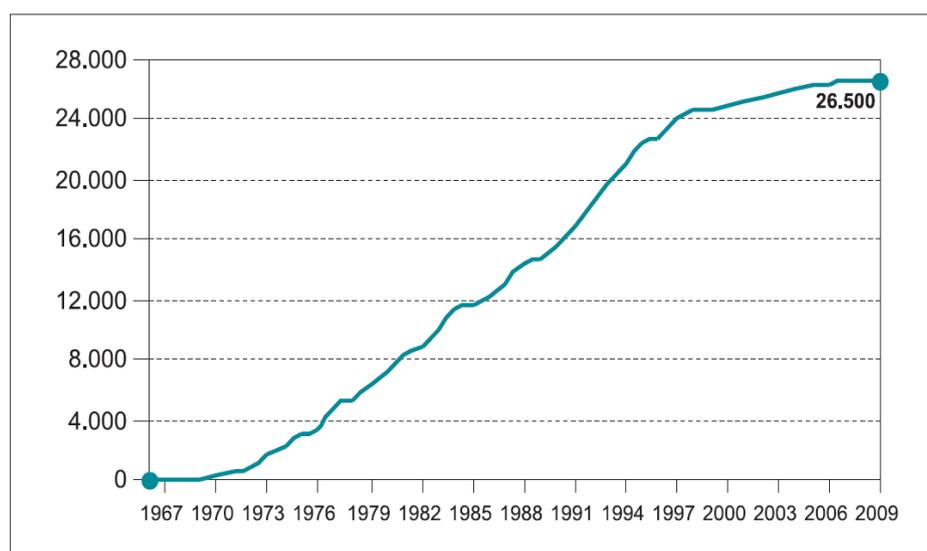


Gráfico 1. Evolución de la superficie invernada en Almería. Hectáreas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2008/2009. Fundación Cajamar.)

Tradicionalmente, en el campo almeriense se ha distinguido, dentro de una misma campaña, entre la de otoño y la de primavera. En el caso de la 2009/10, el desarrollo de la primera parte resultó especialmente complejo, como consecuencia de las inclemencias meteorológicas, las pérdidas de producto y las bajas cotizaciones. La situación cambió a partir de marzo, cuando el tiempo se estabilizó y los precios comenzaron a remontar de forma decidida. Huelga decir que, con estos condicionantes externos, los resultados económicos de cada explotación están subordinados, hasta cierto punto, a la pericia y la fortuna de cada agricultor a la hora de decidir la planificación de sus cultivos a lo largo de los meses de campaña. No obstante, en términos globales, el balance de la campaña 2009/10 no difiere demasiado de los parámetros habituales en los últimos años. En cualquier caso, el primer tramo terminó inclinando algunos registros a tasas negativas, como fue el caso de la producción total, que finalmente se redujo en un 3,47%, alcanzando las 2.788.222 toneladas. Del análisis de las series históricas de producción por especies se aprecian algunas tendencias que comienzan a ser preocupantes. Al declive acentuado de la judía verde, que en esta campaña sumó un nuevo retroceso (-20,3%), hay que sumar el camino que ha emprendido el melón. Este último producto acumula ya 6 campañas en lento retroceso, acelerándose en esta 2009/10 hasta un -14,27%. Como ya se ha comentado, estos datos podrían ser la consecuencia directa de nuestra pérdida de competitividad en estas producciones. Por su parte, la berenjena y el pepino marcan los mayores avances de producción, presentando ambos sus máximos históricos en la presente campaña. El tomate se ha visto muy perjudicado en la primera parte de la campaña por las condiciones climatológicas habidas –lo que ha mermado su producción–, y en la segunda, por la incertidumbre respecto a la incidencia de la *Tuta absoluta*, que ha reducido la superficie cultivada.

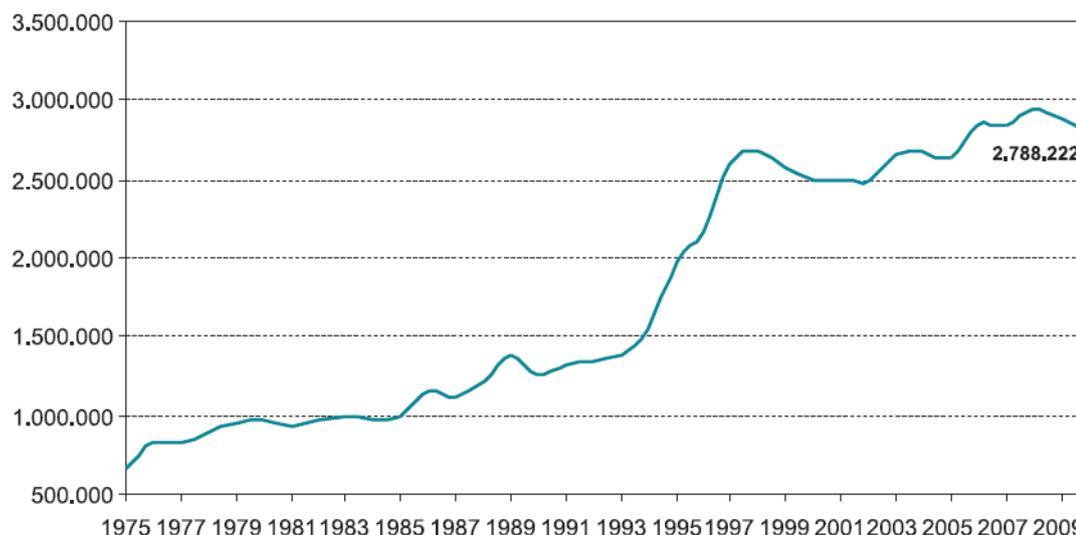


Gráfico 2. Evolución de la producción hortofrutícola (1975-2010). En toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Observando ahora la evolución de los ingresos, podemos comprobar cómo la reducción de los volúmenes producidos en Almería (y en muchas otras de las zonas productoras españolas) ha inducido los precios al alza, sobre todo durante la segunda mitad de la campaña. Así, el valor estimado de la producción se sitúa en 1.442,7 millones de euros, un 2,34% más que en la anterior campaña y un 2,44% más que la media de los 5 últimos años. No obstante, centrándonos en el *mix* de productos tradicionales de Almería (Tabla 1) los resultados son menos halagüeños, ya que de los 8, tan sólo la mitad conseguían aumentar sus registros de ingresos con respecto al ejercicio anterior. Ese fue el caso del calabacín (29,3%), el melón (10,0%), el pimiento (5,8%) y el tomate (1,4%). Con respecto a la media histórica 2009/10 el valor de la producción total se ha situado por encima (4,7%), pero no podemos ocultar que se están manifestando serios problemas relacionados con la madurez del sector y la creciente competencia internacional, frente a la que no estamos siendo capaces de batirnos en todos los frentes.

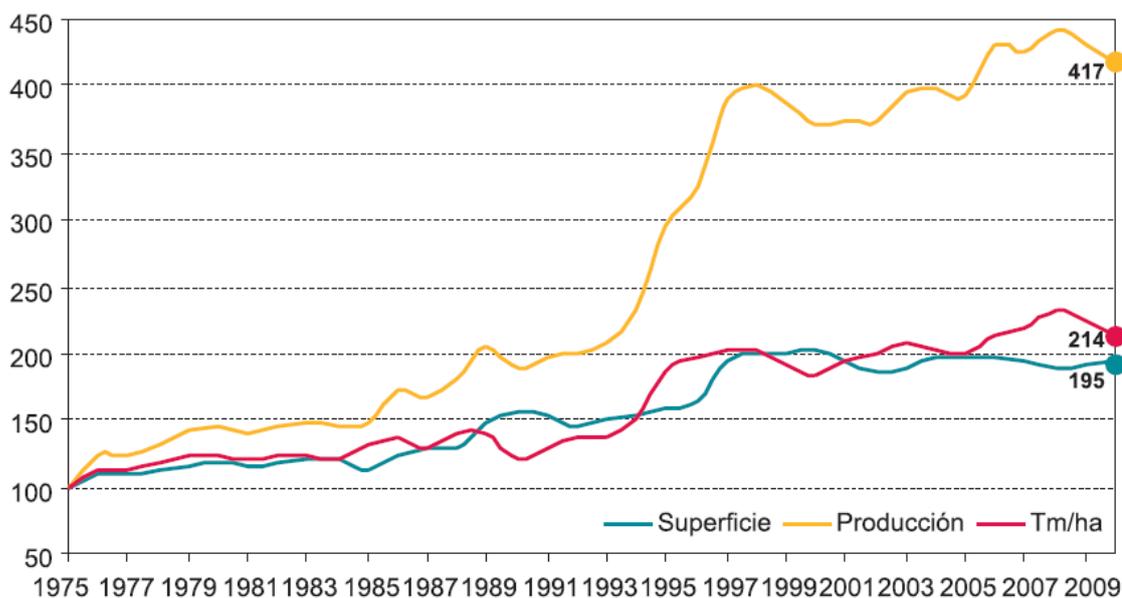


Gráfico 3. Superficie, producción y el rendimiento por hectárea. Índice 1975=100. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Afortunadamente, en la presente campaña, la situación de crisis y el comportamiento deflacionario de la economía española durante gran parte de 2009 permitió que los costes globales de explotación por hectárea se vieran reducidos en un 5,4%. Entre ellos, el descenso más intenso se produjo nuevamente en los gastos financieros y en los fitosanitarios. También destaca la reducción de los costes de control biológico, merced a lo que podríamos denominar *efecto aprendizaje* (los agricultores han aprendido a optimizar los tratamientos) y al aumento de la competencia en el sector de suministro de fauna auxiliar, lo que ha reducido los precios. No obstante, debido a la tendencia alcista de los últimos años, este ligero respiro de los costes se antoja meramente coyuntural, por lo que no se espera que continúe siendo vital para la mejora de la rentabilidad de las explotaciones el incremento de la productividad, que podría lograrse, como ya se ha comentado en otras partes de este informe, merced a la renovación y mejora de las estructuras de invernadero, así como a la introducción de nuevos manejos en los cultivos.

La demanda externa se comportó de forma favorable, registrando un nuevo máximo histórico en términos de toneladas, con 1.696.065 (+3,98%) y el 60,8% del volumen total producido. También en términos económicos el valor de las exportaciones aumentó, situándose en 1.526,5 millones de euros, un 1,4% más que en el ejercicio precedente.

	Media 2001/10			Campaña 2009/10			
	Cantidad (Tm)	Precio (Euro/kg)	Valor (Miles euros)	Cantidad (Tm)	Precio (Euro/kg)	Valor (Miles euros)	% var. valor
Berenjena	98.164	0,47	45.999	150.593	0,46	69.080	50,17
Calabacín	247.465	0,48	119.524	286.600	0,58	166.058	38,93
Judía verde	43.023	1,19	51.070	10.745	1,11	11.932	-76,64
Melón	182.091	0,43	77.817	141.964	0,39	54.987	-29,34
Pepino	319.129	0,46	146.345	382.326	0,40	152.930	4,50
Pimiento	521.667	0,68	355.542	530.626	0,69	368.373	3,61
Sandía	285.967	0,27	75.800	335.439	0,25	84.967	12,09
Tomate	828.300	0,49	407.753	772.035	0,56	432.274	6,01
Total	2.525.804	0,51	1.279.851	2.610.328	0,51	1.340.602	4,70

Tabla 1. Comparación de los ingresos medios de la campaña 2009/10 con la media del período 2001/10. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Por productos, los mayores incrementos de ingresos se produjeron en el calabacín y la lechuga, con un 28,6 y un 27,9%, respectivamente. Mientras, el tomate (principal producto exportado) lograba contabilizar 416,4 millones de euros, un 6,1% más. Por su parte, la col china redujo sus ventas al exterior un 44,4%. Otro dato llamativo es lo que ha sucedido este ejercicio con la judía verde. Aunque su producción se ha recortado un 20,3%, los ingresos por exportaciones crecieron un 7,4% después de muchas campañas. La explicación a este fenómeno habría que buscarla en la reexportación. Como ya se apuntaba en el informe de la campaña pasada el caso de la judía es paradigmático, habiéndose convertido Almería en un centro reexportador de la judía verde africana.

Por destinos, continúa siendo Alemania el principal cliente para el sector hortofrutícola almeriense, si bien nuestras ventas se vieron reducidas en dicho mercado un 4,57%. El segundo puesto ha cambiado con respecto al año anterior, siendo en esta ocasión Francia el siguiente comprador de productos almerienses y recuperando su posición histórica, aportando el 16,11% de nuestras ventas. Holanda (13,61%) y Reino Unido (11,7%) cierran el *ranking* de los 4 mayores compradores. Como es habitual, la mayor parte de nuestras ventas se realizan en el seno de la UE, concretamente el 96,9% de las mismas, con un aumento progresivo en el peso total de los países de la Europa ampliada: 7,2% en 2009/10. En esta campaña también se registró un crecimiento por encima de la media de las ventas a países terceros, habiendo conseguido más que duplicar las ventas a EEUU –de 1,8 a 3,9 millones de euros–.

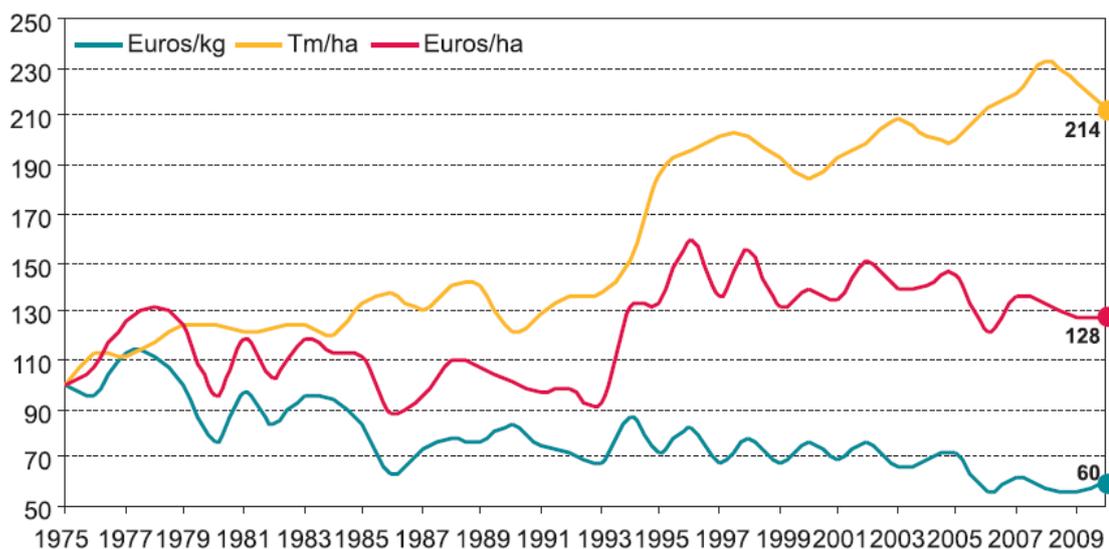


Gráfico 4. Rendimientos y rentabilidad de la producción hortícola en términos medios. Índice 1975=100. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

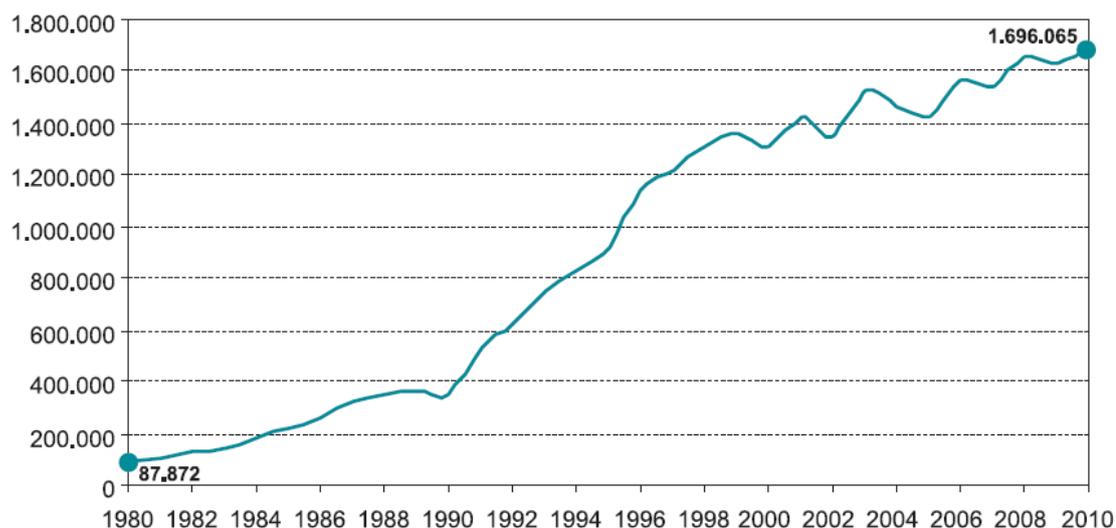


Gráfico 5. Evolución de las exportaciones hortofrutícolas (1980-2010). En toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Respecto a los competidores en el mercado europeo, este año destaca el tropiezo de Marruecos en tomate, con una pérdida del 11,8% en euros y del 20,5% en volumen. Por el contrario, en ese mismo producto Holanda (con unos costes superiores a los magrebíes y mucha reexportación) y Turquía vuelven a ganar posiciones. En los principales productos destaca la ganancia de cuota de mercado de Holanda con respecto a España en euros. Así sucede en: tomate, pimiento, berenjena, pepino y sandía. Sólo en calabacín y judía verde España le erosiona cuota. Finalmente, hemos fortalecido nuestro

liderazgo tanto en melón (gracias al estancamiento de Brasil y nuestros mejores precios), como en sandía.

La evolución de los precios de las principales especies hortícolas cultivadas en Almería durante la campaña 2009/10 se ha calculado a partir de la colaboración de empresas comercializadoras del sector. Estas empresas han proporcionado datos que representan entorno al 60% de la producción total de la provincia.

Durante esta campaña, el precio medio de las principales frutas y hortalizas cultivadas bajo plástico ha aumentado en un 5,45% con respecto al periodo anterior. Este incremento ha quedado plasmado en un aumento del valor de la producción de dicho grupo del 1,5%, y de la producción total del 2,34%.

Si se analizan cada una de estas frutas y hortalizas de forma individual, se observa que la mitad de los productos considerados han disminuido sus precios medios, debiéndose el aumento total al incremento de las cotizaciones medias de la otra mitad. Así, la hortaliza que más ha visto descender sus precios ha sido el pepino con un retroceso del 23,7%, habiendo éste disminuido en mayor proporción de lo que ha aumentado el número de toneladas producidas. Una situación similar se ha dado en sandía, ya que las cotizaciones medias se han reducido más de lo que aumentó la producción, pero dicho descenso no ha sido tan acusado como en pepino, situándose en un -7%. La berenjena también ha obtenido un menor valor por kilo de producto, pero descendiendo casi en igual proporción de lo que ha aumentado la producción. La judía verde, sin embargo, ha presentado variaciones negativas tanto en cantidades como en valor, aunque el precio ha disminuido en menor medida.

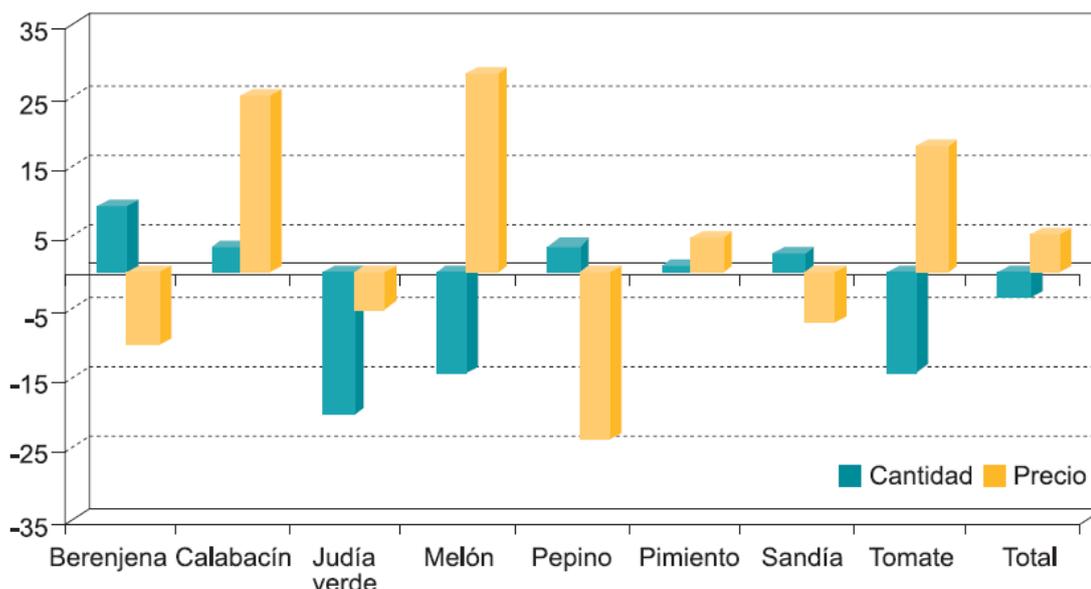


Gráfico 6. Variaciones porcentuales en precio y cantidad de los principales productos hortícolas con respecto a la campaña anterior. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Por tanto, el incremento medio de las cotizaciones se debe a los mayores precios obtenidos por el melón, el calabacín, el tomate y el pimiento. Calabacín y pimiento son las dos únicas hortalizas que han aumentado tanto las toneladas producidas, como sus cotizaciones medias. En el caso del calabacín, se trata del tercer periodo consecutivo con un incremento en el precio, que se ha materializado en un 25% esta campaña respecto a la anterior, siendo la segunda hortaliza con una mayor variación positiva. El pimiento, a pesar del descenso sufrido en el periodo precedente, ha aumentado su precio medio en un 4,8%.

La fruta cuyas cotizaciones han crecido más es el melón, con una mejora del 28,3% que se corresponde con un descenso de la producción del 14,3%. El tomate, por su parte, ha disminuido su producción en una proporción similar al melón, pero el precio medio alcanzado lo ha hecho en menor, aumentando en un 18%.

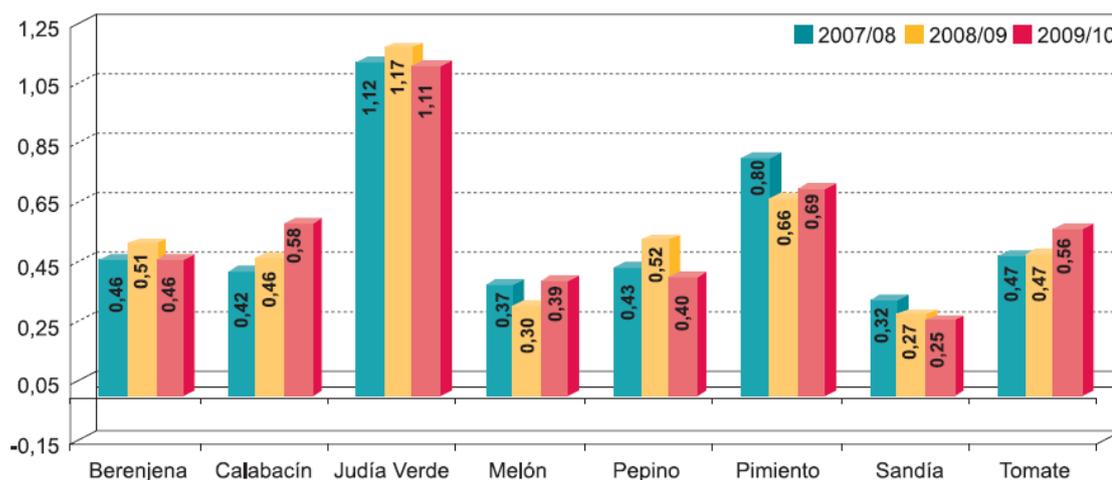


Gráfico 7. Evolución de los precios medios de las principales hortalizas. En euros. . (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Las exportaciones de frutas y hortalizas de la provincia de Almería han experimentado sendos incrementos durante la campaña 2009/10, tanto en cantidad como en valor. Las toneladas exportadas han aumentado un 2,3% respecto a la campaña anterior, mientras que el valor de las mismas lo ha hecho en un 1,4%. Esto pone de manifiesto que, aunque el crecimiento de las cantidades exportadas ha quedado reflejado en el valor total, las cotizaciones de los productos no han evolucionado con la misma intensidad. Y esto a pesar de las circunstancias económicas y la presión a la que se encuentra sometido el sector por los diferentes operadores de cara a la adquisición de productos.

Por otra parte, durante esta campaña el volumen exportado ha supuesto un 60,8% del total producido, proporción superior a la de la campaña anterior que fue de un 56,5% y que supone el nuevo máximo histórico de esta serie desde que comenzó a calcularse en 1980.

El valor de las exportaciones ha presentado en 2009/10 una tendencia similar al volumen de las mismas. La mayoría de los productos han mejorado sus cotizaciones, aunque a un ritmo inferior al aumento de las cantidades exportadas, lo que ha provocado que el valor en euros de la exportación total haya sido superior que la campaña anterior. Aún así, hay productos que han disminuido sus ventas al exterior, como la col, el pepino, el pimiento y la sandía.

En el caso de la col, han mermado en similar proporción el volumen y el valor de las ventas, aunque mejorando ligeramente las cotizaciones con respecto a la campaña 2008/09. Pepino, pimiento y sandía, sin embargo, han experimentado un descenso im-

portante de los importes recibidos por kilo, ya que aumentaron las cantidades exportadas mientras que el valor de las mismas disminuyó.

La berenjena, por su parte, ha incrementado el valor de sus ventas, pero si se tiene en cuenta el volumen emitido, se observa que las cotizaciones de este producto han sido menores. Lo contrario ha sucedido con los precios medios alcanzados por judía y tomate que, a pesar de disminuir el número de toneladas comercializadas, han aumentado el valor de las mismas en un 7,4 y un 6,1%.

Los productos que han presentado un mejor comportamiento han sido el calabacín y la lechuga que han crecido en cantidad y valor. El melón, también ha presentado una buena aceptación en el mercado un aumento de valor y cotizaciones medias, a pesar de la estabilización de los volúmenes emitidos.

Producto	2007/08	2008/09	2009/10	% var 09/10
Berenjena	73.533	73.295,33	74.660	1,9
Calabacín	131.417	139.517,18	179.389	28,6
Col china	2.729	1.964,53	1.092	-44,4
Judía verde	15.159	11.815,75	12.691	7,4
Lechuga	55.849	60.693,83	77.621	27,9
Melón	66.564	56.518,43	58.486	3,5
Pepino	208.415	234.997,62	210.535	-10,4
Pimiento	341.567	394.939,29*	354.379	-10,3
Sandía	60.725	64.024,72	62.291	-2,7
Tomate	393.955	392.630,63	416.430	6,1
Otros	66.469	75.543,38	78.964	4,5
Total	1.416.382	1.505.941	1.526.539	1,4

Tabla 2. Evolución del valor de las exportaciones desde Almería por productos. En miles de euros. .
(Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Si se analiza la evolución del volumen de las exportaciones medido en toneladas según tipos de productos, se observa que la mayoría de éstos han presentado una tendencia positiva, salvo la col china, la judía verde y el tomate. Éste último sigue siendo el producto más exportado, representando el 24,8% del total de las frutas y hortalizas. El tomate, junto con el pimiento, el pepino y el calabacín ha constituido durante la campaña 2009/10, el 72,3% del volumen total exportado.

Durante este periodo, la cantidad de tomates exportados ha disminuido un 3,5%. Esto se debe, principalmente, al descenso de producción que ha tenido lugar por las temperaturas y lluvias invernales y que ha repercutido en los envíos al exterior.

Las exportaciones de judía continúan la tendencia negativa que comenzó en la campaña 2007/08, y que se ha materializado en un descenso del 2,9% con respecto al periodo anterior. Esta circunstancia se da como consecuencia del continuo abandono de la producción de este producto y a pesar de que se reexporta volumen de otros orígenes. Los envíos de melón se han mantenido prácticamente constantes a pesar del descenso de la superficie destinada a este cultivo y a la menor producción del mismo.

Sin embargo, la berenjena ha presentado una mejora con respecto a la campaña 2008/09 del 10,7%, llegando casi a alcanzar la cantidad exportada en 2007/08. Otras hortalizas que ha aumentado sus envíos al extranjero son la sandía y el pepino, con un incremento del 7 y del 6% respectivamente, comparado con el anterior periodo. Calabacín y pimiento han experimentado un aumento en las cantidades exportadas más modesto, de en torno al 3%.

Merece la pena destacar el crecimiento del cultivo de lechuga y su exportación desde hace tres campañas, que se ha cuantificado en un 17,5%. Gran parte de éste se produjo en el periodo objeto de análisis con un 11% más de producto exportado que en 2008/09, llegándose a superar los volúmenes enviados en 2005/06.

Producto	2007/08	2008/09	2009/10	% var 09/10
Berenjena	84.047	73.460	81.314	10,7
Calabacín	182.243	182.780	188.331	3,0
Col china	3.399	2.702	1.201	-55,6
Judía verde	9.320	7.868	7.642	-2,9
Lechuga	67.473	71.202	79.313	11,4
Melón	87.204	80.423	80.900	0,6
Pepino	275.084	263.044	278.718	6,0
Pimiento	287.869	295.804	305.710	3,3
Sandía	109.610	130.109	139.262	7,0
Tomate	470.591	418.597	403.935	-3,5
Otros	56.993	65.859	61.929	-6,0
Total	1.633.833	1.591.848	1.628.255	2,3

Tabla 3. Evolución de las exportaciones desde Almería por productos. En toneladas. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

En cuanto al calabacín, España es nuevamente el principal suministrador a Europa, con 202.850 toneladas. Durante esta campaña, ha mantenido el dominio del mercado europeo desde septiembre hasta junio con cuotas superiores al 50% del volumen total importado por la Unión, y habiendo incrementado sus envíos en un

2,04%. La producción de este producto es muy dinámica y depende en gran medida de la economía y de la coyuntura de los mercados. Actualmente, en el caso español se está aumentando su cultivo por razones económicas pero parece que la demanda lo está absorbiendo bien. En los últimos años, España, Marruecos y Turquía se han comportado como los proveedores más activos.

En general, las cotizaciones de este producto en las exportaciones de los países comunitarios han aumentado con respecto a la campaña anterior, provocando un incremento en el valor de las mismas, mayor que el que ha presentado en volumen. Los países no comunitarios, sin embargo, han presentado descensos en ambos registros.

	Miles de euros			Tm		
	08/09	09/10	% var.	08/09	09/10	% var.
Alemania	7.350	8.360,89	13,76	6.991	6.703	-4,13
Bélgica	4.218	3.695,42	-12,40	4.671	4.474	-4,22
España	179.430	218.559,09	21,81	198.801	202.850	2,04
Francia	18.095	15.433,47	-14,71	15.825	12.811	-19,04
Holanda	25.310	26.282,02	3,84	19.725	19.401	-1,65
Italia	18.250	24.780,11	35,78	15.200	20.257	33,27
Otros INTRA UE-27	4.076	3.426,81	-15,94	4.313	3.728	-13,58
TOTAL INTRA UE-27	256.729	300.537,80	17,06	265.526	270.224	1,77
Marruecos	47.228	36.530,28	-22,65	44.311	35.732	-19,36
Turquia	7.066	6.839,11	-3,22	8.856	8.969	1,28
Otros EXTRA UE-27	1.217	1.480,38	21,60	871	1.242	42,58
TOTAL EXTRA UE-27	55.511	44.849,77	-19,21	54.037	45.943	-14,98

Tabla 4. Exportaciones de calabacín de nuestros principales competidores. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

Como puede observarse en el Gráfico 8, la exportación de calabacín se ha mantenido prácticamente constante durante todo el periodo, con ligeros aumentos en otoño y primavera. Las importaciones, por el contrario, se han comportado de forma irregular, concentrando sus volúmenes entre noviembre y mediados de marzo. Por lo que, una vez más, se ha dado la complementariedad de producto local con producto de otros orígenes, con objeto de mantener una cuota de mercado más estable.

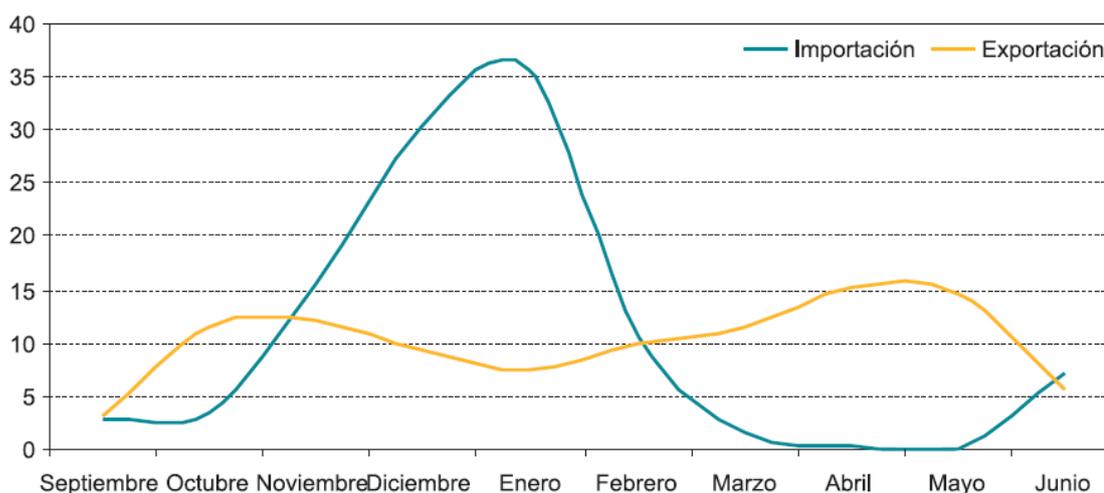


Gráfico 8. Concentraciones de las importaciones y exportaciones de calabacín. En porcentaje. (Fuente: Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Fundación Cajamar.)

1.2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es el estudio de mallas anti-insectos y cómo afectan a la producción y calidad en un cultivo de calabacín, *Cucurbita pepo* L. cv. Canella en invernadero. Se evaluarán tres tipos de mallas en tres invernaderos multitúnel.

Se estudiarán distintos tipos de mallas considerando los efectos que tienen sobre la producción y el rendimiento. Para ello se medirán distintos parámetros relativos al crecimiento y desarrollo del cultivo y a la calidad de los frutos. Los parámetros evaluados son:

- Componentes de crecimiento y desarrollo: longitud del tallo (Sna), número de hojas (NH) y número de inflorescencias femeninas (NI).
- Componentes de calidad: peso (gr), calibre (mm) y longitud (cm) de los frutos.

En definitiva, este trabajo de investigación pretende seleccionar el tipo de malla que permitirá mejorar los rendimientos sin apenas modificar los gastos; ya que la variación del coste de una malla con respecto a otra es muy pequeña teniendo en cuenta la mejora que podemos obtener en el cultivo.

2. ANTECEDENTES

2.1. GENERALIDADES

La utilización de mallas como protección contra insectos se ha ido extendiendo hasta el punto que se creó la orden del 12 de Diciembre de 2001 por la Consejería de Agricultura y Pesca de la junta de Andalucía (BOJA 8/01/09) que incluye la utilización de mallas en bandas y cubrera excepto cuando no exista una adecuada ventilación en el invernadero, esta orden es de obligado cumplimiento desde e el 8 de Enero de 2003 para los productores de hortalizas y semillas.

En la actualidad, hablar del cultivo protegido en Almería es hablar de la mayor fuente de riqueza para la provincia dentro del sector hortofrutícola (Cadenas *et al.*, 2003). Durante las dos últimas décadas la provincia de Almería ha experimentado un gran desarrollo agrícola, convirtiéndose ésta en una de sus principales actividades económicas. Este desarrollo agrícola ha sido generado por la sustitución de las explotaciones agrarias tradicionales, destinadas principalmente a cultivos de secano al aire libre, a favor de la implantación de cultivos hortícolas en regadío bajo plástico, convirtiendo a la provincia de Almería en la principal suministradora de hortalizas de Europa.

Si tenemos en cuenta la exigencia actual de los mercados en comercializar con productos carentes de residuos químicos, así como una creciente subida de los costes de producción que no va acompañada de una subida de los precios de venta en origen; se hace necesario estudiar sistemas que consigan aumentar la producción y calidad de los cultivos sin que eso suponga hacer un mayor uso de los fitosanitarios debido al riesgo que supone el control químico para el Medio Ambiente y para la salud humana.

En la agricultura, el control químico de plagas ha sido y es el método preferido, pero este enfoque no puede considerarse como sostenible debido a los aspectos negativos que conlleva, tanto de contaminación medioambiental como de destrucción de la fauna auxiliar (Antiugus, 2000).

Con la constatación de estos problemas se pone de manifiesto la necesidad de poner en práctica una producción sostenible y de esta manera, cada vez cobran mayor auge, los sistemas de producción integrada, los cuales, basándose en las directrices de la

Organización Internacional para la Lucha Biológica (OILB), tienen por objeto el producir alimentos y otros productos de calidad, utilizando recursos naturales y mecanismos reguladores para sustituir los insumos contaminantes y asegurar una producción sostenible, siendo uno de sus componentes esenciales la conservación de la diversidad ambiental (Viñuela, 2000).

El reglamento específico de producción integrada define las prácticas agronómicas clasificándolas en obligatorias, prohibidas y recomendadas, así como las estrategias de control integrado, las cuales consisten en sistemas de muestreo, estimación del riesgo, criterios de intervención y métodos de control.

En relación con estos métodos de control, es fundamental utilizar la propia barrera física que supone el invernadero, como primera herramienta de manejo integrado, garantizando el adecuado estado de conservación de la cubierta y las aperturas de ventilación (Fernández-Rodríguez, 2002).

La particularidad de nuestra agricultura y las características propias del desarrollo epidemiológico de cada problema precisan que la evaluación de los citados materiales tenga lugar en nuestros sistemas de cultivo (Fernández-Rodríguez 2002).

Además, la tendencia en las últimas campañas es continuar el cultivo en los meses de verano, los cuales son los más propicios para la presencia de plagas, para mantener los clientes y compensar las posibles pérdidas de rentabilidad del cultivo, por lo que se hace aún más necesario el uso de elementos que impidan la entrada de insectos.

Debido a estos ha aumentado la necesidad de incorporar técnicas de control distintas, entre las que destaca el empleo de barreras físicas como mallas anti-insectos que impiden o reducen el contacto insecto-vector cultivo.

Existe en el mercado una gran variedad de mallas anti-insectos para utilizar en las aberturas laterales y cenitales del invernadero, todas con el mismo objetivo: impedir la entrada de insectos que puedan ser vectores de virus o disminuyan la calidad del fruto por daños directos como pueden ser picaduras o puestas de huevos. La diferencia entre unas y otras a parte del precio, estriba en el tamaño de los poros de los tejidos. Según esto, cabría pensar que la más eficaz es la que tenga un menor tamaño en sus poros, que será la más difícil de franquear por los insectos. Sin embargo, estas mallas además de

impedir la entrada de insectos deben ser lo suficientemente permeables al paso del aire como para proporcionar al cultivo un microclima óptimo, sin perjuicio de unas condiciones adversas para el desarrollo de enfermedades criptogámicas (de origen fúngico).

La materia prima más utilizada en la fabricación de hilos para la confección de las mallas es el polietileno de alta densidad (HDPE), y es utilizado en un 85% del total de las fibras empleadas en los agrotexiles. Se emplean también, en menor porcentaje, el poliéster y la poliamida en un 3% y 7% respectivamente. Los diámetros de los hilos oscilan entre 0,1 a 0,3 mm y la tecnología de fabricación o confección del agrotexil es la de los tejidos de calada y de punto por urdimbre; ambos tipos de tejido confieren al agrotexil una elevada resistencia a la tensión, elasticidad y múltiple funcionalidad (Fernández *et al.*, 2006).

Actualmente, los sistemas de producción hortícola protegidos bajo plástico, requieren de un mejor conocimiento y control de las variables del microclima interior para satisfacer las demandas de mejor calidad de la producción integrada (Lenteren, 2000), sostenibilidad ambiental (Urrestarazu, 2004; Vanstaeede Lanburg, 1992).

Los principales problemas que afectan a la producción y la calidad de los cultivos mediterráneos respecto al microclima interior son distintos en función de la estación del año.

- En otoño-invierno el mayor problema es el exceso de humedad relativa, que causa serios problemas de enfermedades en las plantas.
- En primavera-verano el mayor problema son las elevadas temperaturas que causan estrés hídrico provocando una disminución de producción de la planta y desordenes fisiológicos.

La ventilación es una de las herramientas más importantes para controlar el microclima de un invernadero. El intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero influye en parámetros ambientales como la temperatura, la humedad y la concentración de CO₂ que afectan al desarrollo y a la producción del cultivo. Esta aireación se ve disminuida por la colocación de las mallas anti-insectos, la mejor malla será la que conjugue el equilibrio perfecto entre paso de insectos y ventilación dentro del invernadero.

Las mallas reducen la tasa de ventilación de manera evidente, con descensos en invernaderos tipo “Almería” de hasta el 56,6% (Valera 2003). Una adecuada ventilación en invernaderos mediterráneos es crucial para mantener las condiciones microclimáticas adecuadas para los cultivos.

Las plagas en los cultivos por lo general, y en particular aquellas que actúan como vectores de virus como: mosca blanca del tabaco (*Bemisia tabaci*), mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) y el trips (*Frankliniella occidentalis*), se han convertido actualmente en el problema con mayor repercusión económica en la horticultura protegida alcanzando los tratamientos fitosanitarios para control de mosca blanca en algunos casos hasta un 70% de los costos de producción, con las consecuentes afectaciones al medio ambiente por la aplicación de fitosanitarios de síntesis por su efecto residual y repercusión sobre la fauna auxiliar, insectos polinizadores, etc., y riesgo de intoxicación que sufren los aplicadores. Lo que constituye que exista un rechazo social en la instrumentación de tales prácticas, por lo que es necesario buscar alternativas ambientalmente sostenibles que solucionen los problemas derivados de los insectos transmisores de virus (Camacho *et. al.* 2004), en un contexto de lucha integrada mediante la aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, de cultivo o de selección de vegetales, de modo que la utilización de productos fitosanitarios se limite al mínimo necesario para el control de las plagas (BOJA N°. 211, del 2007).

Bemisia tabaci puede encontrarse tanto en cultivos de invernadero como al aire libre. Dependiendo de las condiciones climáticas, tiene mayor o menor número de generaciones, pero parece que en situaciones especialmente favorables de invernadero puede alcanzar las 10-11. Esta presente durante todo el año, si bien en los meses invernales ralentiza mucho su desarrollo. Los adultos se localizan principalmente en el envés de las hojas y en un segundo nivel vertical de la planta, es decir, no prefieren las brotaciones más recientes, a diferencia de *T. vaporariorum*. La puesta se localiza igualmente en el envés foliar, al igual que todos los estados inmaduros de desarrollo, aunque puede ocasionalmente observarse la presencia de algún individuo en el haz.

Por su importancia económica, destaca su desarrollo sobre plantas hortícolas y ornamentales pudiendo citar: tomate, melón, pepinillo, calabacín, etc.

Su presencia puede detectarse en el envés de las hojas. Pueden producir, con su alimentación, diversos efectos como decoloración foliar, decaimiento de la planta, etc.

Debido a la melaza que segregan, pueden inducir el desarrollo de negrilla, y especialmente destaca su carácter de ser vector de virus vegetales.

Uno de los principales problemas de *Frankiniella occidentalis* son sus hembras ya que incrustan los huevos en los tejidos de las flores, las hojas o los tallos tiernos. Cuando emergen las larvas muestran fototropismo negativo, localizándose en el envés de las hojas, en las yemas o en cualquier lugar de la planta protegido de la radiación directa.

Cuando las larvas han alcanzado el máximo desarrollo dejan de alimentarse y buscan un lugar para ninfosar, generalmente la hojarasca, los restos vegetales o en los primeros centímetros de suelo.

Las principales características de su morfología son su pequeño tamaño (1 a 3 mm de longitud). Su flexibilidad y libertad de movimientos, especialmente en el abdomen. Poseen dos pares de alas ribeteadas por un fleco de sedas largas que permiten el acoplamiento de las dos alas de cada lado, aumentando la eficacia de vuelo. Posee un aparato bucal picador-chupador con el que extraen el contenido celular de las capas externas de los vegetales.

Todas estas características morfológicas les confieren atributos biológicos que hacen difícil su control; se ocultan en partes de las plantas a las que no son accesibles los insecticidas.

La utilización de mallas porosas en los invernaderos mediterráneos es una técnica de uso generalizado, tanto por sus aplicaciones en climatización, como para controlar la entrada de insectos plaga. No obstante, estos agrotexiles provocan modificaciones, a veces no deseadas, en el microclima interior del agrosistema, como por ejemplo la reducción de la tasa de ventilación.

Actualmente existen en el mercado multitud de mallas porosas, por otro lado, los agricultores están sometidos a una elevada presión comercial. No obstante, las características técnicas de estos materiales así como su efectividad para su uso concreto,

requieren un estudio científico detallado, ya que con mucha frecuencia no cumplen con la finalidad para la cual se instalaron en los invernaderos.

También es de especial relevancia la constatación de la perdurabilidad de las características de estos materiales en el tiempo. En zonas áridas como Almería, la suciedad que se incrusta en las mallas porosas altera sustancialmente la resistencia al flujo de aire, aspecto de esencial incidencia en la ventilación del invernadero, y por tanto, con implicaciones en la temperatura, humedad y concentración de CO₂, entre otros aspectos esenciales para el desarrollo de los cultivos.

Los beneficios potenciales que resultan del uso de mallas en la horticultura protegida se han incrementado de forma progresiva en los últimos años. Las pantallas constituyen un medio simple y efectivo para evitar la pérdida de calor durante el periodo nocturno y para controlar la radiación solar dentro del invernadero, así como para prevenir la entrada de pájaros e insectos.

Hoy en día la protección de los cultivos se considera aún más importante que la protección del clima (Berlinger *et. al.*, 1999). Actualmente, la mayoría de los agricultores han optado por medios físicos de protección como las mallas anti-insectos que se colocan en las aberturas de ventilación para evitar la entrada de plagas al invernadero. Las mallas reducen la migración de los insectos y como consecuencia los daños sobre el cultivo, disminuyendo así la necesidad de aplicación de pesticidas, los cuales son cada vez más rechazados por la sociedad y normas medioambientales. La exclusión de insectos de pequeño tamaño se logra mediante la instalación de mallas con un tamaño de hueco cada vez menor (en torno a 0,25-0,75 mm), como consecuencia las mallas instaladas en los invernaderos tienen valores de porosidad (relación entre la superficie de huecos y la superficie total) cada vez menores, por lo que dificultan la ventilación y reducen la transmisión de luz. Por este motivo, es muy importante poder determinar sus características ópticas y la resistencia al flujo de aire para optimizar su uso. Además la posibilidad de determinar la caída de presión que provocan las mallas facilitaría el desarrollo de modelos más exactos para la predicción y simulación de la ventilación y el microclima en invernaderos equipados con mallas en aberturas de ventilación.

La incorporación de mallas anti-insecto para la exclusión de insectos plaga en el invernadero es una técnica de manejo integrado de plagas que no depende de la

aplicación de plaguicidas. Las ventajas del uso de mallas en las ventanas incluyen la reducción en el número de tratamientos fitosanitarios y reducción en la exposición a los plaguicidas de los trabajadores (Cabrera *et al.*, 2002). El principal inconveniente es la reducción de la tasa de ventilación. Dicha reducción es drástica si pretendemos que la malla realmente se comporte como una buena barrera a la entrada de insectos.

Para proteger los cultivos bajo invernadero de los insectos plaga se emplean una amplia gama de mallas de protección, con diversos tamaños de poros (Peeyush *et al.*, 2005), para las aperturas de ventilación en los invernaderos mediterráneos que modifican el gradiente de temperatura del microclima del invernadero (Soni *et al.*, 2005), que por sus características tiene una importante trascendencia desde el punto de vista económico y ambiental al permitir la circulación del aire e impidiendo el paso de insectos plaga al interior del invernadero, que provocan cuantiosos daños directos y que además son transmisores de enfermedades víricas (Teitel, 2001).

El uso de mallas anti-insecto reduce perceptiblemente la circulación de aire y aumenta los gradientes térmicos dentro del invernadero, se ha observado una reducción de hasta el 46% de la tasa de renovación del microclima interior (Majdoubi, Boulard, Hanafi, *et al.*, 2007). A medida que disminuye el tamaño de los poros de los tejidos, la renovación de aire del invernadero se reduce, con lo que se presentan problemas de ventilación, para lo cual se han probado las características aerodinámicas de las mallas forzando el flujo del aire en un túnel de viento (Valera *et al.*, 2006). Se ha observado que la disminución de la porosidad de la malla anti-insectos aumenta los gradientes verticales de temperatura de entre el 5 y 10%. Estos patrones verticales del gradiente de la temperatura fueron encontrados en invernaderos con cultivo de tomate (Soni *et al.*, 2005).

La ventilación natural en los invernaderos de la región mediterránea, es una de las mejores y más económicas herramientas de control de clima (Demrati *et al.*, 1998).

El descenso en la tasa de renovación del aire en el interior del invernadero genera problemas de enfermedades y disminución en el rendimiento y calidad de los cultivos (Arellano, 2004).

En cuanto a la eficiencia climática de las mallas se usará el método del balance energético, para medir la tasa de renovación de aire y tratar de verificar el efecto

significativo de las mallas en el microclima interior del invernadero y la tasa de renovación (Harmanto *et. al.*, 2006).

Las mallas anti-insectos, están cumpliendo parcialmente con su función, las características técnicas del fabricante, por ejemplo en el bloqueo del paso de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en algunos casos no se cumple (Cabrera *et al.*, 2004 y Berlinger *et al.*, 2002). Este hecho puede deberse a la no uniformidad de la confección de la malla cuyos poros deberán tener un determinado número de hilos por unidad de superficie (Valera *et al.*, 2003).

En la actualidad se están desarrollando nuevos materiales con hilos de menor diámetro, lo que permite la confección de un tejido con un mayor número de hilos por unidad de superficie (Álvarez *et. al.*, 2003) y (Kose *et. al.*, 2004). Pero esto mismo reduce la tasa de ventilación natural de una estructura de invernadero de entre los 60 y 70% (Fernández, 2004) y (Camacho *et. al.*, 2004) que permitan obtener la mejor eficiencia microclimática del invernadero y el bloqueo de entrada de insectos vectores de enfermedades en los cultivos, otros autores (Katsoulas *et. al.*, 2006), confirman este hecho.

Desde el punto de vista legislativo, la orden del 12 de diciembre de 2001 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (BOJA 8/01/2002) establece, tanto las medidas de control obligatorias como las recomendadas, en la lucha contra las enfermedades víricas en los cultivos hortícolas protegidos incluyendo como medida de control obligatoria de carácter estructural específica: "... la utilización de mallas en bandas y cubreras del invernadero de una densidad mínima de 10x20 hilos·cm⁻², excepto en aquellos casos en los que no permitan una adecuada ventilación del invernadero." (Camacho *et. al.*, 2004).

La ausencia de una norma en el diseño y fabricación de las mallas anti-insectos ha originado que se encuentren en el mercado una amplia diversidad que en muchos casos la selección se hace en función de la prueba y error por parte de los agricultores, por lo que se hace necesario establecer las primeras pautas para la definición de criterios normativos que constituyan una norma que regule el proceso de diseño y fabricación de las mallas anti-insectos.

En esta investigación se pretende conocer cómo afecta cada tipo de malla experimental a las distintas poblaciones de insectos y como afecta el microclima creado por dichas mallas a la producción del cultivo.

2.2. EVOLUCIÓN DE LAS MALLAS ANTI-INSECTOS

A mediados de los años ochenta se empezaron a utilizar las mallas de materiales plástico en las aberturas de ventilación de los invernaderos, en esa época los invernaderos eran estructuras de escasa altura, construidos con madera de eucalipto y alambre y cuyo sistema de ventilación consistía simplemente en una abertura de ventilación en las bandas laterales del invernadero, entre los emmallados de alambre, operando mediante la recogida manual del plástico de cubierta y sin ningún tipo de protección adicional,(Díaz *et. al.*, 2003).

Los cultivos tutorados sufrían las consecuencias de los vientos, como el manchado de los frutos, a la vez que perdía productividad en las líneas próximas a las bandas por el daño que producían agentes externos como el viento, pájaros, insectos, etc. Para resolver este problema se empezaron a colocar mallas mosquiteras en los huecos que se dejaban para la ventilación, con lo que se redujeron los daños notablemente, a la vez que se empezó a apreciar un descenso en el ataque de muchas plagas. Fue entonces cuando se pensó en el uso de mallas anti-insectos como barrera física contra insectos.

En la historia más reciente del campo almeriense, se empezaron a utilizar mallas anti-insectos con unas dimensiones de 10x16 hilos·cm⁻² y tras diversos estudios se pudo comprobar que no eran eficaces, ya que esta densidad de hilo era superada por los insectos. La introducción de otros factores de producción como el empleo de abejorros para la polinización apoyaron y permitieron la extensión del uso de mallas, ya que se evitaba que los insectos polinizadores escapasen del invernadero, en busca de flores más atractivas para ellos, sin cumplir su objetivo sobre las flores del cultivo del invernadero. Además, si queremos utilizar un control biológico basado en suelta de auxiliares, será ventajoso el empleo de mallas. Sin embargo, en los lugares donde el control biológico se realice con la entomofauna autóctona auxiliar, las mallas supondrán una gran barrera hacia el invernadero.

En la actualidad se están utilizando mallas con densidad de hilos mayor a 10×20 hilos·cm⁻², su efectividad para el control de la mosca blanca ha sido constatada en países donde su presencia fue detectada con anterioridad como Israel.

El gran obstáculo que presenta la utilización de mallas densas para el agricultor reside en la limitación que tienen estas sobre la renovación de aire. Sin embargo, existen argumentos a favor del menor riesgo del uso de estos materiales derivados de la introducción de innovaciones tecnológicas en el diseño de los invernaderos a lo largo de los últimos años como el incremento de altura y el volumen unitario del invernadero y de su superficie de ventilación, la mejora de su geometría, la orientación más idónea con respecto a los vientos dominantes o la instalación de removedores de aire, con el fin de buscar mayor eficiencia en el control del microclima.

Un dato importante a la hora de colocar mallas densas, es la reducción que puede llegar a sufrir la ventilación, pudiendo llegar hasta el 60%, con lo que una adecuada renovación de aire necesitará unos umbrales de velocidad de viento superiores. Otra consideración importante es la acumulación de polvo en las mallas sobre todo en zonas de cultivo áridas o semiáridas, cuya presencia resta aún más capacidad de renovar el aire, por lo cual se hace necesario dedicar un pequeño esfuerzo al mantenimiento de estas aperturas proyectando, a ser posible, desde el interior del invernadero hacia el exterior agua para limpiarlas sin perjudicar el cultivo.

Las mallas anti-insectos, están cumpliendo parcialmente con su función, las características técnicas del fabricante, por ejemplo en el bloqueo del paso de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en algunos casos no se cumple (Cabrera *et. al.*, 2006 y Berlinger *et. al.*, 2002).

Este hecho puede deberse a la no uniformidad de la confección de la malla cuyos poros deberán tener un determinado número de hilos por unidad de superficie (Valera *et. al.*, 2003).

En la actualidad se están desarrollando nuevos materiales con hilos de menor diámetro, lo que permite la confección de un tejido con un mayor número de hilos por unidad de superficie (Álvarez *et. al.*, 2003) y (Klose *et al.*, 2004). Pero esto mismo reduce la tasa de ventilación natural de una estructura de invernadero de entre 60 y 70% (Fernández, 2004) y (Cabrera *et. al.*, 2006), por lo que es necesario conocer otros

parámetros como disposición de los hilos, orificios máximos, grosor de los hilos y su espectro; transmisión global de luz visible, difusión de la luz, etc. (Teitel, 2007) y (Fernández, 2004), que permitan obtener la mejor eficiencia microclimática del invernadero y el bloqueo de entrada de insectos vectores de enfermedades en los cultivos, otros autores (Katsoulas *et. al.*, 2006) confirman este hecho.

2.3. FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO

La mayoría de los cultivos desarrollados en Almería se protegen bajo estructuras artesanales que carecen de control medioambiental, buscando mejorar las condiciones meteorológicas externas, especialmente el régimen higrométrico (tipo mediterráneo semiárido) siendo especialmente eficaces para la protección contra el viento, que a menudo es de gran intensidad.

En el invernadero tipo Almería al carecer de medios artificiales de calefacción, la temperatura interior se sitúa normalmente por debajo de la exterior por la noche, con lo cual la función del invernadero se limita, en este aspecto, a mejorar la integral térmica mediante un mayor aprovechamiento del calor irradiado por el sol durante el día aumentando la precocidad de los cultivos (López Gálvez, J., 1994).

En estos invernaderos sin climatizar, el agricultor debe manejar adecuadamente los distintos factores climáticos dentro de sus posibilidades, para permitir que los cultivos se encuentren en las condiciones más favorables o al menos evitar que se produzcan accidentes fisiológicos o parasitarios (Palomar Oviedo, F., 1994).

2.3.1. Temperatura

La importancia de las temperaturas es un factor limitante y estimulante de los procesos fisiológicos de los vegetales, afecta a la actividad metabólica celular, la absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso, la producción y gasto de carbohidratos, entre otros (Tognoni, 2000). Un descenso de ésta frena el crecimiento vegetativo y provoca una debilitación de la planta; por el contrario un aumento en la temperatura de 10°C permite doblar la velocidad de las reacciones bioquímicas de la fotosíntesis catalizada por las enzimas, asimismo aumenta la transpiración y favorece la difusión de vapor de agua, de CO₂ y del O₂, así como la fotorrespiración (Ruíz, 1993). Una vez sobrepasado el rango óptimo para cada especie se producen pérdidas que inciden en la producción y calidad.

En condiciones mediterráneas, las temperaturas diurnas de 21 a 27 °C (según radiación) y nocturnas de 12 a 15 °C, se han considerado las más adecuadas (Brun y Lagier, 1984); en estas condiciones resulta más grave, especialmente en primavera, la elevada temperatura e insuficiente ventilación en los invernaderos (Montero *et. al.*, 1985).

Según Serrano (1996), la temperatura media mensual, ideal para obtener una buena producción en este cultivo, debe estar comprometida entre 16-27 °C. Con temperaturas elevadas y alta humedad relativa, si las plantas están en floración se dificulta bastante la fecundación.

2.3.2. Humedad del aire

Referente a la humedad, son deseables humedades relativas inferiores al 90%, pues si son superiores favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas, especialmente *Botritis cinérea* (Van Steekekenburng, 1986). Se consideran óptimos valores del 70 al 80% (Winspear *et. al.*, 1970). Recientes estudios demuestran que valores elevados de humedad reducen la cosecha en calabacín (Bakker, 1990).

El efecto sobre la fotosíntesis neta y el incremento del área foliar resultan en un incremento de la capacidad de producción potencial de la planta. Sin embargo, un régimen continuado de humedad extremadamente alta puede producir efectos adversos, frecuentemente asociados a la reducción de la tasa de transpiración al aumentar la temperatura del tejido foliar (Bakker, 1985). La humedad relativa elevada puede afectar negativamente a la producción por el aumento de los desórdenes fisiológicos (Ehret y Ho, 1986).

2.3.3. Radiación solar

La radiación solar es la fuente de energía usada por las plantas en el proceso de fotosíntesis mediante el cual producen materia vegetal creciendo y desarrollándose. En sentido estricto, es apropiado describir la energía radiante como un determinante de la producción (Hernández *et. al.*, 2001).

Las hojas absorben, por término medio, entre un 80-85 % de la luz incidente de longitud de onda entre 400 y 700 nm, o lo que es lo mismo, el espectro de radiación PAR (Lorenzo, 1996). La fotosíntesis se realiza con máxima intensidad entre la longitud

de onda 440 y 680 nm, en la mayor parte de la radiación visible. Si están satisfechos otros requerimientos de las plantas (agua, CO₂, temperatura, nutrientes, etc.) la cantidad de materia orgánica formada para llevar a cabo la fotosíntesis dependerá de la luz fotosintéticamente activa que reciba la planta. Así, a mayor cantidad de luz más cosecha, hasta un límite que dependerá de la especie y la variedad (López, 1998).

Hoy en día, la mejora genética permite disponer de cultivares mejor adaptados para la floración y cuajado el fruto en condiciones de baja iluminación, usuales en los ciclos de invierno (Van de Vooren *et al.*, 1986). Aung en 1976 llegó a la conclusión de que una iluminación limitada, al reducir la fotosíntesis neta, implicaba mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción.

Una forma de maximizar la radiación en los invernaderos es utilizar un adecuado marco de plantación y disposición de las plantas que permita una mayor interceptación de la radiación por parte de ellas para aumentar la fotosíntesis para, con posterioridad y mediante técnicas de cultivo adecuadas, derivar la producción de asimilados en lo posible, a aquella parte de la planta que lo necesita en cada momento. A parte de los estudios anteriormente citados también Cockshull en 1988; Lorenzo y Castilla en 1995 describieron la reducción lineal de rendimiento por la reducción de iluminación, en el primer caso sobre invernaderos de alto coste y en segundo en invernaderos de bajo coste tipo “parral”.

2.3.4. Anhídrido carbónico

En invernadero, especialmente si las condiciones de ventilación no son óptimas, la reducción del contenido de CO₂ es importante (Lorenzo *et. al.*, 1990). La concentración de CO₂ ambiental es uno de los principales determinantes de la producción. La actual concentración atmosférica (350-360 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) es infraóptima para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Lorenzo, 1998), lo que explica la positiva respuesta en la tasa de asimilación neta y en producción que se viene obteniendo en la mayor parte de los estudios de incorporación de abonado carbónico realizado en plantas C₃.

Los efectos indirectos del viento sobre invernaderos son beneficiosos, al contribuir a mejorar la ventilación y renovar el aire, especialmente en invernaderos poco

sofisticados. Una ligera brisa, tanto en cultivo protegido como al aire libre, se ha demostrado beneficiosa para la productividad de los cultivos (Garzoli, 1989).

Puesto que la magnitud de la fuente o elementos de la fotosíntesis depende principalmente de la radiación solar y la concentración de CO₂ y la magnitud del sumidero depende principalmente de la temperatura, se hace necesario encontrar un equilibrio apropiado entre las tres (Kening y Kramer, 2003).

2.4. INFLUENCIA DE LAS MALLAS EN LA VENTILACIÓN

Los invernaderos de Almería se caracterizan por la utilización de la ventilación natural y el blanqueo de la cubierta como principales sistemas de control climático.

El intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero incide de manera clara en el clima del cultivo. No solamente cambia el balance de energía, y por tanto la temperatura del aire, sino que también afecta al contenido de vapor de agua y de anhídrido carbónico. Actuar sobre la ventilación resulta primordial para el buen desarrollo de los cultivos en los invernaderos típicos de Almería.

El área de ventilación es de 15 al 30 % de la superficie de suelo cubierta por el invernadero, además es conveniente que la superficie de las aberturas cenitales suponga de 1 a 2/3 de la superficie total de ventilación, de forma que se facilite la ventilación por efecto “chimenea” cuando la velocidad del viento es pequeña.

En invernaderos de anchura superior a 30 m se recomienda la utilización de ventilación cenital en los invernaderos de Almería, con una anchura media de 50 m, la ventilación lateral es insuficiente ya que la distancia que separa la banda de entrada de la de salida dificulta enormemente el establecimiento de una corriente de aire.

La ventilación se expresa mediante un número de renovaciones por hora R [h^{-1}], número de veces por hora que el volumen de aire del invernadero es reemplazado. Esta tasa de renovación es función de la radiación solar global exterior, la diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior, la velocidad del viento y la amplitud de las ventanas.

Generalmente, se consideran necesarias 60 renovaciones de aire por hora para evitar un calentamiento superior del aire exterior, este número no será alcanzado hasta que las velocidades del viento exterior excedan de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en un invernadero con

renovaciones por hora, se requiere la ventilación lateral o la ventilación forzada (Hanna, 1998).

La ventilación natural es sin duda el factor más importante en los invernaderos almerienses ya que es el principal método de refrigeración para disminuir las elevadas temperaturas estivales que llegan a ser superiores a los 30-35 °C, a las que los cultivos hortícolas sufren estrés térmico, o para reducir la humedad relativa cuando esta se eleva excesivamente y puede dar lugar al desarrollo de hongos sobre plantas. Si se consideran las temperaturas y humedades óptimas de este cultivo, en las temporadas de floración y fructificación, entonces se tendría que mantener un intervalo de temperaturas de 20-30 °C y una humedad relativa del 60%.

Como se ha comentado anteriormente, la colocación de mallas anti-insectos en las aperturas cenitales y en las bandas laterales de los invernaderos reduce considerablemente el intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero lo que incide de forma clara en el clima del cultivo. Afecta a la temperatura del aire, al contenido de vapor de agua.

Con respecto al DPV algunos autores consideran valores altos cuando rondan 1,13 KPa, bajos cuando rondan 0,69 KPa, lo que corresponde en diferentes regímenes de transpiración en la planta como alto y bajo respectivamente (Bellert *et. al.*, 1998), demostrando que la transpiración decrece cuando disminuye el valor absoluto del DPV, (Tanner y Beevers, 1990). Pudiendo establecer un intervalo óptimo de DPV a aquel comprendido entre 0,5 y 1,5 KPa (para valores de humedad ambiental entre 60 y 85%) siempre con los valores más bajos durante la noche con respecto al día. Los valores registrados en invernaderos tradicionales de Almería oscilan entre 0,2 KPa (90% de humedad) durante el periodo nocturno en otoño-invierno, y próximos a 3 KPa durante el mediodía solar en primavera-verano y frecuentemente en los inicios del cultivo (poca masa foliar) (Salas *et. al.*, 2001).

La ventilación natural es el resultado de las diferencias de presión que originan tanto el viento como los gradientes térmicos, y está muy influenciada por el enfriamiento del aire provocado por la evapotranspiración del cultivo. Es muy importante para restablecer la concentración de CO₂ provocado por las plantas al realizar la fotosíntesis.

El nivel normal de CO₂ en el aire libre es algo más de unas 300 ppm, dentro de un invernadero este valor oscila entre 180 y 250 ppm durante el día y entre 400 y 500 ppm durante la noche, estando el valor óptimo recomendado según la especie entre 500 y 3000 ppm, siendo, en cualquier caso, valores inferiores a los registrados dentro de un invernadero.

Cada tipo de invernadero posee distintas configuraciones de ventanas (Valera *et. al.*, 2002), como norma general es recomendable disponerlas tanto en el perímetro como en el techo (ventanas cenitales). También es beneficioso utilizar, fundamentalmente en climas áridos, ventilación cenital en todas las capillas. El efecto combinado de la ventilación cenital y lateral es muy positivo, provocando mayores tasas de renovación.

Se han realizado numerosos trabajos, de los que se desprende que existen diferencias significativas de humedad relativa entre las zonas próximas a las ventanas y las alejadas (Arellano *et. al.*, 2002), y un importante gradiente de temperatura desde las ventanas laterales bien refrigeradas hasta el centro del invernadero donde se alcanzan temperaturas excesivas, hasta 10°C superiores a la temperatura exterior (Molina *et. al.*, 2003). La recepción de la heterogeneidad ambiental en la producción puede llegar a ser importante.

El valor óptimo del área de ventilación está comprendido entre el 20 y el 40% de la superficie del invernadero. Además es conveniente que la superficie de aberturas cenitales suponga como mínimo la mitad de la superficie de ventilación, para así facilitar la renovación del aire por efecto chimenea cuando la velocidad del viento es pequeña.

2.5. EL CULTIVO DEL CALABACÍN

2.5.1. Taxonomía

Su nombre científico es *Cucurbita pepo* L. Comprende dos variedades botánicas, “variedad condesa u oblonga” y “variedad ovífera”, siendo a la primera a la que pertenecen los calabacines. La variedad ovífera se emplea como planta ornamental. La taxonomía generalmente aceptada es:

Familia: Cucurbitaceae

Subclase: Metaclamídeas

Clase: Dicotiledóneas

Subtipo: Angiospermas

Tipo: Fanerógamas o Espermafitas

Especie: Cucurbita pepo

Subespecie: Pepo

2.5.2. Origen.

El origen del calabacín (*Cucurbita pepo*) aún está por determinar, aunque se barajan dos lugares de procedencia. Por una parte los historiadores lo centran en Asia, ya que su nombre aparece entre las hortalizas citadas por egipcios y existen pruebas de que también eran conocidos por los romanos, (www.infoagro.com, 2003). La otra zona donde se sitúa a esta especie es en el suroeste del continente americano. Su introducción en Europa data de principios del siglo XVI (Reche, 1997).

2.5.3. Morfología

2.5.3.1. Planta

El calabacín es una planta anual, de crecimiento indeterminado y vegetación compacta (Camacho, 2002).



Figura 1. Detalle del cultivo de calabacín cv. Canella. EP

2.5.3.2. Raíz

El calabacín presenta una raíz axonomorfa, alcanzando ésta un gran desarrollo en relación con las raíces secundarias, las cuales se extienden superficialmente. Pueden aparecer raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando se ponen en contacto con tierra húmeda (Reche, 1997).

2.5.3.3. Tallo

El tallo es principal con atrofia de brotaciones secundarias y tiene un crecimiento en forma sinuosa (Camacho, 2002), no erecto, alcanzando gran desarrollo: hasta un metro de longitud. Es áspero al tacto, cilíndrico, de superficie pelosa, grueso, consistente, con entrenudos cortos de donde parten hojas, flores, frutos y numerosos zarcillos a 10-20 cm de longitud, delgados y que nacen junto al pedúnculo del fruto (Reche, 1997).

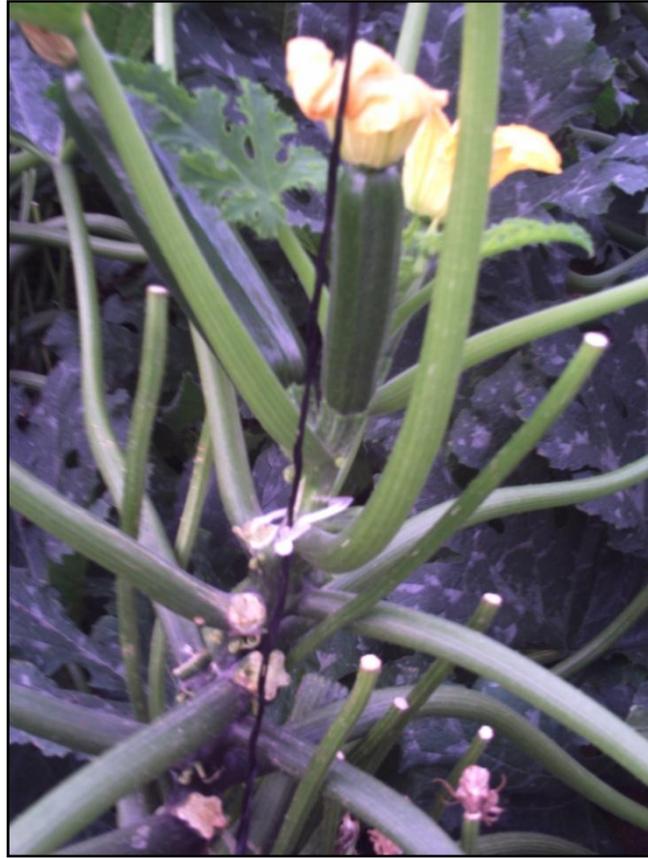


Figura 2. Detalle del tallo de la planta de calabacín cv. Canella. EP

2.5.3.3. Hojas

El calabacín tiene grandes hojas, sostenidas por fuertes y alargados pecíolos. Estos parten directamente del tallo, alternándose en forma helicoidal. El limbo de la hoja es grande pudiendo llegar hasta 50 cm. Tiene el haz suave al tacto “glabra” y el envés muy áspero y recubierto de pelos cortos y puntiagudos. El borde de las hojas es dentado con lóbulos pronunciados, presentando profundas entalladuras pero sin llegar al nervio medial, y palmeada por presentar cinco grandes segmentos.



Figura 3. Detalle de la hoja del calabacín cv. Canella. EP

El pecíolo es largo, de hasta 60 cm de longitud, hueco, consistente, con pelos rígidos en la superficie y áspero al tacto, de cortas y finas vellosidades y pequeñas espinas distribuidas a lo largo del mismo.

Las hojas pueden ser verdes claras u oscuras, dependiendo de la variedad, y a veces presentan pequeñas manchas blanquecinas como consecuencia de la existencia de genes que determinan una dominancia sobre el color verde uniforme de la hoja. (Reche, 1997).

2.5.3.4. Flores

Las flores del calabacín son grandes, solitarias, vistosas, axilares, de color amarillo y acampanadas. La planta de calabacín es monoica, por lo que se dan simultáneamente flores masculinas y femeninas. En la flor femenina falta el pedúnculo largo característico de la flor masculina, ya que ésta se une directamente al tallo por un

reducido, corto y grueso pedúnculo de sección pentagonal o hexagonal pero irregular (Delgado, 1999).



Figura 4. Detalle de la flor de calabacín cv. Canella. EP

Con temperaturas bajas y días cortos se propicia la formación de flores femeninas, mientras que con temperaturas altas y gran luminosidad son las flores masculinas las que se ven favorecidas en su formación. La polinización puede ser entomófila (abejas principalmente) o polinización cruzada. (Reche, 1997).

2.5.3.5. Fruto

Es una baya grande con pericarpio fuerte una vez maduro, placenta carnosa procedente de un ovario ínfero (Camacho, 2002). Los frutos nacen de las axilas de las hojas, estando unidos a un pedúnculo grueso y corto. Se recolectan cuando aproximadamente se encuentra a la mitad de su desarrollo y antes de que se endurezcan (Reche, 1997).



Figura 5. Detalle de frutos comerciales de calabacín cv. Canella. EP.

El fruto maduro contiene numerosas semillas, no siendo comercial por su epicarpio duro y por su gran volumen.

2.5.4. Requerimientos edafoclimáticos

2.5.4.1. Temperatura

- Siembra

La temperatura óptima del suelo en esta etapa ha de situarse entre los 20-25 °C. Con esta temperatura, las semillas pueden germinar en el transcurso de 2-5 días. Temperaturas del suelo superiores a 40 °C, o por debajo de los 15 °C pueden afectar a la germinación (Delgado, 1999).

- Desarrollo vegetativo

La temperatura óptima para el desarrollo vegetativo está entre los 25 y 35 °C (Ruíz, 2001). Por encima de 35 °C, se produce una gran transpiración, ocasionando daño a las plantas por deshidratación, mientras que temperaturas por debajo de 10 °C afectan al crecimiento de la planta y pueden provocar deformaciones en el fruto (Reche, 1997).

- Floración

Para la floración se requieren idealmente unos 20 °C por la noche y alrededor de 25 °C durante el día (Ruíz, 2001). Por debajo de 10 °C se produce caída de flores y deformación de frutos (Reche, 1997).

2.5.4.2. Humedad

El calabacín es exigente en humedad relativa del aire (Ruíz, 2001). Los valores óptimos para el cultivo del calabacín en invernadero están entre el 65% y el 80%. Igualmente es exigente en humedad del suelo, necesaria para el desarrollo de la gran masa foliar de la planta y para la formación del fruto, cuyo contenido de agua se sitúa próximo al 95%.

Con exceso de humedad ambiental, hay posibilidad de que se dé un aumento de enfermedades y una deficiente fecundación, mientras que si la humedad es deficiente, puede producirse deshidratación de los tejidos, menor desarrollo vegetativo, caída de flores y disminución en la producción y retraso en el crecimiento (Reche, 1997).

2.5.4.3. Luminosidad

Es una planta de día neutro (Camacho, 2002). Para el calabacín no tiene excesiva repercusión la duración del día, no existiendo, en general, problemas de floración, por lo que el cultivo en invernadero puede realizarse en cualquier época (Reche, 1997).

2.5.4.4. Suelo

El calabacín es medianamente tolerante a la salinidad del suelo y a la del agua de riego. Se adapta igualmente a terrenos con valores de pH entre 5 y 7, pero prefiere suelos algo ácidos, con valores medios entre 5,6-6,8 (Reche, 1997). Los suelos alcalinos pueden provocar algunos síntomas de carencias (Ruiz, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó durante la campaña 2010-2011 en la finca experimental “Fundación UAL-ANECOOP” situada en el paraje “Los Goterones” perteneciente al municipio de Retamar, ubicada en la parcela 281 del polígono 24 de la provincia de Almería, con localización geográfica 36° 50′ 41.00″ latitud norte y 2° 13′ 4.32″ latitud oeste.



Figura 6. Vista aérea de la Finca Experimental, Catedrático Eduardo Fernández “Fundación UAL-ANECOOP”.

La finca posee una superficie de 11 hectáreas, de las que actualmente sólo se están utilizando para uso agrícola 8 de ellas. Los invernaderos allí instalados tienen distintos tipos de estructuras y, concretamente, este ensayo se desarrolló en tres módulos de tipo “multitúnel” con ventilación automatizada lateral y cenital, identificados como U9, U11 y U12, localizados donde indica la *Figura 6*. Los invernaderos tienen una superficie de 1080 m² para el U9 y el U11, y 810 m² para el U12, contándose con una superficie total de estudio de 2.970 m².

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERNADEROS

3.2.1. Orientación

La orientación que presentan los invernaderos es Este-Oeste, mientras que las líneas de cultivo presentan una orientación Norte- Sur.

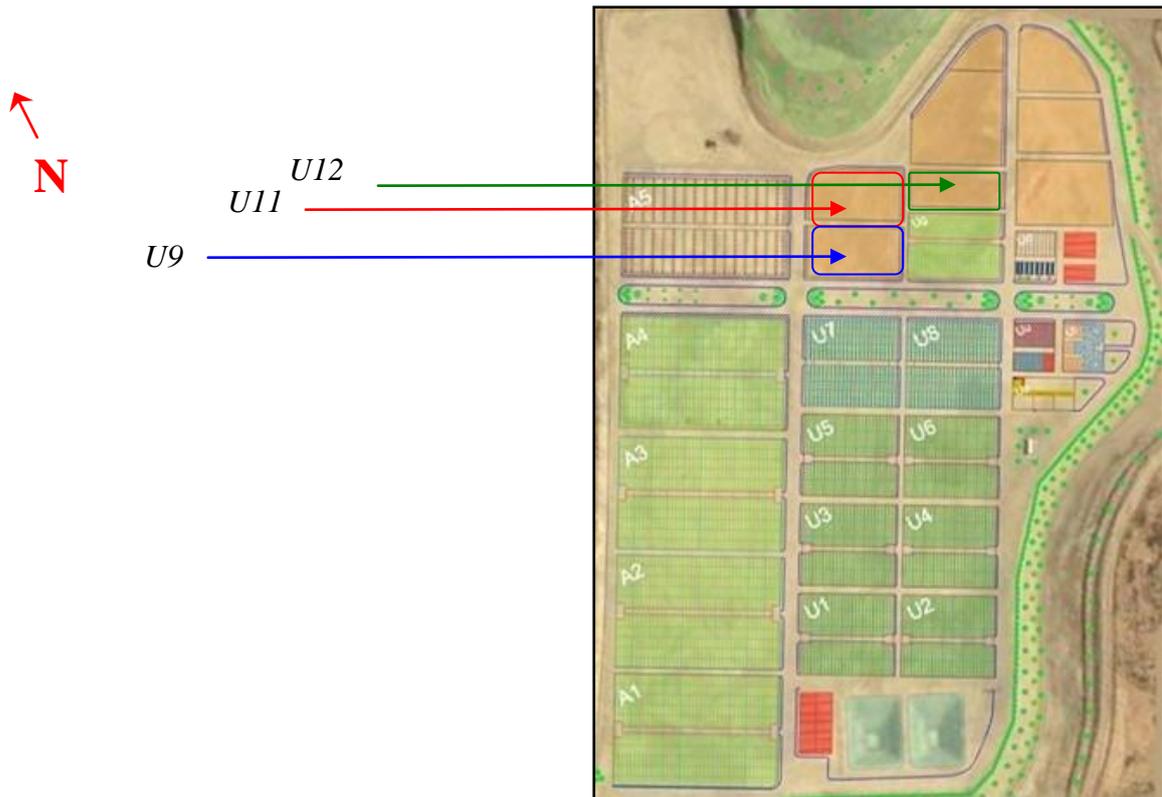


Figura 7. Croquis de la finca y detalle de la orientación de los invernaderos U9, U11 y U12. Localización y distribución de los invernaderos en la finca experimental “Fundación UAL- ANECOOP”

Para facilitar los tratamientos fitosanitarios se han dejado los pasillos principales e interiores del invernadero libres, no colocando alambres del emparrillado que crucen dichos pasillos.

3.2.2. Estructura

El ensayo se ha llevado a cabo en tres invernaderos tipo “multitúnel” de nueva construcción, con techumbre curvada simétrica, de 3 arcos de 8 m para los invernaderos U9 y U11 y de 2 arcos de 9 m para el invernadero U12. Las dimensiones son de 45 m de largo y 24 m de ancho tanto para en invernadero U9 como para el U11, mientras que el U12 tiene 45 m de largo y 18 m de ancho.



Figura 8. Detalle de la fachada oeste de los invernaderos tipo “multitúnel” utilizados en el ensayo.

El arco de cada túnel posee una altura cenital de 5,7 m y una altura en canal de 4,5 m, se consigue así una estructura alta que proporciona una mayor inercia ambiental al recinto (temperatura, humedad y composición del aire), las variaciones son más suaves y es posible disponer cómodamente de elementos auxiliares como dobles cubiertas o pantallas.

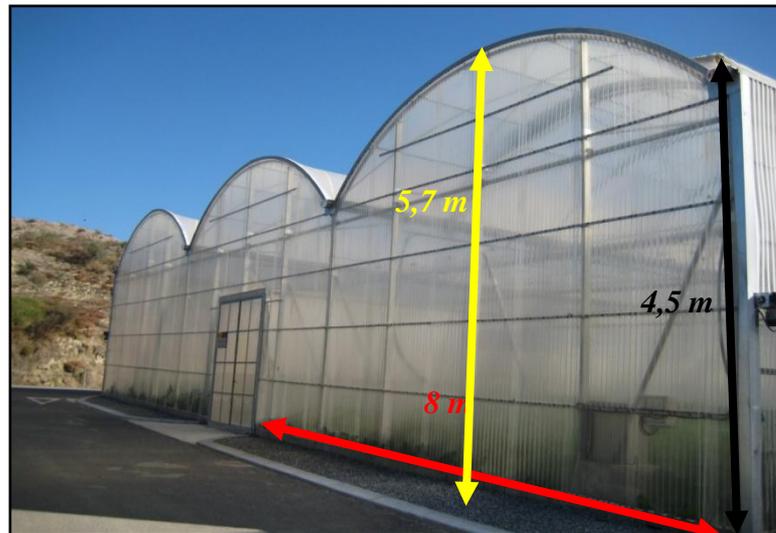


Figura 9. Croquis de las dimensiones estructurales de los invernaderos

Los invernaderos están equipados con sistemas automatizados de: riego, control climático, nebulización y pantallas térmicas; el sistema cuenta también con una caja de medición que contiene sensores de temperatura, humedad y de CO₂.

Se cuenta también con un equipo adicional para caracterización del microclima interior: Dataloggers HOB0 Pro v2 para temperatura y humedad relativa con rango de operación de - 40 °C a 70 °C y de 0 a 100% respectivamente.



Figura 10. Detalle del sensor de temperatura, humedad relativa y CO₂.



Figura 11. Detalle de un sensor de temperatura y humedad relativa en el interior de un invernadero (Hobo).

La cubierta es de polipropileno térmico tricapa de 800 galgas, incoloro, estabilizado con hals, con una alta difusión de luz, lo que limita el efecto de sombra de los cultivos. Este plástico se colocó en 2009. Las bandas laterales están cubiertas con lámina acanalada de metacrilato de poliuretano de 2 mm de espesor.

Los invernaderos utilizados para este estudio se han dividido por la mitad con una pared y una puerta de plástico transparente de las mismas características que la cubierta, con la finalidad de alterar lo menos posible el microclima interior.

En el lado Este de los tres invernaderos se colocaron, en las aberturas de ventilación lateral y cenital, mallas de 10x20 como mallas testigo. En el lado Oeste se colocaron las mallas de prueba: malla 10x20 “calandrada” en el invernadero U9, 13x30 en el invernadero U11 y 10x20 “fotoselectiva” en el invernadero U12 tanto en aberturas laterales como en cenitales, para constituir un diseño experimental de tres tratamientos con un testigo.

Poseen canales de chapa galvanizada que van apoyados sobre los ganchos galvanizados de los amagados, recogiendo el agua de la cubierta de esta zona y

conduciéndola hacia el exterior del invernadero, evitando así problemas de excesos de humedad dentro del invernadero, perjudiciales para el desarrollo de las plantas.



Figura 12. Detalle de las canaletas de recogida de aguas de lluvia.

3.2.3. Ventilación

La finalidad de la ventilación como renovadora del aire del invernadero es tanto para disminuir la temperatura ambiente, equiparándola a la externa, como actuar de la misma forma con la humedad del recinto.

El invernadero dispone de ventilación pasiva, contando con ventilación lateral y cenital.



Figura 13. Detalle de la ventilación lateral y cenital del invernadero U9.

La ventilación lateral consta de unas bandas laterales de 1,8 x 40 m en el lado sur del invernadero U9, ya que en el lado norte presenta un sistema de ventilación evaporativa. Los invernaderos U11 y U12 presentan dos bandas laterales de ventilación de 1,3 x 40 m tanto en el lado norte como en el sur.

La ventilación cenital consta de 3 ventanas con dimensiones de 0,9 x 40 m, en cada uno de los invernaderos U9 y U11; el invernadero U12 tiene 2 ventanas de las mismas dimensiones.

La apertura y cierre de las ventanas cenitales está regulada a través de un automatismo en función de los siguientes parámetros:

- Velocidad y dirección del viento.
- Temperatura y humedad relativa en el interior del invernadero.



Figura 14. Detalle de la puerta de doble cierre instalada en los invernaderos.

A la hermeticidad de la estructura anteriormente descrita, se le unen dos sistemas de dobles puertas, a través de las cuales se accede al invernadero. Este mecanismo también es un sistema pasivo en cuanto a la entrada de insectos desde el exterior.

3.2.4. Suelo

El suelo original sobre el que se construyeron los invernaderos U9, U11 y U12 está desarrollado sobre una marga salina de la que hereda sus propiedades. Dichas características salinas, asociadas a unas pésimas condiciones físicas lo hacían poco apto para el cultivo. Por ello, se procedió a realizar una enmienda constituida por tres fases: en la primera, el suelo original fue labrado con subsolador y despedregado. En la segunda fase, sobre su superficie, se añadió arena con un espesor aproximado de 15 cm y se mezcló con el suelo original mediante labranza a 30 cm de profundidad. En la tercera fase, sobre el resultado del proceso anterior se depositaron nuevamente 10 cm de arena y 5 cm de estiércol de cabra, y se procedió a una nueva mezcla a 30 cm de profundidad. Con ello, el suelo de cultivo resultante quedó constituido por tres horizontes: el más orgánico y de granulometría más gruesa en superficie (H1), un

horizonte intermedio mezcla de arena y suelo original (H2) y, por último, el suelo original parcialmente modificado mediante laboreo y despedregado (H3). Las características más importantes de dichos horizontes se indican en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Características edafológicas del suelo de, los invernaderos U9, U11 y U12.

Propiedades Físicoquímicas	Horizonte (H1)	Horizonte (H2)	Horizonte (H3)
Ph	9,14	9,06	8,54
CE (dS · m ⁻¹)	14,03	3,75	27,10
CO (% p/p)	1,84	0,07	0,15
N _{tot} (%)	0,22	0,02	0,03
CO3 (% p/p)	31,18	32,08	18,52
CIC (cmol ⁺ / Kg)	6,10	1,62	4,79
H33 KPa (% p/p)	8,19	3,66	22,08
H1500 KPa (% p/p)	6,41	2,44	11,95
Arena (% p/p)	86,83	88,283	36,71
Limo grueso (% p/p)	1,72	1,35	15,22
Limo fino (% p/p)	4,78	4,67	26,33
Arcilla (% p/p)	6,68	5,69	21,74
Textura	Arenosa-Franca	Arenosa	Franca

Valores analíticos de algunas propiedades que determinan el estado inicial de fertilidad del suelo de los invernaderos U9, U11 y U12 de la Finca Experimental de la UAL: **pH**: Acidez. **CE**: Conductividad Eléctrica. **CO**: Carbono Orgánico Total. **N_{tot}**: Nitrógeno Total. **CO3**: Carbonato Cálcico Equivalente. **CIC**: Capacidad de Intercambio Catiónico. **H33 KPa**: Humedad Gravimétrica en Capacidad de Campo. **H1500 KPa**: Humedad Gravimétrica en Punto de Marchitez Permanente. Los límites de tamaño de las fracciones granulométricas (Textura) son los utilizados por el índice taxonómico de suelos de **USDA** (United State Department of Agriculture).

El análisis de suelo realizado el 22 de Enero de 2009 proporciona información sobre las características estructurales del suelo y sobre las propiedades físico - químicas del mismo, datos fundamentales sobre los que apoyarse para llevar a cabo un adecuado manejo del cultivo.

3.3. SISTEMA DE RIEGO

El sistema de riego que presenta la finca experimental “Fundación UAL- ANECOOP” consta de los siguientes elementos:

3.3.1. Balsas



Figura 15. Detalle de las balsas en las que se almacena el agua de riego.

Balsa 1: Almacena agua procedente de la depuradora de Almería, gestionada por la “Comunidad de Regantes de Cuatro Vegas” cuya conductividad eléctrica oscila entre $1,8 - 2,3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$.

Balsa 2: Contiene agua de lluvia procedente de las canaletas de recogida pluvial existentes en los invernaderos de la finca, ya que las condiciones hídricas de la zona son muy difíciles y se intenta maximizar los recursos. La conductividad eléctrica presenta unos valores en torno a $0,3 - 0,6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$.

Para impulsar el agua de las balsas se han instalado dos bombas centrífugas multicelulares (una bomba por balsa). El sistema permite mezclar el agua según los requerimientos del cultivo, en función de una CE de consigna. El agua es conducida hasta el cabezal de riego, pasando antes a través de unos filtros de anillas.

3.3.2. Cabezal de riego

3.3.2.1. Sistema de impulsión.

Básicamente consta de una bomba centrífuga de impulsión de 3 CV de potencia y una válvula reguladora de presión.

3.3.2.2. Sistema de fertirrigación.

Existen diferentes elementos:

- Un tanque de mezcla del fertilizante.
- Cinco tanques de solución madre de 1000 l de capacidad cada uno.
- Un tanque de microelementos de 500 l de capacidad.
- Cinco bombas inyectoras de fertilizante.
- Cinco electroválvulas.
- Un ordenador de control.

El sistema consta de dos sensores de pH y dos de CE. Los sensores están situados aguas debajo de la bomba centrífuga que impulsa el torrente de agua hacia el invernadero, para controlar que los parámetros de pH y de CE se ajusten a los valores de consigna. La instalación cuenta con dos sistemas de seguridad que permiten detectar algún error en el circuito. El programador de riego controla las diferencias que se puedan dar entre las medidas de los sensores, y da la alarma cuando éstas superan el medio punto. Por otra parte el programador también controla las diferencias que existen entre los valores que se miden en las sondas y los valores de control. En este sentido, diferencias de más de medio punto, hacen parar al sistema.



Figura 16. Detalle del cabezal de riego

3.3.2.3. Sistema de filtrado.

Se han instalado cuatro filtros de mallas, los cuales retienen las posibles impurezas que puedan existir en la solución fertilizante.

3.3.3. Red de distribución

El sistema de distribución comienza con una tubería de impulsión que se extiende desde el cabezal de riego hasta el invernadero. Existe una electroválvula madre con la que se controla el paso de agua desde el sistema de fertirriego hasta los ramales de riego.

La zona invernada se divide en cuatro sectores de riego independientes, los cuales se controlan mediante electroválvulas. La tubería principal que une la válvula madre con el invernadero es de PVC y tiene un diámetro exterior de 60 mm. Las tuberías portarramales y portagoteros son de PE y tienen un diámetro exterior de 32 y 12 mm,

respectivamente. Los emisores utilizados son autocompensantes, antidrenantes y tienen un caudal nominal de $3 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$.

3.4. MATERIAL VEGETAL

Para realizar este ensayo se ha utilizado la especie *Cucurbita Pepo* L. cv. Canella en invernadero. Esta variedad ha sido obtenida por la casa de semillas ENZA ZADEN, cuya empresa la describe como una planta abierta, compacta y vigorosa con elevada producción. Variedad precoz, por lo que entra en producción muy rápido. Adecuada para aire libre o para invernadero en siembras de enero – marzo y septiembre. El fruto de buena calidad, oscuro, cilíndrico y con una longitud adecuada (no se hace demasiado largo). Color de la piel brillante y con buen cierre de la flor. Además nos dicen que esta variedad es resistente a Sf, ZYMV, PRSV Y WMV.



Figura 17. Detalle del cultivo de calabacín cv. Canella (18/10/10).

3.5. TÉCNICAS DE CULTIVO

3.5.1. Ciclo de cultivo.

El calabacín, por lo general, se cultiva en ciclo corto; bien sea en otoño o en primavera. Es una de las hortalizas que presentan mayor variabilidad en las fechas de siembra. Atendiendo al año agrícola, pueden distinguirse los siguientes ciclos de cultivo:

Extra-temprano: La siembra se realiza durante el mes de septiembre (zona mediterránea), principalmente en Almería, e iniciando la recolección en octubre hasta final de diciembre.

Temprano: Se siembra entre octubre y noviembre, realizándose la recolección desde final de noviembre hasta mediados de febrero.

Semi-tardío: La siembra es en febrero y la recolección desde marzo a junio.

Tardío: Se siembra a principios de abril y se inicia la recolección en junio (Reche, 1997).

Tabla 6. Ciclos del cultivo del calabacín.

	EXTRATEMPRANO	TEMPRANO	SEMITARDÍO	TARDÍO
Septiembre	Siembra			
Octubre	Recolección			
Noviembre		Siembra		
Diciembre				
Enero		Recolección		
Febrero				
Marzo			Siembra	
Abril			Recolección	Siembra
Mayo				
Junio				
Julio				

La siembra directa en nuestro ensayo se realizó el 25 de agosto de 2010 y la recolección se inició el 8 de octubre, extendiéndose hasta el 5 de enero de 2011, por lo que el ciclo de cultivo llevado a cabo se engloba en el de tipo extra-temprano.

3.5.2. Siembra

En el ensayo llevado a cabo, la siembra se efectuó el 25 de agosto del año 2010. Ésta se realizó de forma manual y directamente sobre el terreno. En primer lugar se hizo un pequeño hoyo en el suelo procurando llegar hasta la capa de materia orgánica (estiércol). Posteriormente, se depositó la semilla de calabacín sobre el terreno, se comprimió ligeramente con los dedos contra la tierra y se recubrió con una fina capa de arena. Por último, se dio un riego sin abono con el fin de inducir la germinación de las semillas.

3.5.3. Marco de plantación

El marco de siembra fue de líneas pareadas, separadas 1,16 m entre sí y con pasillos a 1,60 m, con 1 m entre plantas, resultando una densidad de plantación de $0,72 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$, que es ligeramente inferior a la densidad ofrecida por los marcos de plantación más habituales en la zona, que son $2 \times 0,5$; 1×1 y $1,5 \times 0,75$ (Camacho, 2003).

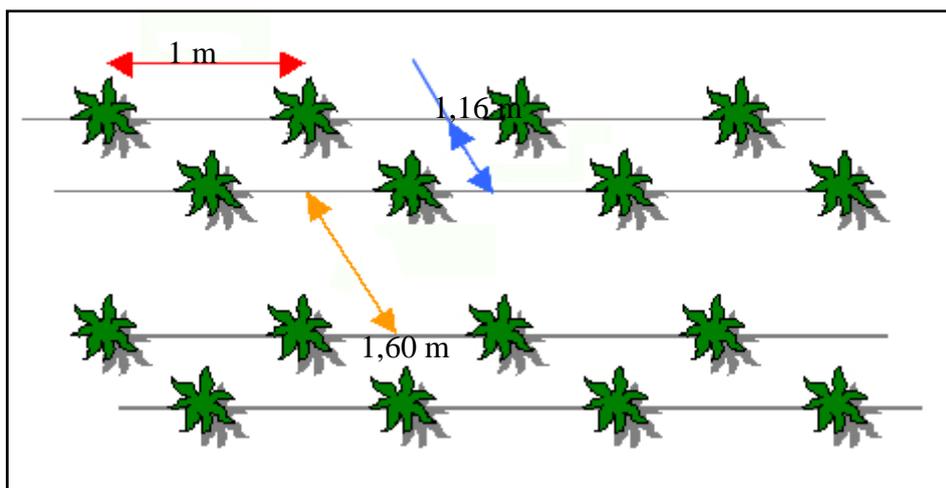


Figura 18. Croquis del marco de plantación realizado en el ensayo.

3.5.4. Tutorado

El objetivo de esta labor cultural, es ofrecer una mayor aireación a la planta, lo cual es imprescindible para evitar, en lo posible, la aparición y desarrollo de enfermedades, muy frecuentes en el calabacín debido a su gran superficie foliar. También permite una mayor incidencia y homogeneidad luminosa, mejorando así tanto la asimilación fotosintética, como la distribución del color en el fruto.

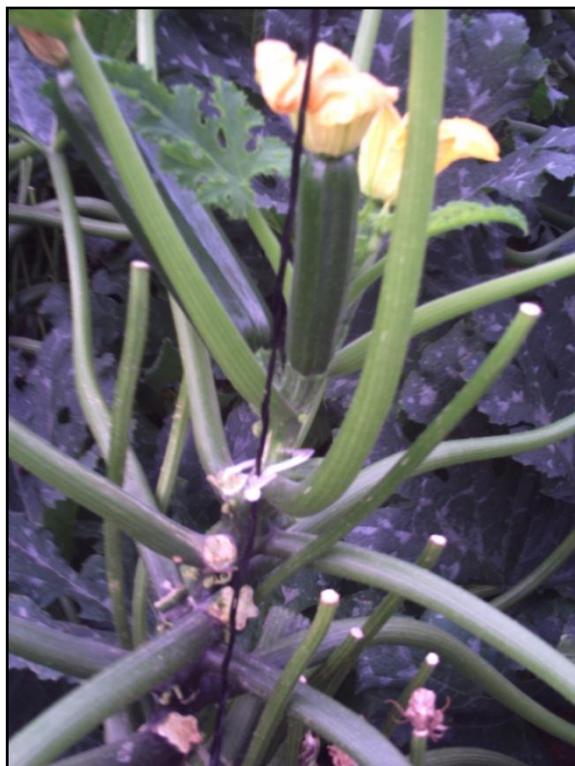


Figura 19. Detalle del sistema de tutorado de calabacín cv. Canella. EP.

El sistema de tutorado empleado en el ensayo fue de “gancho y descuelgue”; este consiste en colocar en el emparrillado del invernadero unas perchas con una rafia de polipropileno enrollado alrededor de un carrete para ir dejándolo caer, sujetando la planta a la rafia por la base del tallo mediante unos clips de polietileno blanco y guiándola conforme va creciendo. Debido a su porte medio, se utiliza un sistema de ganchos que permite que la estructura del calabacín se mantenga erguida, recibiendo el

máximo de luminosidad, por lo que incide en una mejora de la calidad del fruto y en un incremento de la producción.

Este sistema al permitir alargar el ciclo de cultivo debe cumplir una serie de condiciones:

- Resistencia a la carga generada por la planta.
- Facilidad para el desplazamiento e inmovilidad del sistema planta-gancho hasta el siguiente descuelgue.
- Que abarque suficiente rafia para todo el ciclo, aproximadamente de entre 9 y 10 m.
- Durabilidad a través del mantenimiento de sus propiedades físicas de resistencia a lo largo del tiempo.
- Economía, dado que los precios de mercado marcan diferencias entre modelos de hasta 400% (Fernández-Rodríguez, 1999).

3.5.5. Deshojado

Se ha efectuado el deshojado en las zonas basales de la planta, con el fin de aumentar la aireación, controlar en cierta medida la aparición de enfermedades fúngicas en períodos invernales y disminuir la absorción de nutrientes por unas hojas que ya estaban demasiado castigadas para realizar la fotosíntesis, siendo inútiles para el engorde del fruto. Además, esta labor mejora las condiciones lumínicas de la planta de calabacín, aumentando su capacidad fotosintética.

3.5.6. Riego

El sistema de riego fue con goteros autocompensantes y antidrenantes de 3 l·h⁻¹, cuyo marco fue de 1x0,5 m, es decir, existen 2 goteros·m⁻².

3.5.6.1. Plan de riego

Los requerimientos hídricos de las plantas varían a lo largo del ciclo de cultivo, según diferentes causas como el estado vegetativo de la planta, la temperatura en el interior del invernadero, la humedad del ambiente, etc. En las *Tablas 8 y 9* se pueden observar las distintas fases del riego según las necesidades hídricas del cultivo:

Tabla 7. Plan de riego llevado a cabo durante el ensayo en los invernaderos U9 y U11.

mes	semana	s.d.s	m ³ · h ⁻¹	min · día ⁻¹
Septiembre	01-07	1	4,8	20
	8-15	2	4,8	20
	16-23	3	5,62	25
	24-31	4	3,6	30
Octubre	01-07	5	3,6	30
	8-15	6	3,75	30
	16-22	7	3,7	30
	23-30	8	3,6	30
Noviembre	01-07	9	3,3	30
	8-15	10	4,52	28,5
	16-23	11	5,1	30
	24-31	12	5,2	30
Diciembre	01-07	13	0,33	10,5
	8-15	14	1,8	23
	16-22	15	4,4	30
	23-30	16	4,35	30
Enero	01-05	17	3,8	30

Tabla 8. Plan de riego llevado a cabo durante el ensayo en el invernadero U12.

mes	semana	s.d.s	m ³ · h ⁻¹	min · día ⁻¹
Septiembre	01-07	1	3	6
	8-15	2	2,6	11
	16-23	3	3	24
	24-31	4	3,1	29
Octubre	01-07	5	3	30
	8-15	6	3,1	30
	16-22	7	3,2	30
	23-30	8	6,3	30
Noviembre	01-07	9	3,3	30
	8-15	10	8,7	30
	16-23	11	3,2	30
	24-31	12	3,2	22
Diciembre	01-07	13	3,2	30
	8-15	14	5,3	30
	16-22	15	3,2	30
	23-30	16	3,2	30
Enero	01-05	17	3,3	30

3.5.6.2. Análisis de agua.

El agua utilizada para el riego del cultivo procede, casi en su totalidad, de la depuradora de Almería, que depura el agua mediante ozonización. Periódicamente se realizan análisis de la misma, con el fin de conocer las características esenciales que permitan mantener un buen manejo del cultivo.

3.5.7. Fertirrigación

Con la fertirrigación se aplica tanto agua como fertilizantes al cultivo. Este método se ha extendido por la mayor parte del sector agrícola y, si se utiliza junto con el riego localizado, es un sistema muy eficaz para suministrar el agua y los nutrientes que necesitan las plantas optimizando los recursos y, por lo tanto, maximizando el rendimiento.

El sistema de fertirriego presenta seis tanques entre los que se reparten los fertilizantes que proporcionan los nutrientes básicos (N, P, K), el ácido y los microelementos.

Tabla 9. Plan de fertirrigación llevado a cabo durante el ensayo.

	U9	U11	U12
Tanque A	Sulfato	Sulfato	Nitrato
	Potásico (100 kg/m ³)	Potásico (100 kg/m ³)	Potásico (100 kg/m ³)
Tanque B	Nitrato	Nitrato	Nitrato
	Potásico (100 kg/m ³)	Potásico (100 kg/m ³)	Potásico (100 kg/m ³)
Tanque C	Nitrato	Nitrato	Sulfato
	Potásico (100 kg/m ³)	Potásico (100 kg/m ³)	Potásico (100 kg/m ³)
Tanque D	Ácido	Ácido	Ácido
	Fosfórico (70 kg/m ³)	Fosfórico (70 kg/m ³)	Fosfórico (70 kg/m ³)

3.5.8. Cuajado del fruto

El calabacín presenta un deficiente cuajado de los frutos, entre otras causas, por la no coincidencia en el desarrollo y apertura de las flores masculinas y femeninas, por ello depende de otros métodos para conseguir la polinización de sus flores.

Para el cuajado del fruto, se ha recurrido a la utilización de fitohormonas. En el ensayo se utilizó una combinación muy extendida en la zona de las fitohormonas ANA

+ ANA-Amida en proporción 0,45% de ANA y 1,20% de ANA-Amida a una concentración de 0,8 g de producto comercial por litro de agua.

En este ensayo, el método que se utilizó para la aplicación de fitohormonas sobre el cultivo, fue la pulverización mediante mochila de tratamientos, directamente en el cogollo de la planta de forma uniforme, procurando que llegase a la totalidad del cogollo, por lo que, en este caso, la absorción por parte de la planta fue vía foliar.



Figura 20. Aplicación de fitohormonas sobre cultivo de calabacín cv. Canella. EP

3.5.9. Introducción de insectos auxiliares

Lysiphlebus testaceipes

Himenóptero de la familia Aphidiidae. Endoparásitoide estricto de áfidos de los géneros *Aphis*, *Brachycaudus*, *Myzus*, *Toxoptera*, etc. Puede ser utilizado en el control de diversas especies de pulgones tanto en invernadero como al aire libre. Ejerce un eficaz control sobre *Aphis gossypii*.

Su ciclo biológico pasa por los estadios de huevo, larva, prepupa, pupa y adulto. Esta especie se reproduce por partenogénesis facultativa: los huevos fecundados producen hembras diploides mientras que los no fecundados dan origen a machos

aploides. El apareamiento tiene lugar poco después de la emergencia de los adultos. La puesta la inicia la hembra poco después de la cópula: busca, haciendo uso de las antenas, una larva de pulgón, y con un rápido movimiento del abdomen sitúa un solo huevo en el interior del pulgón. El huevo eclosiona en el interior del pulgón y las larvas de I, II y III edad se alimentan de la hemolinfa del hospedante el cual permanece vivo y puede, incluso, reproducirse. La larva de IV edad se alimenta directamente de los órganos internos del hospedante provocándole la muerte.

Antes de entrar en el estadio de prepupa hace un orificio en la zona central del abdomen del hospedante, a través del cual se fija el sustrato mediante una seda. El tegumento del áfido se endurece y cambia de color adquiriendo una tonalidad marrón claro, la larva teje un capullo en el que pasará los estadios de prepupa y pupa y del que emergerá el imago; los restos del pulgón junto con su contenido reciben el nombre de momia. Los adultos abandonan la momia realizando un agujero en la zona apical.

La duración del periodo larvario disminuye al aumentar la temperatura; así para 12 °C es de unos 35 días, mientras que a 24 °C no sobrepasa los 13 días; a 21 °C es de 14-16 días. La longevidad de los adultos está influenciada por numerosos factores: temperatura, humedad relativa, hospedante, etc. (Vademécum, 2005).



Figura 21. Detalle del envase que contenía a *Lysiphlebus testaceipes*.

En nuestro ensayo, se realizó una suelta de cuatro botes con dos mil momias el 27 de Octubre de 2010, con el fin de controlar un pequeño foco de pulgón sobre el cultivo. La empresa comercializadora de este parásito es BIOMIT.

3.5.10. Tratamientos fitosanitarios

La finca experimental en la que se sitúan los invernaderos es de reciente explotación y, además, no existen zonas de cultivos intensivos a su alrededor, por lo que la presión que podrían ejercer plagas y enfermedades sobre los cultivos es menor.

Puesto que la virulencia de estas plagas y enfermedades resultó relativamente suave, el número de aplicaciones de tratamientos fitosanitarios destinados al control de los patógenos a lo largo del ciclo de cultivo, fue escaso.

De esta forma, los compuestos utilizados principalmente son los que se dirigen al control de hongos, como son la botrytis, muy presente durante todo el cultivo y el oidio; por otra parte están las algas marinas que se utilizan para intentar suavizar el estrés que pueda generarse por la aplicación de ciertos productos y para suministrar nutrientes básicos en las etapas críticas del cultivo; y, en último lugar, aquellos compuestos utilizados para la polinización artificial de las flores cuando las abejas no desarrollan correctamente su labor, como es el caso del cultivo de calabacín (*Tabla 12*).

Aunque con baja incidencia, aparecieron diversos ataques de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Frankliniella occidentalis*), “ceniza” u oidio de las cucurbitáceas (*Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*) y botrytis (*Botrytis cinerea*). A continuación se detallan algunas características de estas plagas y enfermedades:

Mosca blanca

Hay dos especies que parasitan al calabacín, *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*; pudiéndolas diferenciar a simple vista entre ellas por su tamaño

(*Bemisia Tabaci* es más pequeña) y por la forma de las alas. Tanto una como otra son vectores de diversas virosis.



Figura 22. Detalle de hoja joven de calabacín cv. Canella afectado por mosca blanca.

Los adultos y larvas se alimentan del tejido celular ocasionando más o menos daño dependiendo, fundamentalmente, del estado fenológico de la planta y el grado de infestación existente. Las larvas segregan sustancias azucaradas sobre las que suelen desarrollarse diversos hongos (negrilla), manchando hojas y frutos, quedando éstos depreciados para su comercialización.

La incidencia de este insecto sobre nuestro cultivo de calabacín ha sido mínima, no existiendo daños notables en éste.

Trips

Frankliniella occidentalis es una especie que produce muchos daños en hortícolas. Los adultos y larvas se alimentan a partir de picaduras con las que inyectan su saliva, la cual, posteriormente, succionan mezclada con los jugos celulares. Estas

picaduras pueden afectar a cualquier órgano aéreo de la planta, aunque esta especie se siente atraída, preferentemente, por las flores, hojas jóvenes y ápice de la planta.



Figura 23. Detalle de flor de calabacín cv. Canella afectado por *Frankliniella occidentalis*.

El pecíolo y envés de las hojas presentan manchas de color plateado, las flores, manchas de color blanquecino y los frutos, pequeñas picaduras por las cuales suelen exudar savia. Este insecto se ha concentrado casi exclusivamente en las flores del calabacín, aunque no ha ocasionado daño alguno al desarrollo normal de los frutos.

Botrytis

Es producida por el hongo *Botrytis cinerea*. Las lesiones se producen principalmente en el extremo de los frutos (flores), a veces llegan al pedúnculo del mismo así como a las hojas y tallos.

Produce una pudrición recubierta por el micelio del hongo de color grisáceo. Su desarrollo se ve favorecido con humedad relativa entorno al 80% y temperaturas entre 20-25 °C. El hongo permanece en el suelo y cuando las condiciones son óptimas se desarrolla fácilmente, penetrando a través de los cortes, heridas de poda, etc.



Figura 24. Detalle de flor de calabacín infestado por *Botrytis cinerea*.

De los problemas más importantes durante el ciclo de cultivo se encuentra la botrytis en flores y frutos. Esta enfermedad comienza en las flores de los calabacines y, una vez que los frutos comienzan a desarrollarse, el micelio del hongo se va introduciendo en ellos, llegando a depreciarlos o, incluso, invalidarlos para la venta.

“Ceniza” u oídio de las cucurbitáceas

La enfermedad es producida por los hongos *Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*. Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y peciolo e incluso a frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan.

Las malas hierbas y otros cultivos de cucurbitáceas, así como restos de cultivos serían las fuentes de inóculo y el viento es el encargado de transportar las esporas y

dispersar la enfermedad. Las temperaturas se sitúan en un margen de 10-35 °C, con el óptimo alrededor de 26 °C. La humedad relativa óptima es del 70%.



Figura 25. Detalle de un cultivo de calabacín afectado por *E. cichoracearum* y *S. fuliginea*.

Esta enfermedad se controló durante todo el ciclo menos en las últimas dos semanas, en las que se dio con mayor virulencia.

Tabla 10. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo.

Fecha	d.d.s.	Producto comercial	Materia activa	Dosis	Litros de caldo
13/09/2010	19	SPINTOR	Spinosad	40 cc	200
15/09/2010	21	PROBELTE AZUFRE	Azufre micronizado	10 kg	Espolvoreo
17/09/2010	23	VYDATE	Oxamilo (Methyl N'N'-dymethyl-N-(METHYLCARBAMOIL)-OXI)-1-THIOOXAMIMIDATO	2 L	Inyección en riego
22/09/2010	28	PROBELTE AZUFRE	Azufre micronizado	12 kg	Espolvoreo
25/09/2010	31	VYDATE	Oxamilo (Methyl N'N'-dymethyl-N-(METHYLCARBAMOIL)-OXI)-1-THIOOXAMIMIDATO	1,5 L	Inyección en riego

Tabla 10.a. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo (continuación).

01/10/2010	37	PROBELTE AZUFRE	Azufre micronizado	12 kg	Espolvoreo
05/10/2010	41	HORMOPRIM	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2%	70 gr	100
11/10/2010	47	HORMOPRIM IBERMAR C-2000	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	120 gr 200 cc	100
15/10/2010	51	HORMOPRIM IBERMARC-2000 IPRODIONA 50 flow	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	120 gr 200 cc 75 cc	100
21/10/2010	57	HORMOPRIM IBERMAR C-2000	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	120 gr 200 cc	100
22/10/2010	58	DOMARK PLENUM	Tetraconazol 10% [EC] P/V Pimetrocina 70% [WP] P/P	250 cc 200 gr	500
26/10/2010	62	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA50 flow	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	120 gr 200 cc 70 cc	100
30/10/2010	66	HORMOPRIM IBERMAR C-2000	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	100 gr 200 cc	100
04/11/2010	71	HORMOPRIM IBERMAR C-2000	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	100 gr 250 cc	100
09/11/2010	76	ARCHI RADICULAR HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 flow	Aminoácidos libres 8% ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	3,5 120 gr 200 cc 100 cc	100
12/11/2010	79	CADDY PEPITE	Ciproconazol 10%	90 gr	400
15/11/2010	82	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 flow	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	110 gr 200 cc 100 cc	100

Tabla 10.b. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo (continuación).

19/11/2010	86	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 flow	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	110 gr 200 cc 100 cc	100
26/11/2010	93	ARCHI RADICULAR CADDI PEPITE TEPPEKI	Aminoácidos libres 8%	3,5 L 90 gr 45 gr	Riego 400
30/11/2010	97	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 flow	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	150 gr 200 cc 100 cc	50
01/12/2010	98	IBERMAR C-2000	Crema de Algas IB-88 27,8%	600 cc	300
06/12/2010	103	ARCHI RADICULAR	Aminoácidos libres 8%	3,5 L	Inyección en riego
07/12/2010	104	IBERMAR C-2000	Crema de Algas IB-88 27,8%	800 cc	400
09/12/2010	106	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 FLOW	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	110 gr 200 cc 100 cc	110
15/12/2010	112	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 FLOW	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	105 gr 200 cc 100 cc	100
20/12/2010	117	X. ANTONIC WISTER		800 cc 450 cc	450
21/12/2010	118	ARCHI RADICULAR	Aminoácidos libres 8%	3,5 L	Riego
22/12/2010	119	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 FLOW	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	105 gr 200 cc 100 cc	100

Tabla 10.c. Plan de tratamientos fitosanitarios aplicados durante el ensayo (continuación).

27/12/2010	124	HORMOPRIM IBERMAR C-2000 IPRODIONA 50 FLOW	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	105 gr 200 cc 100 cc	100
31/12/2010	128	IBERMAR C-2000	Crema de Algas IB-88 27,8%	600 cc	300
03/01/2011	131	HORMOPRIM IBERMAR C-2000	ANA 0,45% + ANA-Amida 1,2% Crema de Algas IB-88 27,8%	105 gr 200 cc	100

3.5.11. Fisiopatías

Las fisiopatías que se observaron durante el ensayo fueron las siguientes:

Frutos “chupados”

Son frutos que no se desarrollan uniformemente y se quedan “chupados”, generalmente por la extremidad apical, aunque por la otra extremidad el desarrollo es normal. Este problema se debe normalmente a cambios bruscos de temperatura y/o humedad; falta de agua en el suelo; estrés hídrico o por tratamientos fitosanitarios.

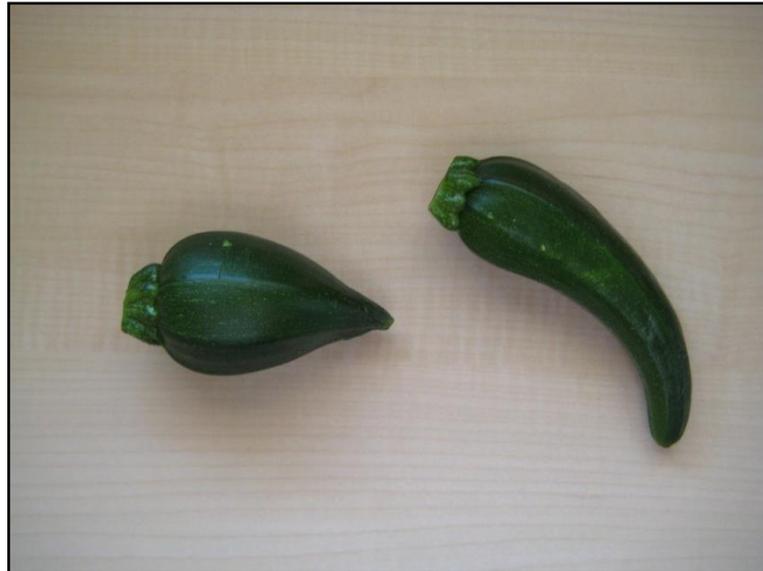


Figura 26. Detalle de frutos de calabacín cv. Canella “chupados”.

Frutos torcidos

Existen ocasiones en las que el fruto del calabacín se dobla por el centro del mismo, esto es debido a un mal cuajado de los mismos.

Frutos “anieblados”

Son frutos que paralizan su desarrollo en un estado muy joven y que al final son abortados. Las causas que pueden producir este problema son: agotamiento de la planta, falta de vigor vegetativo y también debido a tratamientos fitosanitarios.



Figura 27. Detalle de fruto de calabacín “anieblado”.

3.6. MALLAS ANTI-INSECTOS

Las mallas anti-insectos seleccionadas para este estudio fueron aquellas que comercialmente son las más demandadas por los productores del sector agrario, cuyas características geométricas han sido obtenidas mediante un ensayo en el laboratorio, y se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 11. Características geométricas de las mallas ensayadas: porosidad α , luz de los poros L_{px} x L_{py} , grosor de hilos D_{hx} x D_{hy} , diámetro de la circunferencia inscrita D_i y área del poro S_p .

Código	Densidad (fabricante)	Densidad (hilos/cm ²)	α (%)	L_{px} (μm)	L_{py} (μm)	D_{hx} (μm)	D_{hy} (μm)	D_i (μm)	S_p (mm ²)
Malla 1	10x20	9,9x19,7	0,335	233,7	734,0	276,4	273,4	236,6	0,171
Malla 2	10x20	10,0x20,1	0,325	225,4	724,8	277,1	273,0	229,5	0,163
Malla 3	13x30	13,1x30,5	0,390	164,6	593,3	168,6	163,1	167,4	0,098
Malla 4	10x20	10,1x20,0	0,379	256,6	736,4	256,8	243,7	259,8	0,189

Algunas de estas mallas han sido tratadas con procesos característicos, como es el caso de la Malla 2, la cual es calandrada, y la Malla 4 que es fotoselectiva.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.7.1. Caracterización del ensayo

El ensayo llevado a cabo trata de evaluar el efecto de los distintos tipos de mallas en la producción y calidad de un cultivo de calabacín cv. Canella, cultivado en invernadero durante la campaña 2010/2011. Para ello se realizó un ensayo constituido por: T₀, correspondiente a las mallas testigo, y tres tratamientos T₁, T₂ y T₃ para otros tipos de mallas.

Los tres invernaderos donde se realizó el trabajo experimental fueron divididos por la mitad con una pared de plástico transparente de las mismas características que el de la cubierta, con la finalidad de delimitar los dos tratamientos en que quedó constituido el experimento y alterar lo menos posible el microclima interior de los invernaderos. En el lado Este de los tres invernaderos se colocaron, en las aperturas de ventilación laterales y cenitales, la Malla 1 como testigo o control y del lado Oeste se colocaron las mallas de prueba; la Malla 2 (calandrada) en el invernadero U9, la Malla 3 (13x30) en el invernadero U11 y la Malla 4 (fotoselectiva) en el invernadero U12.

Para el análisis de datos de muestreos de frutos, cada uno de los invernaderos se dividió en 4 sectores (NO, SO, NE, SE). En cada sector se seleccionaron tres pasillos al azar, que sirvieron para llevar el seguimiento del cultivo.

Los pasillos elegidos para las repeticiones en los invernaderos U9 y U11 constan de dos líneas pareadas formadas por 24 plantas cada una, otras dos líneas pareadas de 20 plantas cada una y una línea de 12 plantas, por tanto son 100 plantas sometidas a estudio. Hay que tener en cuenta que hay 230 plantas por sector en el lado Este y 182 en cada sector del lado Oeste (460 en el lado Este y 364 en el lado Oeste), que ocupan una superficie de 312 m² aproximadamente en los sectores del lado Este y 240 m² en los sectores del lado Oeste. En el caso del invernadero U12 elegimos dos líneas pareadas con 17 y 15 plantas respectivamente, y una línea de 17 plantas, con lo cual teníamos 81 plantas para el muestreo. En los sectores del lado Este tenemos 165 plantas y 131 en

cada sector del lado Oeste (330 plantas en el lado Este y 262 plantas en el Oeste), del lado Oeste.

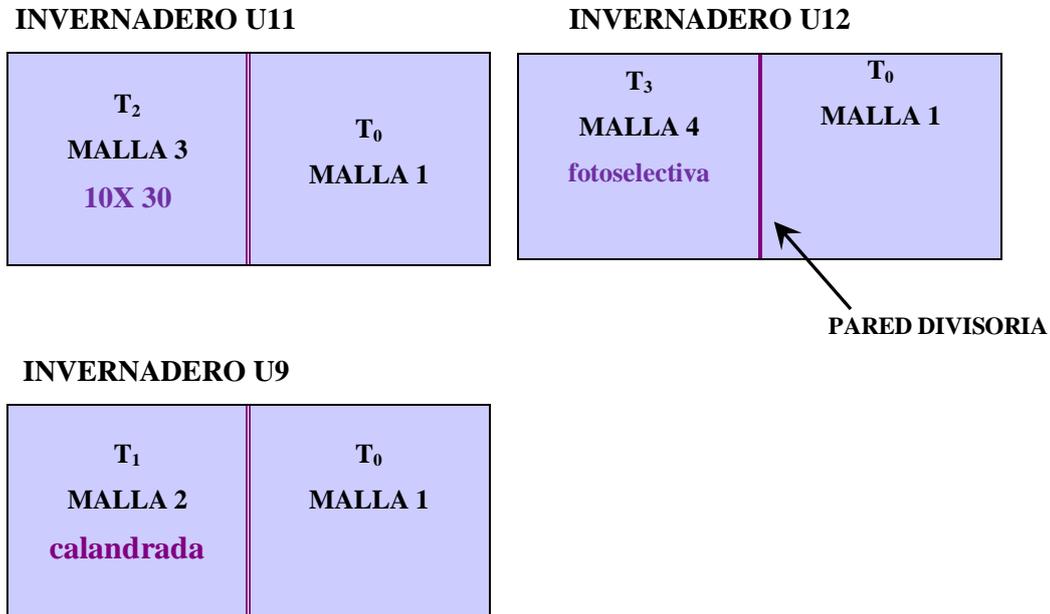


Figura 28. Esquema de la distribución de las mallas anti-insectos en cada uno de los tres invernaderos del ensayo.

La toma de datos se realizó en plantas situadas en la zona central de la parcela para evitar con ello el efecto borde.

La superficie con que se cuenta para este estudio es de 2685 m² distribuida del siguiente modo: 985 m² para los invernaderos U9 y U11, y 715 m² para el invernadero U12; se tiene por tanto una superficie con malla control de 10x20 hilos/cm² de un total de 1342,5 m² para los tres invernaderos y para la malla de prueba calandrada del invernadero U9 de 492,5 m² e igual para el invernadero U11 con malla de prueba de 13x30 hilos·cm², y para la malla fotoselectiva del invernadero U12 se tienen 357,5 m².

3.7.2. Toma de datos

La toma de datos comenzó el 8 de octubre y finalizó el 5 de enero (*Tabla 14*). Parte de esta toma de datos fue realizada de forma directa sobre las parcelas y otra parte se realizó en el laboratorio. En este proceso se cuantificó la producción total correspondiente a la superficie del ensayo.

Se eligieron tres pasillos al azar por cada sector, de los cuales se recogió la muestra de frutos.



Figura 29. Detalle de la toma de datos realizada de forma directa durante el ensayo.

Tabla 12. Relación de días en los que se realizó la toma de datos.

Octubre	d.d.s.	Noviembre	d.d.s.	Diciembre	d.d.s.	Enero	d.d.s.
08/10/10	44	01/11/10	68	01/12/10	98	03/01/11	131
11/10/10	47	03/11/10	70	03/12/10	100	05/01/11	133
13/10/10	49	05/11/10	72	06/12/10	103		
15/10/10	51	08/11/10	75	09/12/10	106		
18/10/10	54	10/11/10	77	11/12/10	108		
20/10/10	56	12/11/10	79	13/12/10	110		
22/10/10	58	15/11/10	82	15/12/10	112		
25/10/10	61	17/11/10	84	17/12/10	114		
27/10/10	63	19/11/10	86	20/12/10	117		
29/10/10	65	22/11/10	89	22/12/10	119		
		24/11/10	91	24/12/10	121		
		26/11/10	93	27/12/10	124		
		29/11/10	96	29/12/10	126		
				31/12/10	128		

3.7.3. Parámetros sometidos a estudio

3.7.3.1. Producción total.

Se ha medido la producción total, para las 100 plantas consideradas en cada parcela, con una balanza EKS electrónica de sensibilidad 100 g y capacidad máxima de 40 kg.

3.7.3.2. Producción comercial.

La producción comercial se ha obtenido de forma indirecta, mediante el análisis de los datos correspondientes a la producción total.

3.7.3.3. Componentes del rendimiento.

Los parámetros que se han estudiado para estos frutos son:

- El peso medio del fruto, para lo cual se ha utilizado una balanza SCALTEC (SPO 63) electrónica, de sensibilidad 0,1 g y capacidad máxima 610 g.
- Diámetro del fruto con calibre digital.
- Longitud del fruto con regla.
- El número de frutos por metro cuadrado, datos que se han obtenido de forma indirecta a partir de los valores de producción comercial y peso medio del fruto comercial.

3.7.3.4. Distribución por calibres.

Se ha realizado una distribución por calibres para la componente peso. Para determinar cada una de las categorías a las que pertenecen los frutos recogidos, se han seguido las indicaciones que aparecen en el apartado tercero del Reglamento (CE) N° 1757/2003 de la Comisión, por el que se establecen las normas de comercialización de los calabacines.

El calibre de los calabacines vendrá determinado por: su longitud o su peso.

a) En caso de que el calibre se base en la longitud, ésta se medirá entre la línea de unión con el pedúnculo y el extremo de la corola del fruto.

El calibre mínimo será de 7 cm y el máximo de 35 cm.

En el caso de las categorías Extra y I, los calabacines deberán calibrarse con arreglo a la escala siguiente:

- de \forall cm a $\forall \xi$ cm, inclusive,
- de $\forall \xi$ cm, exclusive, a $\forall \backslash$ cm, inclusive,

- de 21 cm, exclusive, a 30 cm.

b) En caso de que el calibre se base en el peso, el calibre mínimo será de 50 g y el máximo de 450 g.

En el caso de las categorías Extra y I, los calabacines deberán calibrarse con arreglo a la escala siguiente:

- de 50 g a 100 g, inclusive,
- de 100 g, exclusive, a 225 g, inclusive,
- de 225 g, exclusive, a 450 g.

3.7.3.5. Crecimiento y desarrollo

Para evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo se han medido parámetros como la longitud del tallo (Sna), el número de hojas (NH) y el número de inflorescencias (NI). Para obtener datos representativos se ha hecho un muestreo que ha consistido en medir dichos parámetros de 18 plantas de cada sector Este y Oeste. Así se medían 9 plantas de la zona Sur y 9 de la zona Norte; tres plantas del centro, tres de un lado y tres del otro evitando las que están junto a la pared para eludir el efecto borde. De esta forma, se ha comparado la media del crecimiento del lado Este con la del lado Oeste en cada invernadero.

Parámetros morfológicos

- **Sna (cm):** es la distancia del último entrenudo al suelo.
- **NH (número de hojas):** las existentes al momento de hacer la medición además de las retiradas en la poda de aclareo.
- **NI (número de inflorescencias):** solamente las existentes en el momento de la toma de datos.

3.7.4. Superficie de aberturas de ventilación por invernadero

La superficie de las aberturas de ventilación cenital y lateral de cada invernadero es de: 194 m², 212 m² y 176 m², para los invernaderos U9, U11 y U12 respectivamente, *Tabla 15*, se incluye en este cálculo la superficie de ventilación del semiarco de elevación de las aberturas de ventilación cenital lateral a ambos lados (Este y Oeste) de cada invernadero. La superficie de las aberturas de ventilación por tratamiento son las cantidades totales dividido entre dos.

Tabla 13. Superficie de aberturas de ventilación de los tres invernaderos.

SUPERFICIE DE ABERTURAS DE VENTILACION (m ²)								
INV	SECTOR	Lateral		Cenital		Cenital lateral		TOTAL
		Norte	Sur	Norte	Sur	Este	Oeste	
U9	NO			17,75			1,80	19,55
	SO		37,60		31,50		3,60	72,70
	NE			20,25		1,80		22,05
	SE		48,40		40,50	3,60		92,50
	Total		86,00	38,00	72,00	5,40	5,40	206,80
U11	NO	22,75		31,50			3,60	57,85
	SO		22,75		17,75		1,80	42,30
	NE	29,25		40,50		3,60		73,35
	SE		29,25		20,25	1,80		51,30
	Total	52,00	52,00	72,00	38,00	5,40	5,40	224,80
U12	NO	22,75		15,75			1,80	40,30
	SO		22,75		15,75		1,80	40,30
	NE	29,25		20,25		1,80		51,80
	SE		29,25		20,25	1,80		51,80
	Total	52,00	52,00	36,00	36,00	3,60	3,60	184,20

3.7.5. Superficie de las parcelas elementales de experimentación

En cada tratamiento se delinearon cuatro parcelas elementales de experimentación con dimensiones de 22x2,5m y superficie de 55 m², que contiene dos líneas de cultivo pareadas con 44 goteros por línea, para igual número de plantas, para cada uno de los invernaderos U9, U11. Para el invernadero U12, las dimensiones son de 16x2,5 m y superficie de 40 m², y contienen dos líneas de cultivo pareadas con 32 goteros por línea. La *Tabla 16* muestra las superficies de las 6 parcelas elementales de experimentación, la superficie por tratamiento y el porcentaje, respecto a la superficie de cada invernadero.

Tabla 14. Superficie de las parcelas elementales de experimentación por tratamiento y el porcentaje respecto a la superficie de cada invernadero.

Superficie de Parcelas Elementales en m ²								
INV	TRAT	N° de Parcelas Elementales por Tratamiento				Sup. Total x Trat. m ²	Sup. Total x Inv. m ²	% de Sup. x Inv.
		NO	SO	NE	SE			
		U9	T ₁	55	55			
	T ₀			55	55	110		
U11	T ₂	55	55			110	985	22,34
	T ₀			55	55	110		
U12	T ₃	40	40			80	715	22,38
	T ₀			40	40	80		

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de campo, relativos al efecto que tuvieron las mallas de protección en la producción y calidad del cultivo objeto de estudio.

También se ha analizado el efecto la porosidad de las mallas usadas, en los principales parámetros climáticos, como son la temperatura y la humedad relativa del microclima interior de los invernaderos; así como los efectos que han tenido en el rendimiento del cultivo y en la calidad de los frutos.

Como se ha comentado en apartados anteriores, cada uno de los tres invernaderos se dividió en dos mitades iguales mediante una cortina divisoria, correspondiendo siempre la mitad Este con la malla “testigo” y la mitad Oeste con la malla de “prueba”. Por lo tanto, se ha comparado el lado Este con el Oeste para cada uno de los invernaderos.

En general, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas mallas analizadas, debido, posiblemente, a que sus valores de porosidad eran similares y al hecho de que los parámetros climáticos se mantuvieron dentro del rango de crecimiento óptimo del cultivo.

4.1. EFECTO DE LAS MALLAS EN EL RENDIMIENTO, CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO

Para el análisis estadístico de los datos, se aplicaron las pruebas de rango múltiple, para diferencias mínimas significativas al 95% de nivel de confianza $DMS_{0,05}$ entre el conjunto de tratamientos, mediante el programa Statgraphics Plus.

4.1.1. Rendimiento y producción

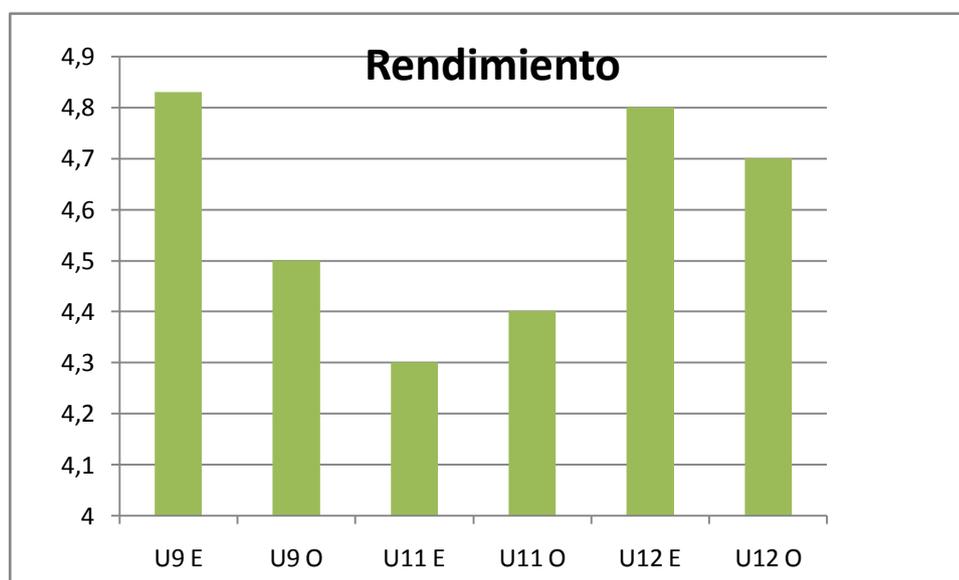
En el caso de los parámetros de rendimiento, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas al nivel de confianza analizado dentro de ningún invernadero. Sin embargo, si se aprecian diferencias significativas en el invernadero U9 respecto al rendimiento conseguido con el tratamiento testigo T_0 (el de mayor

producción) y el obtenido con el tratamiento experimental T_1 (el de menor producción), como se puede apreciar en la *Tabla 15*.

Invernadero	Tratamientos	Porosidad	Rendimiento
		α (%)	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
U9E	T_0 malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,379	4,83
U9O	T_1 malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,325	4,5
U11E	T_0 malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,335	4,3
U11O	T_2 malla 13x30 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,390	4,4
U12E	T_0 malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,379	4,8
U12O	T_3 malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,375	4,7
<i>p</i> valor			0,2747

Tabla 15. Parámetros de rendimiento de un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L. cv. Canella), evaluado en los tres invernaderos con mallas de protección de diferente porosidad en las aberturas de ventilación.

A continuación se presenta la *Gráfica 9* que representan los datos de la tabla anterior y donde se aprecia que existe una diferencia en el caso del invernadero U9 en el que hay mayor producción en el sector donde se encuentra la malla testigo.



Gráfica 9. Rendimiento total (kg/m^2) de un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L. cv. Canella), en cada uno de los sectores de los invernaderos.

Con respecto a los sectores de los demás invernaderos, podemos ver en la *Gráfica 9* que hay una diferencia importante en el invernadero U11 y en particular en sector Este del mismo, siendo en rendimiento en este sector bastante menor que en los demás casos.

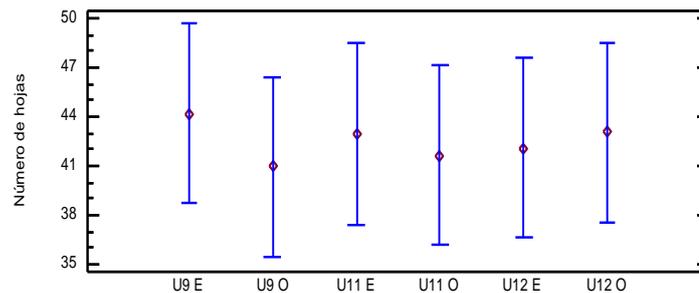
Estas diferencias de rendimiento entre los distintos sectores, pueden encontrar su explicación en el análisis del crecimiento y desarrollo de las plantas y de los parámetros de calidad (peso, calibre y longitud) de los frutos. Por ello, estos puntos se estudian a continuación.

4.1.2. Crecimiento y desarrollo

Para el análisis del crecimiento y el desarrollo del cultivo, se han tomado datos con respecto a tres parámetros.

A continuación, la *Gráfica 10* describe el desarrollo en respuesta al número de hojas por planta. El número de hojas que produce la planta es muy importante ya que las flores de la planta de calabacín nacen de la axila de la hoja. Además cabe reseñar que los días cortos y las bajas temperaturas, como es el caso en este cultivo de otoño – invierno, inducen a la feminización de las flores lo que dará lugar a fruto, como veremos más adelante.

Gráfica 10. Comparación de NH entre los diferentes sectores de los tres invernaderos.

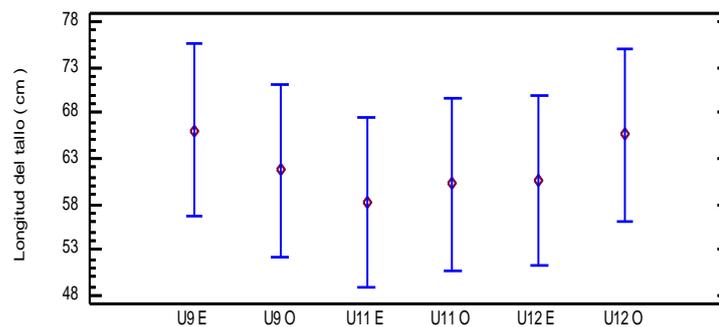


Esta gráfica aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Así podemos ver que, según la prueba de rango múltiple, no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

En la siguiente gráfica se evalúa el crecimiento del tallo de las plantas en los distintos sectores.

Con la prueba de rango múltiple podemos determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Sin embargo, en este caso tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

Gráfica 11. Comparación del crecimiento del tallo entre los distintos sectores de los invernaderos.

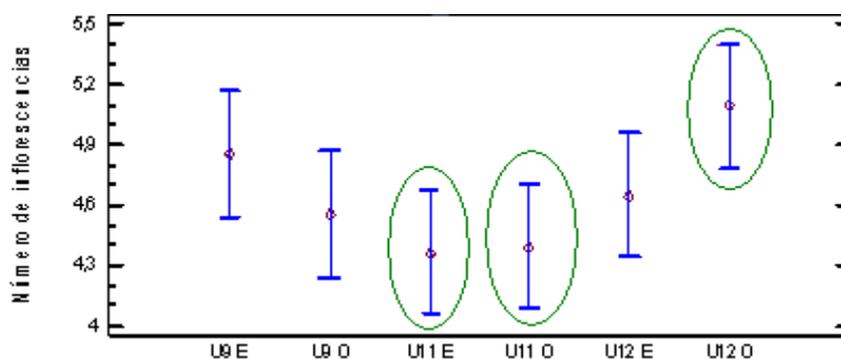


Aunque no existan diferencias destacables con respecto a este parámetro, en la *Gráfica 11* podemos observar cierta tendencia que coincide con lo observado en la *Gráfica 9*. Siendo en el sector U9 E en el que se encuentran las plantas más altas y por tanto, y como hemos visto también en la *Gráfica 10*, las que poseen más hojas y por ende, las que tienen también más flores, las cuales darán lugar a fruto. Al contrario ocurre en el sector U11 E, en cual aparece como el sector donde menos han crecido los tallos de las plantas.

Queremos referirnos pues, a que la *Gráfica 11* explica, en cierto modo, el por qué de los distintos rendimientos en cada sector. Podemos decir entonces, que la longitud del tallo puede influir en la producción.

Seguidamente consideraremos el número de inflorescencias por planta. El estudio de este parámetro nos demuestra cómo, en el sector U11 E, florecen menos inflorescencias. Esto coincide con lo observado en la grafica anterior. Por esto, el crecimiento del tallo de la planta y la cantidad de inflorescencias de la misma podrían afectar a la cantidad de frutos como se manifiesta en el apartado donde hemos visto el rendimiento obtenido (*Tabla 15 y Gráfica 9*).

Gráfica 12. Comparación del número de inflorescencias de los diferentes sectores de los tres invernaderos.



Para verificar los resultados que nos muestra la *Gráfica 12* y a su vez profundizar más en las diferencias obtenidas, el análisis de rango múltiple nos proporciona una tabla de contrastes con todas las combinaciones posibles entre sectores. En la *Tabla 16* podemos ver más detalladamente las diferencias que nos indica la gráfica anterior.

Tabla 16. Contraste de diferencias entre sectores según la prueba de rango múltiple.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
U9 E - U9 O		0,296875	0,618918
U9 E - U11 E		0,485625	0,618918
U9 E - U11 O		0,458125	0,618918
U9 E - U12 E		0,200625	0,618918
U9 E - U12 O		-0,235312	0,618918
U9 O - U11 E		0,18875	0,618918
U9 O - U11 O		0,16125	0,618918
U9 O - U12 E		-0,09625	0,618918
U9 O - U12 O		-0,532187	0,618918
U11 E - U11 O		-0,0275	0,618918
U11 E - U12 E		-0,285	0,618918
U11 E - U12 O	*	-0,720937	0,618918
U11 O - U12 E		-0,2575	0,618918
U11 O - U12 O	*	-0,693437	0,618918
U12 E - U12 O		-0,435937	0,618918

* indica una diferencia significativa.

La *Tabla 16* aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se

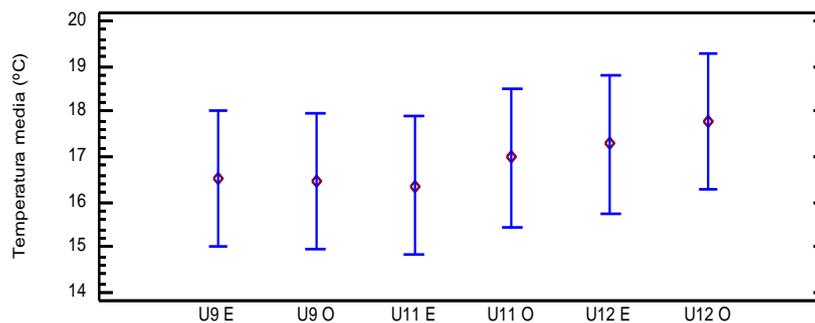
encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

No obstante debemos decir que, en cuanto a cada invernadero en particular, no se estiman grandes diferencias en el número de inflorescencias de las plantas del sector donde se encuentra la malla testigo y las que hay en las de la malla de prueba.

Estas diferencias pueden ser debidas a que en el invernadero U11 puede entrar más cantidad de insectos plaga al igual que pueden afectar más las condiciones climáticas exteriores ya que la porosidad de la malla de prueba es mayor. De hecho, el rendimiento en el invernadero U11 también ha sido menor que en los demás invernaderos, como hemos podido observar en la *Gráfica 9*.

Pero además de este razonamiento, veamos a continuación cómo las temperaturas pueden haber influido en la cantidad de flores femeninas que darán lugar a fruto.

Gráfica 13. Comparación de las temperaturas medias por sectores (°C).



En la *Gráfica 13* advertimos que las temperaturas confirman que, efectivamente, pueden haber causado los resultados obtenidos con el análisis de las cantidades de inflorescencias. Si bien no distinguimos diferencias significativas entre las temperaturas de los sectores al analizar dichos datos de temperatura con la prueba de rango múltiple, podemos señalar que, como hemos hecho mención anteriormente en el apartado 4.1.2., las temperaturas bajas inducen a la feminización de las flores.

Según Serrano (1996), la temperatura media mensual, ideal para obtener una buena producción en este cultivo, debe estar comprometida entre 16-27 °C. Con temperaturas elevadas y alta humedad relativa, si las plantas están en floración se dificulta bastante fecundación, en este caso, inducida por hormonas. Teniendo en cuenta esto, vemos en la *Gráfica 13* que en el invernadero U12 los datos de temperatura obtenidos están dentro del rango óptimo de entre 16-27 °C. Además, estas temperaturas,

tienden a ser bajas y según la fecha del cultivo se puede decir que los días eran cortos lo que puede traducirse en un aumento de la feminización de las flores.

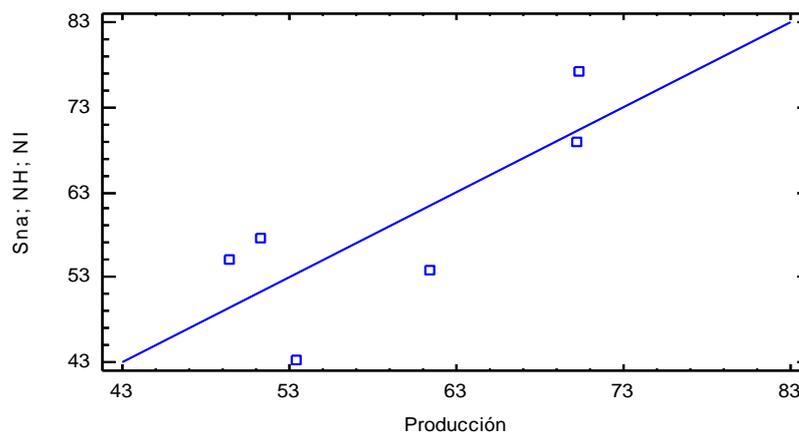
Con respecto a las temperaturas de los demás invernaderos, debemos señalar que se encuentran, quizá, por debajo del rango óptimo para la producción.

Cabe destacar que, reparando en cada invernadero individualmente, nos damos cuenta de que entre los dos sectores U9 E, U9 O y U11 E hay muy poca o ninguna diferencia en cuanto a temperaturas. Se puede decir, en este caso, que la malla de prueba no nos proporciona muchos cambios con respecto a la malla testigo. Ya que en el sector U9 E es donde más producción se ha obtenido (*Gráfica 9* y la *Tabla 15*) a pesar de que las temperaturas tienden a la baja en este sector, en relación con el rango óptimo de temperatura para un cultivo de calabacín.

Aun así, el que sea el sector U9 E el que más rendimiento produjo y teniendo en cuenta las temperaturas, desmonta en parte nuestra hipótesis de que sean las temperaturas las causantes de las diferencias existentes en relación al número de inflorescencias.

Ahora estudiaremos cómo afectan estos parámetros de crecimiento y desarrollo a la producción media por sectores. Para ello hemos realizado una regresión múltiple que se muestra a continuación (*Gráfica 14*).

Gráfica 14. Regresión múltiple que relaciona los parámetros Sna, NH y NI con la producción (kg).



$$\text{Valor-}P = 0,5246$$

La *Gráfica 14* muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre la producción media (kg) y tres variables independientes (Sna, NH y NI). La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Producción media} = -186,668 + 2,19951 * \text{Sna} + 8,80883 * \text{NH} - 57,2018 * \text{NI}$$

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

Declaramos pues, que los parámetros de crecimiento y desarrollo no han influido excesivamente en la producción sacada.

4.1.3. Calidad

Aun con los análisis anteriores, todavía nos quedan otras demostraciones que nos dan una explicación a los datos de rendimiento. El estudio de los siguientes parámetros nos reporta también datos sobre cómo afectan las mallas de prueba a la calidad de los frutos.

La siguiente tabla revela las medias de los parámetros sometidos a estudio: peso, calibre y longitud del fruto. Así como nos indica si existe alguna diferencia significativa entre los distintos sectores.

Invernadero	Tratamientos	Porosidad	Parámetros de Calidad		
			Peso	Calibre	Longitud
		α (%)	$\text{g}\cdot\text{fruto}^{-1}$	$\text{mm}\cdot\text{fruto}^{-1}$	$\text{cm}\cdot\text{fruto}^{-1}$
U9E	T ₀ malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,379	245,883	42,3055	18,5958
U9O	T ₁ malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,325	244,093	42,0878	18,5181
U11E	T ₀ malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,335	243,787	42,1696	18,3987
U11O	T ₂ malla 13x30 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,390	240,568	42,2475	18,3293
U12E	T ₀ malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,379	253,63	42,7332	18,8391
U12O	T ₃ malla 10x20 ($\text{hilos}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0,375	250,5	42,4258	18,7174
<i>p valor</i>			0,9364	0,9890	0,7502

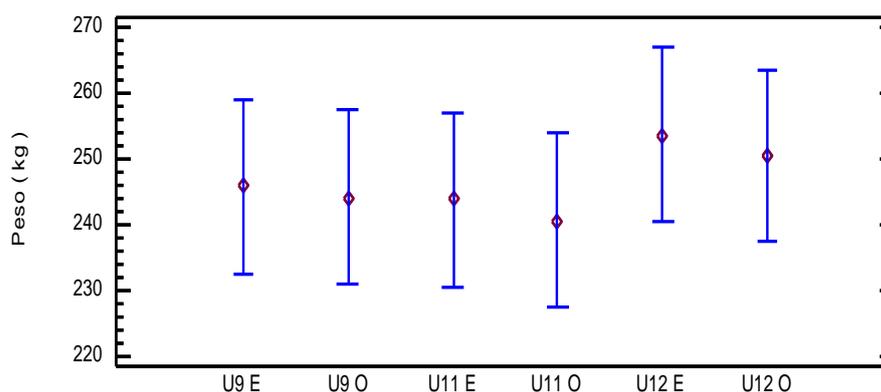
Tabla 17. Parámetros de calidad de un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L. cv. Canella), evaluado en los tres invernaderos con mallas de protección de diferente porosidad en las aberturas de ventilación.

En la *Tabla 17*, se observa que en el invernadero U11 los parámetros de calidad son inferiores, concretamente en el peso de los frutos (g) y en la longitud (cm). Se aprecia que en el lado Este, donde se sitúa el tratamiento testigo T₀, con la malla menos porosa, los valores son ligeramente superiores a los del lado Oeste, tratamiento de prueba, con una malla de mayor porosidad de tipo 13x30. Al igual ocurre en el caso del invernadero U12.

Esto podría deberse a que la malla de prueba (13x30), al tener una porosidad mayor que la malla testigo, facilita la entrada de insectos plaga en el sector, lo que afectaría a la calidad del fruto.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

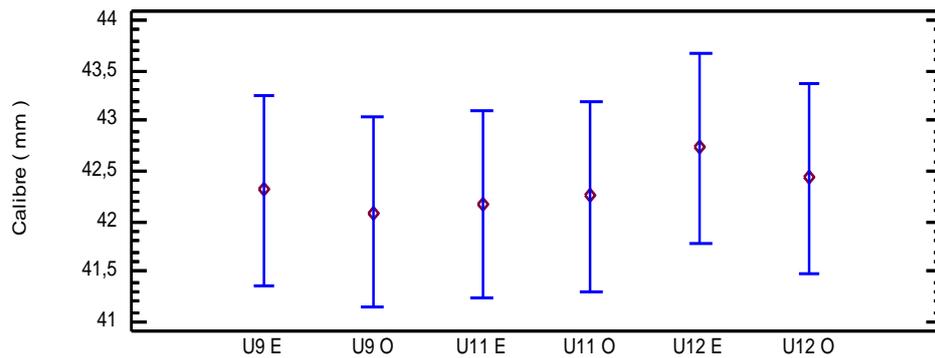
En la *Gráfica 15* vemos la correlación entre el peso de los frutos de los distintos sectores. Con esto pretendemos analizar la existencia de alguna diferencia entre el lado Este de cada invernadero donde se encuentra la malla testigo y el lado Oeste donde se da el tratamiento, en este caso la malla de prueba. Así como las diferencias entre cualquiera de los sectores de los tres invernaderos.

Gráfica 15. Comparación del parámetro peso (kg).

Para realizar el cotejo de los datos tomados hemos sometido dichos datos a una prueba de rango múltiple. La *Gráfica 15* aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

Aun sin grandes diferencias entre los pares de medias, sí se aprecia en la *Gráfica 15* un leve aumento del peso de los frutos en el invernadero U12. Esto puede ser debido a que las temperaturas están en mejor consonancia con el rango óptimo de temperaturas (16-27 °C Serrano (1996)) que en los demás invernaderos y como consecuencia el aumento de flores femeninas como hemos estudiado anteriormente y podemos ver en las *Gráficas 12 y 13*.

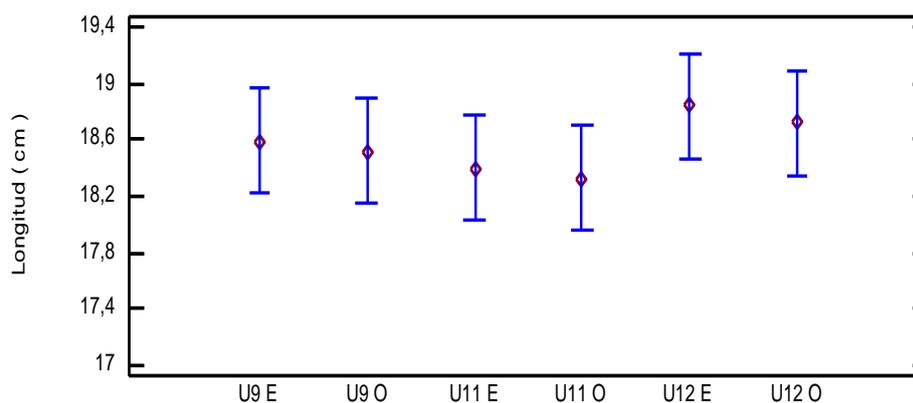
En la siguiente gráfica mostramos los contrastes con respecto al calibre de los frutos, otro parámetro relacionado con la calidad que hemos sometido a estudio. Para ello nos regimos por el mismo patrón que en el caso anterior, comparación entre sectores del mismo invernadero, es decir, resultados con la malla testigo y con la malla de prueba, y comparación general entre todos los sectores de los tres invernaderos.

Gráfica 16. Comparación del parámetro calibre (mm).

La *Gráfica 16* emplea el mismo procedimiento de comparación múltiple que en el caso anterior para determinar cuáles medidas de calibres de los frutos son significativamente diferentes de otras. Y según los resultados apreciables en la esta gráfica podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pero al igual que en la *Gráfica 15*, se puede ver una diferencia en el sector U12 E con respecto al resto de sectores. Si bien este sector apenas se distingue de su opuesto el sector U12 O.

Utilizando el mismo programa de comparación que en el estudio de los anteriores parámetros de calidad, hemos hecho la confrontación de los datos obtenidos con la medición de la longitud de las muestras de frutos. Dicha confrontación es la que refleja la *Gráfica 17*, en la que, al igual que en los casos anteriores, contrastamos resultados entre sectores sometidos a tratamiento y sectores testigo así como contrastes entre todos los sectores en general.

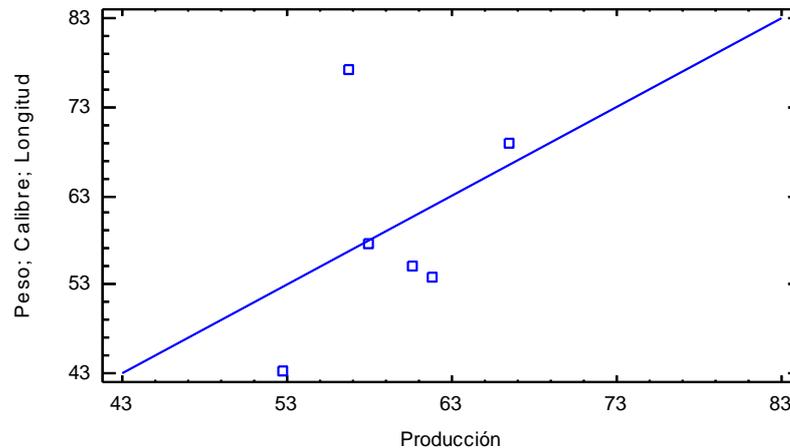
Gráfica 17. Comparación del parámetro longitud (cm).

La *Gráfica 17* maneja una vez más la misma prueba de comparación múltiple que en los casos anteriores de peso y calibre para determinar cuáles medias obtenidas con la medición de la longitud de los frutos son significativamente diferentes de otras. Así que, tomando en consideración la *Gráfica 17*, podemos señalar que en este caso tampoco hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

No obstante, advertimos resultados parecidos a los obtenidos en otros parámetros de calidad, es decir, de nuevo es en el sector U12 E donde existe una leve diferencia con respecto a los demás sectores de los invernaderos salvando el sector U12 O con el que no se aprecia casi diferencia.

A continuación veamos cómo influyen los diferentes parámetros de calidad en la producción media por sectores. Para lo que se ha utilizado el mismo método de regresión múltiple que en el caso anterior con los parámetros de crecimiento y desarrollo. Los resultados se muestran en la siguiente gráfica.

Gráfica 18. Regresión lineal múltiple que relaciona los parámetros de calidad con la producción (kg).



Valor-P = 0,9414

En la *Gráfica 18* podemos ver los resultados obtenidos al ajustar el modelo de regresión lineal múltiple para especificar el efecto que causan los parámetros de calidad (variables independientes) como son el Peso (kg), Calibre (mm) y Longitud (cm) en la producción media (kg) (variable dependiente). La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Producción media} = 1040,15 + 2,86566 * \text{Peso} - 7,39837 * \text{Calibre} - 73,9321 * \text{Longitud}$$

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

Este análisis nos revela que los datos tomados de los parámetros de calidad no han afectado representativamente a la producción obtenida.

4.1.4. Frutos comerciales

Para evaluar la cantidad y rendimiento de los frutos comerciales se ha hecho un estudio de los mismos en la última semana del cultivo, es decir, los días 126, 128, 131 y 133 después de la siembra.

En dicho estudio hemos podido ver que la cantidad de frutos que están dentro de los rangos de peso y longitud para ser comercializables corresponde al 100% de los frutos cosechados para la toma de datos. Por lo que podemos decir que el rendimiento comercial también coincide con el total. Deducimos pues que este hecho no nos aporta

acontecimientos significativos con respecto al estudio del cultivo para con este proyecto.

En base a los análisis de los diferentes datos tomados de crecimiento y calidad, cabe subrayar que no se han producido diferencias apreciables en cuanto a las mallas de prueba empleadas con respecto a las mallas testigo en ninguno de los invernaderos.

5. CONCLUSIONES

- I. Resulta imprescindible el uso de mallas anti-insectos en los invernaderos de Almería, fundamentalmente por la gran presencia de insectos vectores de virus, en gran parte provocada por la gran concentración de invernaderos. No obstante, el efecto que las diferencias de porosidad de las mallas anti-insectos estudiadas producen en el microclima de los invernaderos y la producción, no llega a ser estadísticamente significativo.
- II. No se han observado relaciones simples estadísticamente significativas entre las variables de estudio (parámetros de crecimiento y desarrollo, producción total y comercializable y homogeneidad en el tamaño y peso de los frutos).
- III. En ningún caso existen diferencias de producción estadísticamente significativas entre el sector de la malla prueba y el de la malla testigo.
- IV. Solamente hay diferencias estadísticamente significativas en el caso del número de inflorescencias entre los sectores del invernadero U11 y el sector U 12 O, siendo este último el que más inflorescencias tiene.
- V. La producción comercial de la última semana ha resultado ser igual a la producción total según los datos obtenidos de los frutos sometidos a estudio.
- VI. En ciclos de otoño-invierno la reducción de la capacidad de ventilación de las mallas no impide mantener el cultivo en el rango óptimo de desarrollo y crecimiento, por lo que pequeños cambios en la porosidad no dan lugar a diferencias estadísticamente significativas de los parámetros productivos.

6. BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, A.J., Valera, D.L., Molina, F.D. 2005. Efectos de las mallas anti-insectos sobre la ventilación en invernaderos. *Vida Rural* 219: 44-48.

Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2009/2010. Informes y Monografías. Fundación Cajamar. Ed. Cajamar Caja Rural.

Antignus, Y., 2000. Control cultural de virus transmitidos por insectos. En tendencias actuales sobre epidemiología y control de virus en hortícolas. Ed. F.I.A.P.A. Almería: 81-92.

Arellano, M.A.G., 2004. Tesis Doctoral. Caracterización microclimática del invernadero Almería y análisis de la ventilación forzada como vía de mejora de los parámetros ambientales que optimicen la producción y calidad de diversos cultivos hortícolas. Universidad de Almería, Departamento de Ingeniería Rural.

Bailey, B.J., 1981; The reduction of thermal radiation in glass-houses by thermal screen. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 26: 215-222.

Baille, A., 1995; A simple model for the estimation of greenhouse transmission: influence of structures and internal equipment.

Bakker, J.C. van Holsteijn G.P.A., 1995. Greenhouse construction and equipment: screens. In: *Greenhouse climatic control. An integrated approach*. Bakker, J.C., Bot, G.P.A., Challa, H., Van der Braak (ed) Wageningen Pers: 185-195.

Bolard T., Menses J.F.; Mermier M.; Papadakis G. 1996. The mechanism involved in the natural ventilation of greenhouses. *Agricultural and Forest Meteorology*, 79: 61-77.

Cabrera, F.J., López, J.C., Baeza, E.J. y Pérez-Parra, J., 2002. Informe sobre la caracterización de mallas anti-insecto. *Almería Agrícola. Boletín informativo* N°47, Julio-Agosto, 31 pp.

Cadenas, F., 1999. Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Ed. Caja Rural de Almería.

Camacho, F., 2003. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Editorial Caja Rural Intermediterránea, Cajamar.

Castilla, N., 1986. Tesis doctoral. Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería. Madrid 195 pp.

Castilla, N., 1994. El microclima de los invernaderos de plástico de la costa del sureste español. *Horticultura*, 51: 60-72.

Cocksull, K.E., 1988. The integration of plant physiology greenhouse climate. *Acta horticulturae* 22: 113-123.

Delgado, J., 1999. El cultivo de calabacín en el Levante de Almería. Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Instituto la Rural.

Demrati, H., Boulard, T., Bekkaoui, A., *et al.*, 2001. Natural ventilation and microclimatic performance of a large-scale banana greenhouse". *Journal of Agricultural Engineering Research* 80 (3): 261-27.

Díaz Álvarez, J.R., Pérez Parra J., 1994; Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización.

Díaz Pérez, M., Fernández Rodríguez, E.F., Camacho Ferre, F., Gallardo Villanueva, D., Carmona Medina, J.J., 2003. Utilización de mallas anti-insectos como protección en invernaderos mediterráneos. Efectos de la densidad de hilos y de la fotoselectividad sobre la difusión del TYLCV (virus de la cuchara) en cultivos de tomate. *Innovaciones tecnológicas en cultivos de invernadero*. Ediciones agrotécnicas: 165-175.

El cultivo del calabacín. Página web <http://www.infoagro.com>. (Consulta el 1 de diciembre de 2009).

Escamirosa, C., 2009. Tesis Doctoral. Análisis del efecto sobre diversos cultivares de nuevos sistemas de protección anti-insectos en invernaderos mediterráneos. Universidad de Almería, Departamento de Producción Vegetal.

Fernández, R.E.J., 2004. Producción Hortícola y Seguridad Alimentaria. Coeditado por: Servicios de Publicaciones de la Universidad de Almería y Ediciones Agrotécnicas, S. L.

Fernández Rodríguez, E.J., Camacho Ferre, F., Díaz Pérez, M. 2000. Influencia de las mallas de 20x10 hilos cm-1 (50 mesh) fotoselectivas vs no fotoselectivas sobre la incidencia del TYLCV en invernaderos mediterráneos del sudeste español: Primer avance. *Phytoma*, 135: 210-211.

Garzoli K.V., 1989. Energy efficient greenhouses. *Acta Horticulturae*, 245: 53-62.

Hand, D.W., 1988. Effects of atmospheric humidity on greenhouse crops. *Acta Horticulturae*, 229: 143-158.

Hannan, J.J., 1998. The influence of greenhouses on internal climate with special reference to Mediterranean regions. *Acta Horticulturae* 287: 67-71.

Harmanto, Tantau, H.J. and Salokhe, V.M., 2006. Microclimate and Air Exchange Rate in Greenhouse with Different Nets in the Humid Tropic. *Biosystems Engineering* 94(2): 239-253.

Katsoulas N, Bartzanas T, Boulard T, Mermier M, Kittas C., 2006. Effect of vent openings and insect screens on greenhouse ventilation. *Biosystems Engineering* 93(4): 427-436.

Klose, F. and Tantau, H.J., 2004. Test of insect screens - Measurement and evaluation of the air permeability and light transmission. *European Journal of Horticultural Science* 69(6): 235-243.

López Gálvez J., 1994. Perspectiva global sobre la agricultura en invernadero. En: tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización. Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía y Fundación para la Investigación Agraria de la Provincia de Almería (FIAPA). Almería: 15-29.

López- Gálvez, J. y Naredo, J. M., 1996. Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos. Fundación Argentaria -Visor Distribuciones.

Majdoubi. H., Boulard. T., Hanafi, A., Bekkaoui. A., Fatnassi, H., Demrati, H., Nya, M. and Bouirden, L., 2007. Natural ventilation performance of a large greenhouse equipped with insect screens. *Transactions of the Asabe* 50(2): 641-650.

Marín, J., 2007. *Portagrano 2007/2008: vademécum de variedades hortícolas.*

- Maroto, J.V., 1995. Horticultura herbácea especial. 4º edición. Ed. Mundi-Prensa.
- Maroto, J., 2000. Elementos de Horticultura General. Editorial Mundiprensa.
- Matallana, A., Montero, J.I., 1980. Los invernaderos y la crisis energética.
- Miguel, A.F., 1998. Airflow through porous screen from theory to practical considerations. *Energy and Buildings*, 28: 63-69.
- Molina-Aiz, F.D., 1997. Identificación y valoración de los distintos tipos de invernadero de la provincia de Almería. Trabajo profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba.
- Molina-Aiz, F.D., Valera, D.L., Peña, A.A., Gil, J.A., López, A., 2009. Study of natural ventilation in an Almería-type greenhouse with insecto screens by means of tri-sonic anemometry. *Biosystems Engineering*, 104 (2): 224-242.
- Montero, J.I., 1989. Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación.
- Moreno, V.R., 1994. Coordinador Curso Superior “Sanidad Vegetal en la Horticultura Protegida” Junta de Andalucía Conserjería de Agricultura y Pesca. Capítulos; Captura de datos: 95-106, Análisis de datos: 109-112 y Toma de decisiones: 115-119.
- Muñoz, P. Montero, J.L., Anton, A. y Giuffrida F., 1999. Effect of insect-proof screens and roof openings on greenhouse ventilation. *J. Agric. Engng Res.*, 73: 171-178.
- Namesny, A., 1999. Post recolección de hortalizas. Vol. 3. Hortalizas de fruto. Ediciones de horticultura. S.L., Reus.
- Nuez, F. y Llácer, G., 2001. La horticultura española. Ediciones de horticultura, S. L. Editorial Mundi – Prensa Libros, S. A.
- Palomar Oviedo F., 1994. Los invernaderos en la provincia de Almería. Ed. Instituto de Estudios Almerienses.
- Pérez, L. C., 1998. Métodos Estadísticos con STATGRAPHICS Para Windows Técnicas Básicas, Editado por RA-MA Editorial.
- Reche, J., 1997. Cultivo de calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.

Rosenberg, N.J., Blas, B.L. and Verma, S.B., 1983. Microclimate: the biological environment. John Wiley and Sons, Inc., USA, 494 p.

Ruiz, T., 1993. Características del riego en cultivos sin suelos: exigencias en aportación y manejo. Cultivos sin suelo. Curso superior de especialización. Ed. Cánovas Díaz. FIAPA, Diputación Provincial de Almería y Junta de Andalucía: 797-808.

Soni, P., Salokhe, V.M., and Tantau, H. J., 2005. Effect of screen mesh size on vertical temperature distribution in naturally ventilated tropical greenhouses” Biosystems Engineering 92(4): 469-482.

Salas, M. C., Urrestarazu, M., 2001. Técnicas de Fertirrigación en cultivos sin suelo. Manuales de la Universidad de Almería, Servicios de Publicaciones de la Universidad de Almería España.

Tanner, W., Beever, H., 1990. Does transpiration have an essential function in long-distance ion transport in plants?. Plant Cell Environ., 13: 745-750.

Tanny, J., Cohen, S. and Teitel, M., 2003. Screenhouse microclimate and ventilation: an experimental study, Biosystems Engineering 84(3): 331-341.

Teitel, M., 2007. The effect of screened openings on greenhouse microclimate. Agricultural and Forest Meteorology 143 (3-4): 159-175.

Teitel, M., 2001. The effect of insect-proof screens in roof openings on greenhouse microclimate. Agricultural and Forest Meteorology 110 (1): 13-25.

Tognoli, F., 2000. Temperature. In: memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y operación de invernaderos para la protección intensiva de hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la productividad agrícola (INCAPA S.C.) 21-26 de agosto de 2000.

Urrestarazu, G. M., 2004. Tratado de Cultivo sin Suelo, 3ª Edición, Ediciones Mundi-Prensa.

Valera, D. L., 2003. Control Climático de Invernaderos. Servicios de Publicaciones de la Universidad de Almería.

Valera, D. L., Peña, A., Molina, F. D., Álvarez, A. J., López, J. A. y Madueño, A., 2003. Caracterización geométrica y mecánica de diferentes tipos de agro-textiles utilizados en invernaderos. Resúmenes 2º Congreso Nacional de Agroingeniería: 267-268.

Valera, D.L., Álvarez, A.J., Molina, F.D., 2006. Aerodynamic analysis of several insect-proof screens used in greenhouses. Spanish Journal of Agricultural Research 4(4): 273-279.

Van de Voorent et al., 1986. Precision agricultura: Convective and ventilation transfers in greenhouses. Biosystems Engineering. 83.1.

Vansteekelenburg, N., 1992. Novel approaches to integrated pest and disease-control in glasshouse vegetables in the Netherlands pesticide science 36 (4): 359-362.

Van Lenteren, J.C., 2000. A greenhouse without Pesticide: fact or fantasy?. Crop Protection, 19: 375-384.

Viñuela Sandobal, E., 1998. Resistencia a insecticidas en plagas de cultivos hortícolas en España. En: resistencia a los pesticidas en los cultivos hortícolas. Ed. FIAPA (Almería): 19-29.

Went, F.W., 1994. Plant growth under controlled conditions. Ana. J Bot. 31: 135-15.

Winspear *et. al.*, 1970. Thermal screens for green houses energy effectiveness. Acta Hort. (ISHS) 87: 111-118.

Zabeltitz, C.V., 2002. Greenhouse structures In: Stanhill, G. Enoch, H. Z. Ecosystems of the World 20: Greenhouse Ecosystems. Chapter 2. Elsevier Sciences B. V., The Netherlands. 423 p.

7. APÉNDICES

APÉNDICE 1.

Tabla 18. Longitud del tallo (Sna) en cada uno de los sectores de los invernaderos.

d.d.s.	U9 E	U9 O	U11 E	U11 O	U12 E	U12 O
28	11	9,25	8,5	8,415	9,1	9,44
36	19,65	15,16	13,66	14	13,84	17,5
44	34,5	30,67	27,83	27,5	31,33	30,83
50	44,17	39,66	37,5	36,5	40,33	38,33
57	54,5	49,83	47,16	45,66	47,67	47,16
64	58,5	51,84	49,17	55	54,33	54,17
71	67	61,83	58,16	61	62,83	66,5
78	75	67,84	63,5	63,66	66,33	70,5
85	75,5	70,84	68,17	69,5	70,17	75,08
92	78,41	73,75	71,58	74,08	73,25	79,66
99	81,4	76,67	73,67	76,75	76	83,08
106	85,5	79,66	75,92	80,58	79,66	87,75
113	91	87,6	79,5	85,25	83,5	93,83
120	93,1	89,75	81,92	87,08	85,16	96,585
127	94,1	91,25	83,5	88,33	87,3	98,91
133	95	92,67	91,25	89,75	88,75	100,92

Tabla 19. Número de hojas (NH) en cada uno de los sectores de los invernaderos.

d.d.s.	U9 E	U9 O	U11 E	U11 O	U12 E	U12 O
28	12,5	11,83	11,33	10,5	12,17	11,83
36	19,66	17,33	17,33	17,67	18,32	18,5
44	24,83	21,84	24	22,33	25	24,67
50	29	25,33	28,83	27	29,33	30
57	35	30,66	34	32	33,33	34
64	39,16	35,16	38,33	36,5	37,67	38
71	43,5	38,84	42	40,33	41,165	42
78	47	42,67	45,83	44,17	44,165	45,5
85	50,66	46,5	49,17	47,17	47	48
92	53	48,66	51,33	49,84	49,165	50,33
99	54,87	50,5	52,5	51,17	50,8	51,83
106	57,66	52,66	54,33	53,66	52,83	54,5
113	60,33	55,83	56,84	56	55,5	57,33
120	62,16	57,5	59	58	57,33	59,16
127	53,84	59	60,66	59,33	59	60,83
133	63,5	60,58	61,75	60,66	60,66	62,66

Tabla 20. Número de inflorescencias (NI) en cada uno de los sectores de los invernaderos.

d.d.s.	U9 E	U9 O	U11 E	U11 O	U12 E	U12 O
28	6,5	5	4,84	2,67	3,65	4,15
36	6,35	5	3,84	4	5,83	6,33
44	5,3	4,85	5,17	5,5	5,835	6,5
50	6,7	5,5	6,16	5,5	6,15	6,5
57	5,85	5,5	5,5	5,17	4,835	5,5
64	4,5	4,35	4,84	5,33	5,17	5,835
71	4	3,35	4	4,33	5,5	6
78	3,85	3,5	4,84	4,16	4,33	4,5
85	5	5,35	5,01	4,5	4,66	4,5
92	5,2	5	3,84	4,67	4,33	4,3
99	3,5	3,85	3,5	3,66	3,67	3,835
106	4,5	4	3,5	4	4,15	4,65
113	4,15	5	4,17	4,5	4,67	4,5
120	3,85	4,65	3,83	4,33	4	4,15
127	4,7	4,35	3,84	4	4,33	4,33
133	3,7	3,65	3	4	3,33	3,835

APÉNDICE 2.

Tabla 21. Peso (gr), Calibre (mm) y Longitud (cm) en los sectores Este y Oeste del invernadero U9.

d.d.s.	Peso U9 E	Calibre U9 E	Longitud U9 E	d.d.s.	Peso U9 O	Calibre U9 O	Longitud U9 O
44	122,05075	32,57325	14,9625	44	99,7395	30,754	13,8625
47	156,3365	35,80225	16,1375	47	143,38	34,7034615	15,7307692
49	118,12875	32,2925	14,775	49	137,353	33,87425	15,275
51	209,89525	39,651	17,675	51	224,391	40,57975	18,475
54	303,18625	44,63475	20,1875	54	274,22625	42,712	19,725
56	237,08625	42,10975	18,575	56	252,13025	42,26825	19,2
58	215,56375	40,69425	17,6625	58	228,4115	41,653	17,775
61	329,79175	46,769	20	61	309,2815	45,88625	19,5125
63	279,90275	44,45525	18,725	63	259,4185	43,23775	18,1875
65	243,84075	42,81325	17,575	65	220,1865	40,5215	16,9375
67	341,71	48,5195	20,275	67	293,16425	45,621	18,85
70	250,982	43,36075	17,9125	70	270,4815	44,9835	18,3
72	249,143	43,774	18,025	72	296,32	46,86175	19
75	321,52525	47,4045	20,1125	75	305,5375	47,198	19,70125
77	254,8835	43,61875	18,7625	77	303,51975	46,62625	19,9125
79	255,244	43,68125	19,1125	79	245,793	42,707	18,625
82	335,9575	47,75375	20,675	82	347,30775	48,882	20,8125
84	287,7055	45,83325	20,05	84	299,75175	45,782	20,4
86	254,31325	43,644	19,075	86	242,05075	42,80925	18,8875
89	284,03025	45,29975	19,5	89	307,445	45,41275	20,4125
91	268,09025	44,2235	19,4125	91	252,2815	42,93075	19,0125
93	265,40975	44,005	19,2375	93	253,86925	43,20525	19,1125
96	256,245	43,73375	19,25	96	264,055	43,74225	19,2125
98	217,2905	41,2085	18,1625	98	205,07	40,4495	17,825
100	252,4505	43,8895	19,2125	100	232,99525	42,409	18,675
103	299,3745	46,189	20,2	103	277,3465	44,423	19,825
106	351,799	48,1185	21,9125	106	360,2945	49,03175	22,075
108	256,19025	42,9875	19,4875	108	258,204	43,1085	19,1375
110	200,28275	38,79625	17,9	110	202,98275	39,5035	17,7875
112	205,344	39,2745	18,4125	112	207,0155	39,61525	18,25
114	160,14075	35,4725	16,7125	114	193,44675	38,155	17,85
117	239,835	41,785	19,0875	117	229,836	41,0975	18,7625
119	214,7085	39,7985	18,5	119	213,85725	39,0915	18,4375
121	197,8255	38,8885	17,6875	121	182,958	37,39575	17,25
124	255,14975	43,212	19,475	124	254,017	42,37225	19,1125
126	201,77325	39,20925	17,3375	126	210,504	39,7015	17,6375
128	204,41925	40,078	17,225	128	217,57225	40,7995	17,65
131	292,345	44,883	19,6	131	264,94075	43,6505	18,8125
133	199,487	39,4785	16,65	133	178,4735	37,66675	16,2

Tabla 22. Peso (gr), Calibre (mm) y Longitud (cm) en los sectores Este y Oeste del invernadero U11.

d.d.s.	Peso U11 E	Calibre U11 E	Longitud U11 E	d.d.s.	Peso U11 O	Calibre U11 O	Longitud U11 O
44	113,2635	32,11475	14,6375	44	116,53375	32,59525	14,5375
47	114,7027	31,9751	14,310810	47	133,725714	33,9478571	15,1071429
49	105,30125	31,05325	13,875	49	98,049	30,71175	13,6375
51	210,047	39,49375	17,7	51	243,30375	42,3455	18,825
54	295,79775	44,34425	20,075	54	338,8535	46,41075	21,55
56	249,71975	41,544	18,975	56	252,6655	42,168	19,1
58	230,96375	41,592	18,4125	58	212,69325	39,90625	17,3
61	322,274	46,6175	19,725	61	297,29625	44,376	19,375
63	273,372	43,96975	18,65	63	257,27075	43,0585	18,2875
65	235,06475	41,99375	17,6125	65	207,00725	39,764	16,9375
67	304,666	45,99475	19,65	67	345,68375	48,29525	20,5375
70	287,3955	46,017	18,9125	70	290,8035	45,54975	19,1625
72	321,13975	48,00975	20,0625	72	289,019	46,7035	19,3375
75	336,12125	47,79075	20,6	75	339,16425	48,48625	20,8875
77	272,43825	44,55575	19,2875	77	284,449	45,76175	19,7375
79	237,5355	42,23725	18,475	79	252,22675	42,8945	18,7625
82	333,00125	48,29075	20,8375	82	326,89625	47,93885	20,5125
84	282,66175	45,48225	19,7875	84	302,2925	46,5775	20,275
86	245,3475	43,30625	18,7375	86	230,145	42,173	18,3
89	318,58	46,6495	20,45	89	291,89725	54,43225	20,175
91	260,5565	44,191	18,9375	91	249,60525	43,01175	18,7625
93	264,5365	44,08525	19,2125	93	267,2185	43,881	19,5
96	240,24175	42,27875	18,875	96	255,41525	43,25275	19,2625
98	198,14775	39,64925	17,4625	98	229,46375	41,38275	18,5875
100	258,494	43,823	19,0375	100	228,486	41,27925	18,3375
103	319,9425	46,86575	20,5875	103	278,715	44,72375	19,6
106	357,2355	48,85825	21,625	106	341,42325	48,75425	21,25
108	270,09725	43,5485	19,0875	108	223,4705	40,30625	18,0375
110	198,64025	39,302	17,5125	110	202,3255	39,38725	17,575
112	214,38425	40,30425	18,2	112	213,07425	40,2545	17,975
114	186,56125	38,32975	17,2375	114	172,69875	37,41125	16,8875
117	230,17225	41,81125	18,675	117	202,71025	40,20425	17,725
119	188,49525	38,66675	17,2625	119	193,53625	38,8765	17,425
121	186,89975	38,458	17,3	121	177,71575	37,77975	16,7125
124	223,21525	41,302	18	124	236,3345	42,246	18,325
126	186,41975	38,3215	16,8625	126	182,5645	38,79525	16,4
128	206,66475	40,44225	17,0875	128	205,9835	40,719	17,075
131	257,91075	43,3835	18,275	131	240,87225	43,001	17,6
133	169,6735	37,9605	15,5375	133	170,5505	38,29075	15,4625

Tabla 23. Peso (gr), Calibre (mm) y Longitud (cm) en los sectores Este y Oeste del invernadero U12.

d.d.s.	Peso U12 E	Calibre U12 E	Longitud U12 E	d.d.s.	Peso U12 O	Calibre U12 O	Longitud U12 O
44	132,9385	34,204	15,3125	44	125,9715	33,1825	15,1625
47	131,43375	33,29125	15,25	47	110,27875	30,978125	14,5625
49	114,4765	31,47625	14,6	49	118,1115	32,01925	14,8375
51	255,37975	42,9125	19,1	51	215,387	39,90025	17,95
54	367,485	48,73975	21,85	54	345,755	47,34175	21,1625
56	242,098	41,90225	18,7875	56	251,188	42,24375	18,725
58	243,48875	41,9815	18,4375	58	240,876	42,32425	18,125
61	336,01325	47,4495	20,075	61	344,06125	47,82775	20,225
63	253,4415	42,7745	18,20375	63	293,3585	46,02675	18,9
65	223,55675	41,31475	17,575	65	232,7045	42,202	17,6
67	320,2445	46,91575	20,125	67	311,86325	46,28075	19,825
70	281,666	45,40775	19,1625	70	320,066	47,56225	19,775
72	275,7555	45,81875	18,8125	72	274,643	45,9785	18,875
75	345,835	49,7945	21,1875	75	351,38425	49,2125	20,9375
77	286,941	45,859	19,8125	77	298,746	46,10225	19,9625
79	273,7525	44,61775	19,4625	79	266,946	44,01875	19,4125
82	348,81575	49,17	21,3	82	359,70725	49,535	21,6
84	294,5775	46,26875	20,175	84	272,76575	44,87275	19,6375
86	239,18975	42,93025	18,575	86	245,35425	43,04975	18,85
89	285,40775	44,5165	19,845	89	321,5065	46,6395	20,7
91	235,68275	42,35425	18,6625	91	256,123	43,4105	19,125
93	260,514	43,09975	19,3875	93	257,479	43,939	19,1
96	264,033	43,853	19,55	96	240,4025	41,9735	18,8
98	233,62825	41,85225	18,5625	98	206,19975	39,7925	17,5625
100	262,88275	44,358	19,1625	100	240,7065	42,81225	18,7875
103	307,40075	46,44225	20,3875	103	291,27725	44,73925	19,975
106	357,15475	48,23125	21,95	106	338,3635	47,26325	21,5375
108	285,45175	44,06875	19,8875	108	241,57075	41,285	18,825
110	214,6725	40,3075	18,2125	110	214,74625	39,52025	18,4375
112	235,14375	41,7275	19	112	234,0045	41,102	19,0625
114	182,20725	37,088	17,7	114	168,7525	36,63175	16,9875
117	237,5875	41,278	19,0625	117	226,89475	40,62525	18,8625
119	205,748	38,8705	18,025	119	204,4925	39,81	17,95
121	188,38875	38,5205	17,225	121	215,746	39,873	18,425
124	253,4525	42,91025	19	124	255,11875	42,861	19,075
126	195,38	38,7225	17,25	126	208,129	39,52475	17,69
128	214,8485	40,40925	17,5625	128	207,77	39,9185	17,3625
131	300,52175	45,53025	19,475	131	277,15975	44,11475	19,25
133	204,391	39,62775	17,0125	133	183,87075	38,11025	16,3375

APÉNDICE 3.

Tabla 24. Producción (kg) de cada sector de los invernaderos.

d.d.s.	U9 E (kg)	U9 O (kg)	U11 E (kg)	U11 O (kg)	U12 E (Kg)	U12 O (kg)
44	36,26	24,51	30,34	28,46	32,42	22,18
47	12,35	4,81	4,24	3,11	2,77	2,02
49	16	12,83	18,78	9,1	14	11,76
51	76,13	47,12	62,45	46,6	59,1	33,32
54	133,767	71,07	100,283	86,013	115,42	89,42
56	51,23	57,44	57,85	54,07	45,7	39
58	57,5	38,09	55,15	37,23	55,71	38,085
61	167,75	126,26	143,43	101,18	140,7	103,86
63	82	61,53	67,5	57,2	54,57	47
65	98,6	56,6	83,95	77,1	74,27	52,5
67	121,5	91,26	132,88	113,27	90,7	61,4
70	84,45	70,02	99,083	79,64	81,89	57,1
72	92,05	88	102,62	81,4	72,3	61,44
75	136,95	77,15	121,33	80,567	102,6	84,55
77	108,42	55,94	96,87	69,36	67,5	58,64
79	74,73	65	57,267	58,97	62,69	40,435
82	150,4	87,5	123,92	84,27	99,68	79,05
84	65,067	57,06	67,32	63,77	61,6	32,72
86	78,17	45,32	73,03	51,74	52,01	39,6
89	120,35	94,6	117,62	99,89	73,525	81,56
91	51,13	44,71	46,75	32,25	46,46	23,34
93	71,48	70,52	63,7	60,67	52,142	46,4
96	96,73	63,53	74,5	61,75	49,58	43,55
98	40,85	23,85	18,08	30,34	27,325	17,16
100	49,25	40,21	63,85	36,48	53,42	23,22
103	113,72	81,05	96,17	93,38	79,85	69,33
106	136,34	73,26	115	86,93	83,4	77,32
108	51,07	51,75	39,02	31,43	47,19	32,28
110	48,47	29,1	33,93	26,22	38,96	32,83
112	38,68	28,88	37,13	25,44	24,27	24,29
114	31,57	33,7	48,9	23,48	31,61	15,87
117	69,98	50,61	64,93	37,1	47,15	33,19
119	63,8	47,85	50,47	41,42	38,34	27,57
121	38,98	20,5	29,38	17,91	22,6	13,63
124	101,08	73,9	71,58	48,37	71,14	53,31
126	65,7	52,24	45,27	35,72	38,51	30,3
128	32,45	28,36	39,6	29,29	25	20
131	100,75	74,93	86,3	67,85	79,425	66,69
133	51,08	29,25	45,42	36,09	34,54	23,64