

TECNOLOGÍA DE LOS INVERNADEROS MEDITERRÁNEOS: EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN LOS INVERNADEROS DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO DE ALMERÍA

PÉREZ-PARRA, J.
CÉSPEDES, A.

Estación Experimental de la Fundación Cajamar
jpparra@cajamar.com

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico asociado a la agricultura intensiva está ligado a mecanismos de incorporación continua de innovaciones tecnológicas a los procesos de producción, siendo este un fenómeno global y con un crecimiento muy acelerado cuya base es el conocimiento científico. El sistema hortícola almeriense constituye uno de los sistemas tecnológica e institucionalmente más complejos y dinámicos de cuantos integran el sector agrario español (Calatrava, 1998) con una intensa y continua demanda e incorporación de conocimientos e innovaciones que contribuyen decisivamente a su competitividad.

El cultivo en invernadero en la zona mediterránea y, por extensión, en otras zonas de invernadero de inviernos suaves, se caracteriza por el empleo de estructuras de bajo coste, generalmente con cubierta plástica flexible. Estas estructuras, en la mayoría de los casos, se han desarrollado de forma empírica empleando los materiales disponibles en cada zona, y en ellas se consiguen los objetivos básicos del cultivo protegido (Wittwer y col., 1995): reducir las necesidades de agua, proteger los cultivos de las bajas temperaturas, reducir los daños por viento, limitar el impacto de los climas sumamente áridos y desérticos, reducir el daño de plagas y enfermedades, extender y estabilizar los ciclos de producción y aumentar la producción mejorando la calidad. Son estructuras que, generalmente, incorporan poco equipamiento para controlar el clima, de forma que el clima espontáneo que se produce en su interior depende fundamentalmente de las condiciones exteriores. En la mayoría de los casos el grado de actuación se limita a la gestión de la ventilación natural y el uso de sistemas de sombreo de bajo coste como el encalado de la cubierta plástica.

La producción de hortalizas en invernadero se ha desplazado paulatinamente desde el norte hacia la cuenca mediterránea, en virtud de la benignidad del clima, sobre todo en las épocas de otoño e invierno (Tognoni y col., 1988; 1989). En las últimas tres déca-

das el ejemplo más claro de este desplazamiento del cultivo hacia el sur lo representa el Sureste español, fundamentalmente la provincia de Almería. La provincia de Almería cuenta en la actualidad, y de acuerdo con los últimos trabajos en los que se han analizado imágenes de satélite, con una superficie cubierta por invernaderos de 26.833 ha (Sanjuán, 2004), constituyéndose en la zona con mayor densidad de invernaderos del mundo.

El invernadero tipo parral, en sus diversas variantes estructurales, que representan aproximadamente un 96% de la superficie invernada (Fernández y Pérez-Parra, 2004), es la estructura más representativa de la provincia de Almería.

2. LOS CULTIVOS EN INVERNADERO EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA

En Europa, el desarrollo de la agricultura protegida se localiza en los países mediterráneos, fundamentalmente en las comarcas costeras, donde las buenas condiciones de insolación, las suaves temperaturas invernales y la estabilidad del clima derivada de la proximidad del mar (Castilla, 1998) determinan unas condiciones muy favorables para los cultivos protegidos. Esto explica la rápida expansión de esta agricultura en el conjunto de la región mediterránea donde, en la actualidad, se localiza una de las mayores concentraciones de cultivos protegidos del mundo, con más de 400.000 ha, de las cuales, unas 201.000 ha son invernaderos (Castilla, 2007).

España es una buena muestra de este rápido desarrollo, que ha tenido lugar en las últimas décadas, situándose a la cabeza de los países mediterráneos y europeos en superficie dedicada a invernaderos (546 ha en 1968 y más de 52.000 ha en 2006), siendo superada a escala mundial sólo por China (200.000 ha) y Japón (60.000 ha) (Cobos y López, 1997; Baeza, 2007).

En Europa, tras España, se sitúan Italia con 27.731 ha y Francia con 9.200 ha (González Real, 1996). En el área mediterránea, los países no europeos con mayor superficie de invernaderos son Marruecos con unas 10.000 ha y Turquía que en la actualidad cuenta con 34.854 ha (DIE, 2006).

La distribución de la superficie de invernaderos en España (figura 1) presenta una gran concentración en el Sureste peninsular, destacando Andalucía y Murcia con un 66,4% y 11,7% de la superficie, respectivamente. El ejemplo más llamativo de esta alta concentración es Almería con 26.833 ha, que suponen el 51,9% de la superficie de invernaderos de España.

La figura 2 refleja la rápida expansión de los cultivos en invernadero en España y Almería hasta finales de la década pasada, crecimiento que se ha estabilizado en los últimos años.

La superficie ocupada por invernaderos se dedica principalmente al cultivo de hortalizas, entre las que destacan los cultivos de tomate, pimiento, judía, melón, sandía, berenjena, calabacín y pepino, siendo muy pequeña la superficie dedicada a flor, planta ornamental y otros cultivos.

Las más de 50.000 ha de invernaderos suponen un 0,25% de la superficie total cultivada de España y un 1,5% de la superficie de regadío, pero el valor económico de las producciones obtenidas en ellos contribuye con un 15% a la Producción Final Agraria (PFA) española, lo que expresa su alta rentabilidad respecto de otros sistemas productivos.

Asimismo, los más de 100.000 empleos directos que generan y en torno a 25.000 empleos indirectos en industrias y servicios vinculados indican el interés social del subsector de cultivos en invernadero en España.

3. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE PRODUCCIÓN EN LA AGRICULTURA INTENSIVA ALMERIENSE

Las características básicas que identifican el sistema productivo mediterráneo y español son el empleo de estructuras de bajo coste, con reducido consumo de energía y mínima modificación del microclima generado bajo invernadero, cuyo diseño estructural es diverso, empleándose diferentes materiales según su disponibilidad en cada zona. Un genuino representante de estas estructuras lo encontramos en el invernadero parral¹ o tipo Almería, tan presente en el Sureste de España.

El sistema de producción en invernadero de Almería está constituido por explotaciones de pequeño tamaño siendo la superficie media por explotación de 2,5 ha, distribuidas en 1,4 fincas. De la superficie total de la explotación, el 84,9% está ocupado por invernaderos, siendo la superficie media de cada unidad de invernadero de 7.538 m².

En la figura 3, se observa que el 69,4% de las explotaciones se componen de una sola finca, con una superficie media de 20.366 m². Las explotaciones constituidas por más de dos fincas suponen el 5% con una superficie media por explotación de 65.359 m².

El 16,6% de las explotaciones tienen una superficie de una hectárea o menos, con una superficie media de 0,8 ha. En este grupo, las explotaciones están compuestas mayoritariamente por una finca, tan sólo el 4% están constituidas por más de un finca (en todos los casos por un par de ellas). La superficie ocupada por los invernaderos en este grupo alcanza las 0,75 ha con un índice de ocupación del 93,8% de la superficie de la explotación. En el año 1999 el grupo de las explotaciones con una superficie de una 1 ha o menos representaba el 20,3% de las explotaciones con una superficie media de 0,75 ha de superficie total y 0,70 ha de la superficie bajo plástico, con un índice de ocupación del 93,3%. En ese mismo año para el mismo grupo de explotaciones el 9,6% de ellas estaban constituidas por más de una finca.

El régimen de tenencia de la tierra es mayoritariamente en propiedad (89% de los agricultores), siendo el 62,5% de los agricultores menor de 45 años.

Otra característica del sistema es el empleo de mano de obra familiar. En la actualidad, el número de trabajadores pertenecientes al ámbito familiar, incluido el productor, con dedicación plena a las labores de la explotación es de 1,3 trabajadores/ha de invernadero. El número de trabajadores ajenos al ámbito familiar con dedicación plena durante toda la campaña es de 1 trabajador/ha. Por término medio, el número máximo de trabajadores ajenos al ámbito familiar que pueden coincidir en la explotación de un modo puntual es de 1,9 trabajadores/ha. Las operaciones culturales críticas en cuanto a demanda de mano de obra son por orden de importancia la recolección, el levantamiento del cultivo y retirada de restos (limpieza) y la siembra o transplante.

Tipos de invernaderos

El sistema productivo de la provincia de Almería se caracteriza por el empleo de estructuras de bajo coste, con reducido consumo de energía y mínima modificación del

¹ El invernadero parral se puede definir como una protección para cultivos, de concepción simple, construcción artesanal y de bajo coste económico, conformada por una estructura vertical semirrígida a base de soportes de madera u otros materiales, ligados entre sí en su parte superior por una estructura horizontal flexible ejecutada como una malla doble de alambres que a su vez sujeta el material de cerramiento.

microclima generado bajo el invernadero. Un genuino representante de estas estructuras lo encontramos en el invernadero «parral» o «tipo Almería», el cual se desarrolló en la época de los años 60 a partir de unas estructuras del mismo nombre que servían de soporte al cultivo de uva de mesa de la zona (parras). Estas estructuras están conformadas a base de postes de madera y un tejido o malla de alambre (Bretones, 1992).

La evolución de los principales modelos constructivos se recoge en la tabla 3. El modelo constructivo predominante es el parral en sus diferentes variantes, con porcentajes por encima del 98% sobre el número de invernaderos y la superficie invernada.

El invernadero tipo parral multicapilla simétrico (raspa y amagado) es la estructura predominante y junto al multitúnel son las dos únicas que han manifestado una variación positiva en los últimos años, tanto en el número de invernaderos como en la superficie invernada. El resto de estructuras presentan retrocesos, por otra parte esperables para las estructuras parral plano y parral monocapilla.

Superficie de los invernaderos

La superficie media de los invernaderos almerienses es de 7.538,5 m² con una desviación típica de 4.324,4 m². La distribución del tamaño en función del tipo de estructura se recoge en la tabla 4 y en la figura 5. Los invernaderos que presentan una menor superficie son los de tipo parral plano y los de parral monocapilla que son a su vez los tipos más antiguos.

Existe una tendencia clara hacia la construcción de invernaderos de mayor superficie, como se aprecia en la figura 6.

Materiales de construcción

Se constata el declive de la combinación madera más madera, sistema dominante durante los inicios y gran parte de la historia de los invernaderos. Este declive de la madera se inicia a principios de los años 90 coincidiendo con el inicio de la era del metal. En la figura 7 se representa una estimación de la evolución de estas tres combinaciones.

Altura de los invernaderos

La altura media de los invernaderos en la campaña 2005/2006 está en 3,5 m en la raspa mientras que en la campaña 1999/2000 esta altura media estaba en 3,2 m. Este aspecto constructivo ha sufrido una evolución que se puede considerar positiva, con un incremento gradual en el tiempo. El incremento de la altura de los invernaderos viene motivado por mejoras de tipo microclimático y por las técnicas de manejo de cultivo. En el primer caso, al incrementar el volumen de la estructura se mejora la inercia de la misma con repercusiones positivas en todas las variables climáticas. Por otra parte, se atiende la necesidad de mejorar los entutorados de los cultivos con mayores alturas. La altura ha evolucionado desde invernaderos tipo parral plano con alturas medias de 2 m a invernaderos tipo parral multicapilla y multitúnel con alturas medias por encima de los 4 m. En la tabla 5 se recoge la altura media de los diferentes tipos de estructuras.

Materiales plásticos

Materiales de cubierta

El material de cubierta utilizado en el 100% de los casos es el polietileno de baja densidad, básicamente en forma de láminas y en menor medida en forma de mallas. Las mallas representan el 1,1% de las estructuras y el 0,7% de superficie cubierta. El plástico de 720 galgas era el más utilizado, aunque desde la campaña 1999/2000 ha experimentado un retroceso importante a favor de los plásticos coextruidos (tricapas) de mayor calidad y un abanico más amplio de propiedades (termicidad, menor degradación frente al UV y a los plaguicidas, etc.).

En estos últimos cinco años la tendencia ha sido hacia la generalización del empleo de los materiales tricapa incoloros reemplazando ampliamente al PE 720 galgas amarillo.

Acolchados

En el 19,3% de los invernaderos se practica el acolchado plástico. Estos invernaderos representan el 21,8% de la superficie de invernaderos. Los plásticos más utilizados para este fin se recogen en la figura 11.

El material de uso más generalizado para la práctica del acolchado es el plástico negro.

Equipamiento de los invernaderos

Ventilación

La práctica totalidad de los invernaderos de la provincia de Almería disponen de ventanas, siendo las ventanas abatibles de accionamiento manual las más utilizadas en la ventilación cenital, y las bandas deslizantes de accionamiento manual en las ventanas laterales.

Mallas anti-insectos

El empleo de mallas anti-insectos en las ventanas era muy generalizado ya en la campaña 1999/2000, pero a pesar de ello se ha incrementado alcanzando en la actualidad casi el 100%.

Los tipos de malla se recogen en el figura 14.

Sistemas de refrigeración evaporativa

Para bajar la temperatura y aumentar la humedad relativa se pueden emplear los sistemas de refrigeración evaporativa que funcionan pulverizando agua a diferentes presiones. La implantación de estos dispositivos se recoge en la figura 15. En relación a los datos de la campaña 1999/2000 se ha producido un incremento tanto en el número de invernaderos como en la superficie y prácticamente se ha multiplicado por 2,5 el número de invernaderos y 2,1 la superficie, aunque sigue siendo muy bajo.

En los invernaderos de Almería coexisten dos sistemas de humidificación: los de baja presión (4 y 6 kg/cm²) y los de alta presión (>40 kg/m²); la distribución en campo de estos sistemas se recoge en la tabla 8.

Sistemas de calefacción

Los sistemas de calefacción se utilizan para evitar que las temperaturas durante los meses invernales desciendan a niveles que limiten la producción o la calidad de los cultivos. La zona de distribución de los invernaderos presenta un clima mediterráneo que se caracteriza por tener unos inviernos suaves, motivo por el cual la utilización de estos sistemas tiene una baja implantación, como se recoge en el figura 16. A pesar de su escasa utilización se ha incrementado el uso de estos dispositivos en relación a la campaña 1999/2000.

Los sistemas de calefacción más utilizados son los de aire caliente en sus dos variantes, tanto combustión directa como indirecta. En la figura 17 se recoge la distribución de los mismos.

Sistemas de sombreo

En las épocas de mayor insolación la ventilación natural resulta generalmente insuficiente para refrigerar el invernadero y evitar problemas fisiológicos. Una forma eficaz de disminuir la temperatura y algunas fisiopatías puede ser reducir la transmisión de radiación al interior del invernadero. De los productores encuestados, el 100% utilizan el encalado para sombrear el invernadero. Sólo un pequeño porcentaje tienen o utilizan además pantallas de sombreo.

Ventilación forzada y anti-estratificadores

A principios de la década del 2000 hubo cierto interés por los sistemas de ventilación forzada como sistemas para mejorar los niveles de ventilación. Los ventiladores pueden actuar como extractores, extrayendo el aire caliente del interior del invernadero y favoreciendo la entrada de aire del exterior a través de las ventanas, equipadas con mallas de una porosidad baja o como dispositivos para agitar o remover la atmósfera dentro del invernadero y evitar que se estratifique. La distribución de los ventiladores en relación a su utilización se recoge en la figura 18.

Preparación del suelo y sistemas de cultivo

Preparación del suelo

Una característica del sistema productivo hortícola almeriense consiste en el cultivo sobre suelos modificados, llegando en casos extremos a su completa fabricación. El mejor exponente de esta importante modificación es el enarenado almeriense. En esta preparación del suelo se incorpora una capa de unos 20 cm a 40 cm de espesor de tierra de naturaleza franco-arcillosa o franco-arenosa, capa que constituye el suelo de cultivo. A continuación se incorpora el horizonte orgánico, compuesto fundamentalmente de estiércol (a una dosis de unos 10 kg/m²) del que parte se suele mezclar con el suelo y parte se

deja formando una capa sobre el mismo. Por último, se incorpora la capa de arena de entre 8 y 10 cm de espesor.

Sistemas de cultivo

El sistema tradicional de cultivo en Almería se desarrolla en suelo enarenado. En los años ochenta se introdujeron los cultivos en sustratos, pero es a principios de los años noventa cuando se supera la fase experimental y se inicia la expansión del nuevo sistema de cultivo en el que se emplea sustratos como soporte del cultivo. Una estimación de la superficie de cultivo en sustrato para la campaña agrícola 1992-1993 arrojaba una cifra de unas 200 ha en Almería y unas 600 ha en Murcia (García y Martínez, 1993). En la encuesta realizada en la campaña 1999/2000 se estimaba que la superficie de invernadero con cultivo en sustrato era del 19,8%, 4.878 ha en Almería. La variación experimentada en los cinco años siguientes ha sido escasa, como se aprecia en la figura 20.

El sustrato más utilizado es la perlita, seguido de la lana de roca. Estos dos sustratos han disminuido ligeramente su importancia a favor de la fibra de coco y otros sustratos (arilita, turba en maceteros, etc.).

Sistemas de riego y fertilización

Balsa y embalses

El 83,5% de las fincas tiene capacidad para regular el agua de riego a través de una balsa o un embalse. Las fincas que carecen de capacidad de regulación tienen garantizado el suministro de agua con una periodicidad suficiente para facilitar el riego a los cultivos hortícolas o bien disponen de ella a la demanda.

El 61,9% de las fincas tienen balsa de obra con una capacidad media de 765,2 m³ y una desviación estándar de 750,3 m³, la mediana en 600 m³. La moda o el caso más habitual es una capacidad de 500 m³. Entre estas fincas existe un 3,7% de las mismas con dos balsas de obra y una capacidad media de almacenamiento de 1.270 m³ y una desviación estándar de 889,1 m³. Entre las fincas con balsa de obra la tienen cubierta sólo el 30,7% de las mismas. Los materiales de cubierta utilizados para cubrir la balsa se recogen en la tabla 9.

La cubierta de fábrica se realiza en la mayoría de los casos techando la balsa para construir el almacén sobre la misma.

Una alternativa a la construcción de una balsa de obra suele ser un embalse impermeabilizado con algún film plástico. El 22,1% de las fincas poseen embalse para almacenar el agua de riego. La capacidad media de estos embalses es de 1.562,9 m³. El material utilizado para impermeabilizar los embalses se recoge en la figura 23.

El 11,9% de las fincas con embalse lo tienen cubierto. Los materiales empleados para cubrir los embalses son en su mayoría polifibril en el 93,8% de los casos y chapa galvanizada en el 6,2% restante.

Sistemas de riego

Otra característica que define el sistema productivo hortícola almeriense es el empleo generalizado de los sistemas de riego localizado. Los resultados de la encuesta

muestran que el 99,9% de la superficie de invernaderos utiliza sistemas de riego localizado para la aplicación del agua de riego. Los escasos casos en donde todavía se utiliza el riego a pie o por surcos e inundación son invernaderos pequeños con una superficie media de 1.950 m².

El riego por goteo es una tecnología que se impuso de forma clara y rápida en la década de los 80, y en la actualidad el 99,7% de la superficie invernada en Almería emplea sistema de riego por goteo. También hay que destacar la importante renovación que han sufrido los sistemas de riego por goteo: el 80,9% de la superficie tiene emisores con menos de 10 años y de ésta el 55,1% tiene menos de 5 años. Paralelamente, al empleo de sistemas de riego por goteo también se ha producido la mejora en la calidad de los goteros. Así, en la actualidad, aproximadamente el 81% de los invernaderos evaluados presentan una uniformidad excelente (Coeficiente de uniformidad $\geq 90\%$) (Caja Rural de Almería, 1997), frente al 4% de las instalaciones evaluadas en el año 1984 (Caja Rural de Almería, 1985).

El uso de sistemas de riego por goteo, junto a la toma de conciencia de los agricultores ante la escasez de recursos y la información generada en la zona sobre las necesidades de agua de los cultivos bajo invernadero (Caja Rural de Almería, 1992; Cajamar, 2000), han permitido que el consumo de agua por hectárea y año pase de 7.000 m³ en el año 1982 a 5.500 m³ en la actualidad, con un ingreso medio de 1.500 pts./m³ de agua empleada (Caja Rural de Almería, 1997; Carreño *et al.*, 2000).

Sin embargo, el factor que más contribuye a la elevada eficiencia en el uso del agua de los cultivos bajo invernadero es el menor consumo de agua frente a esos mismos cultivos al aire libre. El empleo de una cubierta semi-transparente reduce la demanda hídrica de la atmósfera debido a la reducción de la radiación solar y al confinamiento de la humedad. Así, en regiones con alta insolación un simple invernadero de plástico puede reducir el uso de agua del cultivo en torno al 30% (FAO, 1991). El uso de agua de los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería es bajo, comparado con el de los mismos cultivos al aire libre (tabla 11). Por ejemplo, la producción de tomate en invernadero en Almería requiere unos 26,5 m³ agua t⁻¹ (Caja Rural de Almería, 1997), mientras que el uso de agua de un cultivo de tomate al aire libre se estima en 50 a 60 m³ de agua t⁻¹ en España (Baselga *et al.*, 1993) y en la zona mediterránea (Stanhill, 1980).

El cabezal de riego es un componente importante tanto por la repercusión económica en la inversión inicial de transformación como por el papel que juega en la fertilización. Aunque cada sistema es diferente, en función de las necesidades del regante, suele incluir, en general, una unidad de bombeo, equipos de filtro, equipo de fertilización y elementos de control y medida.

Entre los elementos del cabezal de riego, el sistema de inyección de abonos es uno de los principales. Los sistemas de incorporación de fertilizantes más usuales son la abonadora y el venturi, presentes en un 52,4% y 33,1% de las fincas, respectivamente. Sin embargo, la abonadora es un sistema de fertilización más antiguo, con un promedio de antigüedad de más de 9 años frente a los 3,8 del venturi. El sistema de fertilización manual está ligado a la presencia anecdótica de algunos invernaderos con sistema de riego a pie. La abonadora y la aspiración directa son sistemas obsoletos ya que la incorporación del abono se produce de forma variable a lo largo del tiempo de riego, lo cual se traduce en oscilaciones de la conductividad eléctrica del agua de riego.

Existe un 1,7% de fincas sin sistema de incorporación de fertilizantes. En primer lugar porque comparten instalaciones con algún vecino, riegan a pie o están pendientes de transformar la finca. Los sistemas de más reciente incorporación son los programado-

res y las máquinas de riego con una antigüedad media de más de cinco años. En ambos casos la superficie media bajo plástico de la finca está en 2,12 y 2,05 ha para las equipadas con máquina y programador con unas desviaciones típicas respectivamente de 1,56 y 1,54 ha. Un sistema en retroceso es la abonadora con una antigüedad media de 10,8 años y una superficie media bajo plástico de la finca de 0,95 ha.

Todos los invernaderos, excepto los parrales de techo plano, permiten la recogida de las aguas pluviales y su canalización hacia una balsa, desde donde se pueden reutilizar en el riego. Se estima que un buen sistema de recogida de aguas pluviales puede cubrir hasta el 30% de las necesidades hídricas de los cultivos. En los parrales planos no se puede recuperar el agua de lluvia, pero ésta se aprovecha en parte pues pasa directamente al suelo del invernadero.

Emisores

La instalación de riego localizado dentro del invernadero se compone de los emisores o goteros, los ramales portaemisores o portagoteros, de polietileno, con diámetros de 12 o 16 mm y las tuberías de distribución (secundarias), también de polietileno. Fundamentalmente nos encontramos dos tipos de goteros: los goteros interlínea y de laberinto y los goteros autocompensantes de membrana.

En el 100% de los invernaderos donde se hace cultivo en sustrato se utilizan goteros autocompensantes. En cambio, este tipo de gotero sólo se encuentra instalado en el 0,7% de la superficie de invernadero en donde se practica el cultivo en suelo. En este tipo de invernaderos la opción más utilizada es la del gotero interlínea de laberinto. El caudal de los goteros puede oscilar desde 2 l/h a los 4 l/h pero en la inmensa mayoría de los casos el caudal es de 3 l/h, en el 97% de los goteros interlínea y en el 95,7% de los goteros autocompensantes.

4. TENDENCIAS DEL SISTEMA

Las estructuras de producción presentes en el ámbito mediterráneo, de las que es un genuino representante el invernadero tipo parral almeriense, presentan un nivel tecnológico bajo que limita su potencial productivo, aunque mantienen su competitividad en virtud de sus menores costes unitarios de producción.

Las tendencias en los cambios, de cara al futuro, indican la necesidad de mejorar las prestaciones productivas de las estructuras de producción, para conseguir satisfacer los niveles crecientes de calidad exigidos por los mercados. Ello hará preciso mejorar las estructuras y el equipamiento de los invernaderos, lo que permitirá aumentar la capacidad de planificación y control de las producciones, extendiendo los calendarios de producción a todo el año con una oferta de calidad definida y sostenida. Todo ello dentro de unos límites razonables de incremento de inversión y de costes de producción.

La incorporación de mejoras en las estructuras de producción y en el nivel de equipamiento de las mismas, aunque ha sido un proceso permanente en el tiempo (invernaderos más altos, mejor contruidos y más ventilados, desarrollo del cultivo en sustrato, técnicas culturales más eficientes, incorporación de equipos de actuación sobre el clima, sustanciales mejoras en los sistemas de riego, etc.) debe ser impulsada para mantener la competitividad del sistema frente a otras áreas productoras, a través de la mejora de sus prestaciones productivas.

Cambios cualitativos en los invernaderos son ya perceptibles y se irán generalizando en los próximos años de la mano de la mejora del grado de conocimiento técnico-científico y de las exigencias impuestas por el mercado a la producción. En relación con las estructuras, el invernadero parral seguirá estando muy presente en el sistema productivo, incorporando sensibles mejoras en su diseño (mayor altura, pendientes de cubierta mayores, estructuras de ventilación más eficientes, mejores sistemas de recogida y evacuación de agua de lluvia), y en su construcción. Los invernaderos «industriales» como el multitúnel incrementarán su presencia ligados a la incorporación creciente de equipamiento para el control del clima, facilitando el nivel de aseguramiento actual y su fiabilidad. Excluidos los costes ligados al suelo (adquisición y preparación), los niveles de inversión se incrementarán entre 3 y 5 veces respecto a los actuales.

La incorporación de estructuras con cerramiento rígido como el invernadero de vidrio tipo Venlo, debido a las altas necesidades de inversión (hasta 10 veces mayores que las actuales para el invernadero parral) que implican largos períodos de amortización y la elevada exigencia técnica para su correcta gestión, seguirá siendo poco relevante.

En el ámbito de los materiales de cerramiento flexibles (plásticos y mallas) la incorporación de innovaciones tecnológicas mantendrá su dinámica actual. Plásticos con mejores propiedades mecánicas y ópticas se incorporarán progresivamente a los invernaderos.

El mayor conocimiento del efecto de las diferentes longitudes de onda sobre las plantas e insectos, está dirigiendo los nuevos desarrollos de materiales hacia una modificación de las franjas de radiación (fotoselectividad) para producir diferentes efectos, los cuales implicarán una reducción en el uso de fitosanitarios con el consiguiente beneficio medioambiental.

La tendencia hacia el desarrollo de materiales más longevos permitirá reducir el consumo y los residuos generados por los mismos.

La escasa presencia actual de equipos de climatización en los invernaderos mediterráneos se verá incrementada en el futuro en congruencia con la mejora de las estructuras.

La necesidad de mejorar las prestaciones productivas de los invernaderos para satisfacer las exigencias del mercado, por un lado, y para procurar condiciones de confortabilidad para el trabajo en los mismos, por otro, van a incrementar la incorporación de sistemas que permitan actuar sobre el microclima del invernadero. La instalación de equipos para refrigeración, calefacción, ahorro de energía o enriquecimiento carbónico, unido al desarrollo de herramientas informáticas que faciliten una gestión integrada de la producción (riego, nutrición, protección vegetal y clima), los llamados sistemas de ayuda a la toma de decisiones (SAD), facilitarán en el futuro la labor de los agricultores a la vez que les exigirá una mayor cualificación técnica.

La decisión sobre el tipo de invernadero a instalar y el equipamiento con que dotarlo debe adaptarse de forma integrada y gradual para conseguir un sistema productivo eficiente.

Especial atención merece el uso del agua en el invernadero. La escasez de recursos hídricos en el sudeste español, y más concretamente en Almería, limitó en el pasado la explotación agrícola a cultivos de secano, y a pequeñas extensiones de cultivos hortícolas y parrales en las cuencas de los ríos, por otra parte de escaso e irregular caudal. Fue a partir de la década de los 60 cuando se adoptaron una serie de innovaciones técnicas adaptadas a la problemática de esta zona, que han permitido desarrollar una de las agriculturas más intensivas y rentables del territorio español, con una alta eficiencia en el uso del agua. Los datos de invernaderos comerciales de Almería indican que la eficiencia en el uso del agua, considerada como la relación entre el rendimiento de fruto obtenido por

litro de agua empleado para producirlo, es de 21 a 23 g/l¹ (Caja Rural de Almería, 1997; Carreño *et al.*, 2000), frente a 1 g/l¹ de agua empleada en los regadíos de maíz en zonas áridas de España (Naredo *et al.*, 1993). Esta alta eficiencia en los cultivos protegidos es el resultado de la contribución de varios factores, como son el empleo de sistemas de riego por goteo, un buen manejo del riego por parte del agricultor y el menor uso de agua de los cultivos protegidos.

En relación a las técnicas de riego, se están desarrollando soluciones que permitirán una programación dinámica del agua y los nutrientes en base a los conocimientos preciso del estado hídrico del suelo o sustrato (potencial matricial y osmótico, contenido relativo de agua, conductancia hidráulica), de la planta (flujo de savia, variaciones del diámetro del tallo o del fruto, transpiración) o de parámetros climáticos (radiación, déficit de presión de vapor, temperatura). La mejora en los sistemas de control incrementará el uso de equipos y sistemas informáticos en la práctica del riego y la nutrición.

La rápida expansión de los cultivos fuera de suelo en los últimos años se verá limitada en el futuro por la previsible aparición de normas restrictivas para los sistemas de drenaje libre, la limitación que la mala calidad del agua de riego impone a la instalación de sistemas cerrados y el incremento de costes que éstos suponen.

Tabla 1. Características de las explotaciones de invernadero de Almería

Variable	Dimensión
Superficie media explotación	25.411 m ²
Nº fincas/explotación	1,36
Superficie media finca	18.667 m ²
Nº de invernaderos/finca	2,06
Sup. media invernadero	7.538,5 m ²
Sup. media invernada/finca	15.501,4 m ²
Sup. media invernada/explotación	21.024,4 m ²
% Invernadero/finca	84,9

Datos 2006. Elaboración propia.

Tabla 2. Distribución porcentual de los productores según la edad

Edad	Año 2000 (%)	Año 2006 (%)
15-25	4,5	4,3
26-35	31,5	24,7
36-45	29,1	33,5
46-55	22,4	22,7
56-65	11,0	13,2
>65	1,4	1,6

Tabla 3. Distribución porcentual de la superficie de invernaderos según el tipo de estructura

Estructura	Año 1999 (%)	Año 2005 (%)
Parral plano	39,6	33,3
Parral monocapilla	1,9	0,2
Parral multicapilla simétrico	51,7	60,0
Parral multicapilla asimétrico	6,5	5,3
Multitúnel	0,3	1,2

Tabla 4. Superficie media de los invernaderos según el tipo de estructura

Tipo de estructura	Superficie media (m ²)
Parral plano	5.945
Parral monocapilla	5.000
Parral multicapilla simétrico	8.717
Parral multicapilla asimétrico	8.875
Multitúnel	8.321

Tabla 5. Altura media de los invernaderos según el tipo de estructura

Estructura	Altura (m)
Parral plano	2,8
Parral monocapilla	3,8
Parral multicapilla simétrico	4,0
Parral multicapilla asimétrico	4,1
Multitúnel	4,2

Tabla 6. Distribución de los sistemas de ventilación lateral y su accionamiento

Sistemas de ventilación lateral	Nº invernaderos (%)	Superficie (%)	Sistemas de accionamiento		
			Control clima	Manual	Motorizado
Sin ventilación lateral	3,3	2,5			
Bandas deslizantes	92,0	91,9		92,0	
Ventanas enrollables	4,5	5,3	0,1	4,2	0,2
Ventanas plegables	0,2	0,3		0,2	

Tabla 7. Distribución de los sistemas de ventilación cenital y su accionamiento

Sistemas de ventilación cenital	N° invernaderos (%)	Superficie (%)	Sistemas de accionamiento		
			Control clima	Manual	Motorizado
Sin ventilación cenital	15,0	10,8			
Aperturas cenitales	40,0	35,1		40,0	
Ventanas abatibles	34,7	39,4	0,5	33,5	0,7
Sistemas mixtos	0,1	0,2		0,1	
Ventanas piramidales	5,5	8,5		5,5	
Ventanas enrollables	4,5	5,9		4,5	
Ventanas mariposa	0,2	0,1		0,2	

Tabla 8. Distribución de los diferentes sistemas de humidificación

Sistemas de humidificación	N° invernaderos (%)	Sup. de invernaderos (%)
Alta presión (>40 kg/m ²)	18,5	17,3
Baja presión (4 y 6 kg/cm ²)	81,5	82,7

Tabla 9. Distribución porcentual de los materiales de cubierta de las balsas de obra

Material de cubierta	%
Fábrica	53,9
Polifibril	41,7
Plástico	4,4

Tabla 10. Distribución porcentual de los sistemas de riego

Tipos de sistemas de riego	N° invernaderos	Superficie invernadero
A pie	0,3%	0,1%
Sistema de riego localizado	99,7%	99,9%

Tabla 11. Uso de agua de riego por tonelada de fruto producido ($m^3 t^{-1}$) para los cultivos de judía, melón, tomate y pimiento bajo invernadero en Almería y al aire libre en otras zonas del mundo

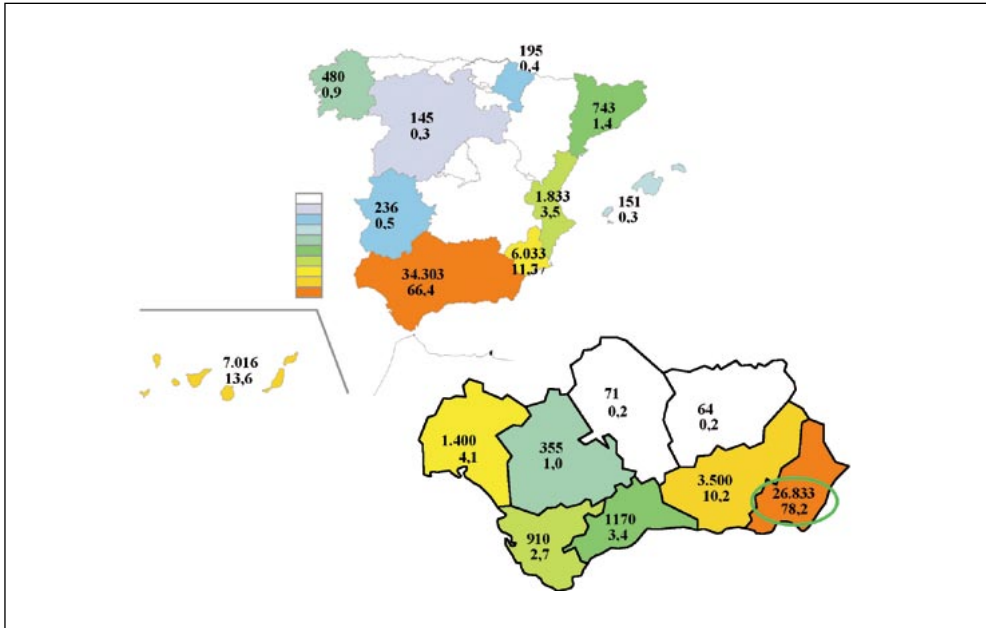
Cultivo	Exterior	Invernadero
Judía	162 ^a	66 ^e
Melón	83 ^b	44 ^e
Tomate	60 ^c	27 ^e
Pimiento	300 ^d	74 ^e

(a) Stansell y Smittle, 1980; (b) Hartz, 1997; (c) Stanhill, 1980; (d) Pellitero *et al.*, 1993; (e) Caja Rural de Almería, 1997.

Tabla 12. Distribución porcentual de los sistemas de fertirrigación y antigüedad de los mismos

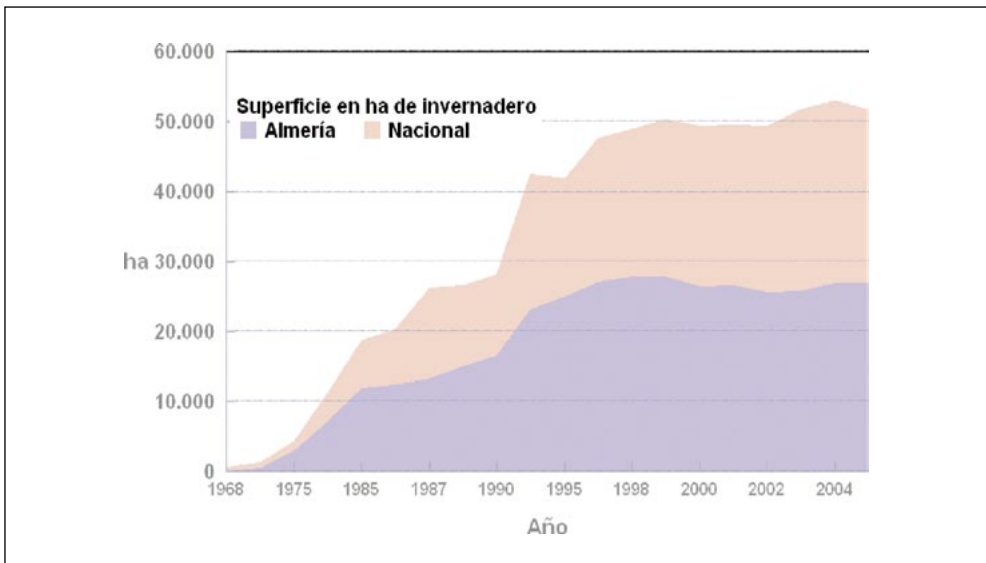
Sistema de fertirrigación	% Fincas	Antigüedad Promedio
Abonadora	35,6	10,8
Aspiración directa	2,5	10,9
Bomba inyectora	0,2	10,0
Venturis	11,2	7,8
Programador	8,9	5,8
Máquina de riego	39,9	5,8
Sin sistema	1,7	–

Figura 1. Distribución de invernaderos en España y Andalucía. Campaña 2004/2005



Fuentes: FIAPA, 2007, MAPA, 2006. Elaboración propia.

Figura 2. Evolución de la superficie ocupada por invernaderos en Almería y España



Fuentes: MAPA. Elaboración propia.

Figura 3. Distribución de las explotaciones en función del número de fincas que la componen

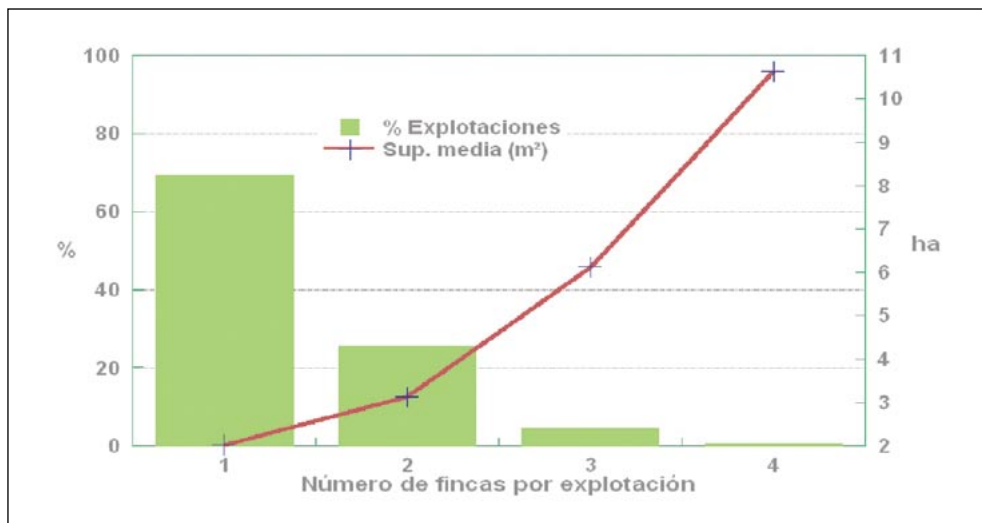


Figura 4. Tendencia constructiva de los diferentes tipos de estructura

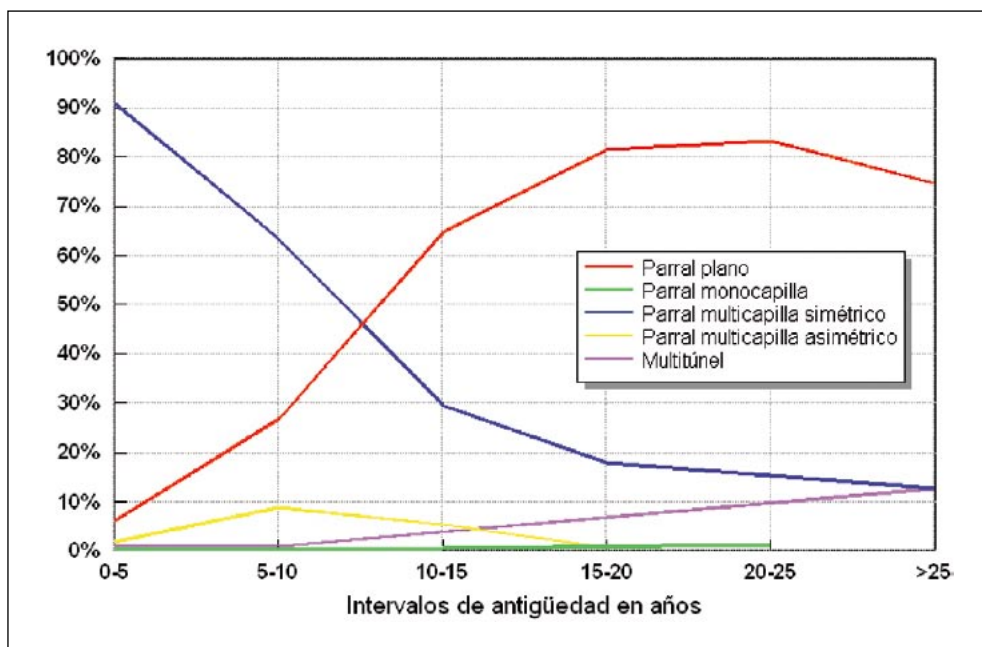


Figura 5. Distribución de la superficie de los invernaderos en función de la estructura

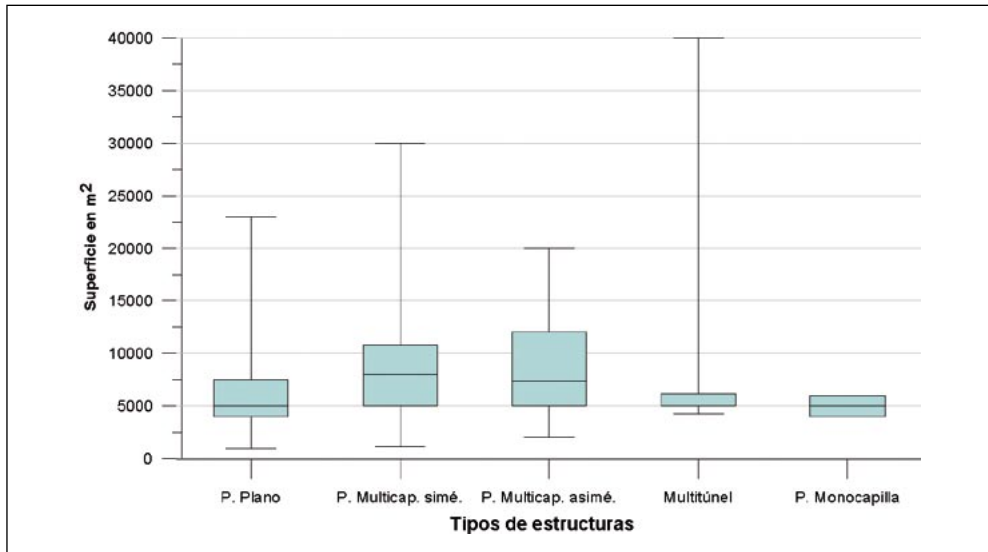


Figura 6. Superficie media de los invernaderos según antigüedad

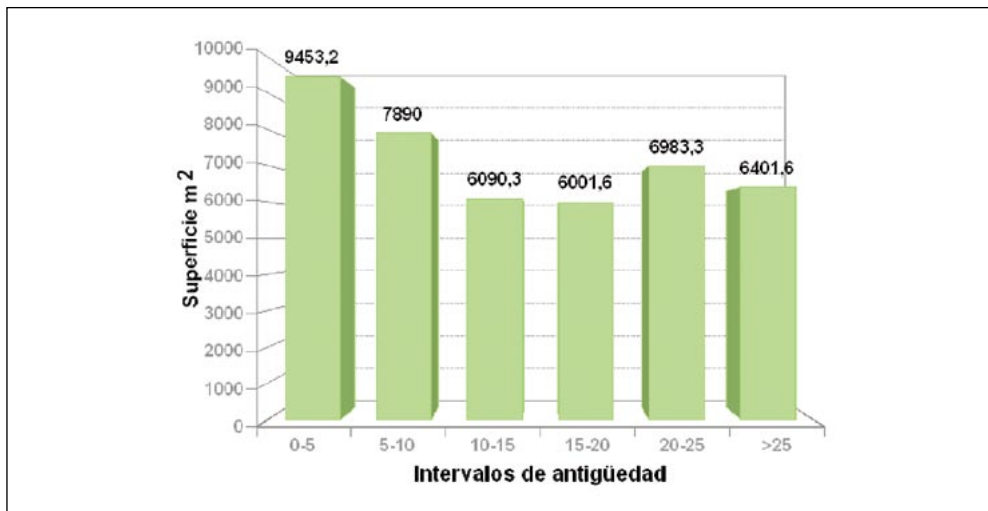


Figura 7. Tendencias en los materiales constructivos empleados

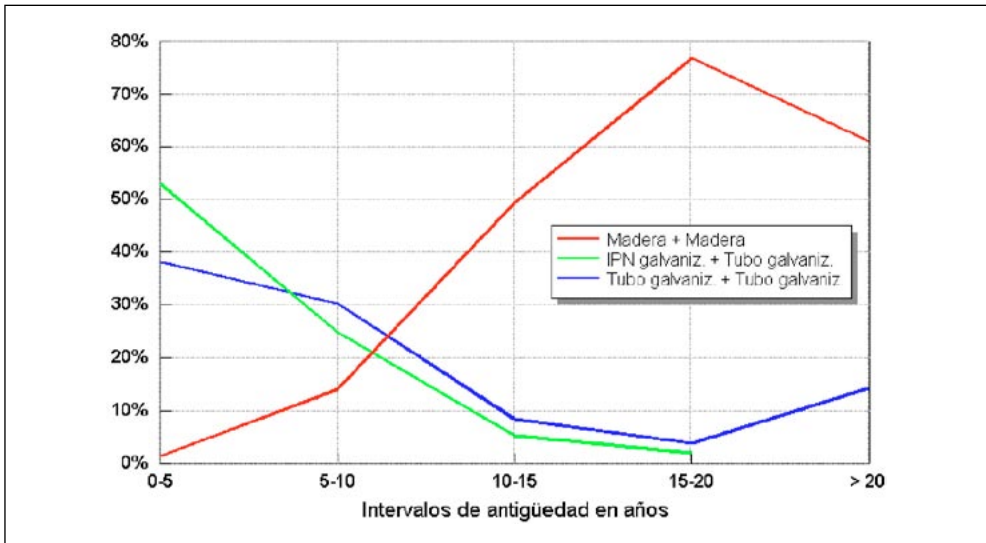


Figura 8. Evolución de la altura de invernaderos

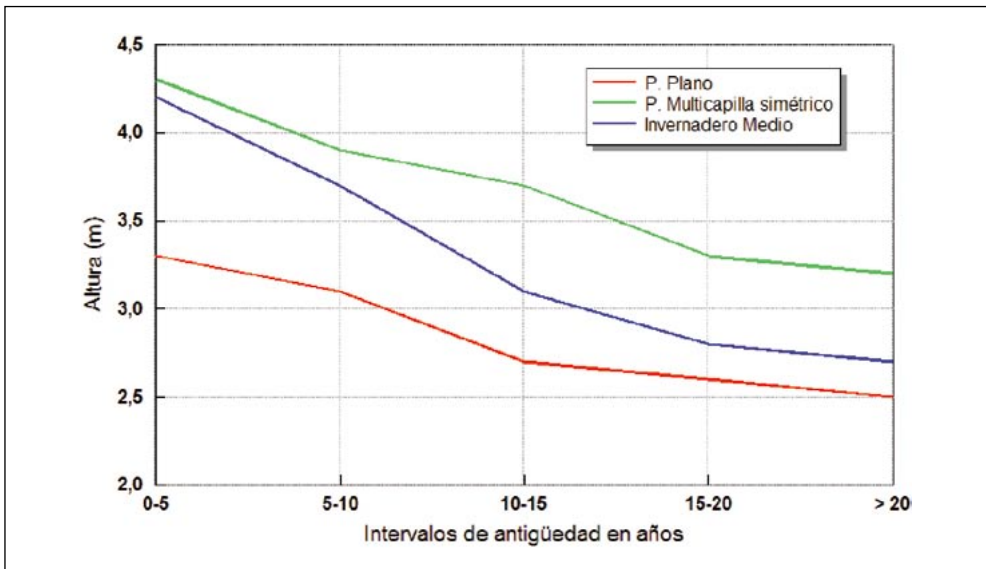


Figura 9. Distribución de los tipos de plásticos sobre el número de invernaderos

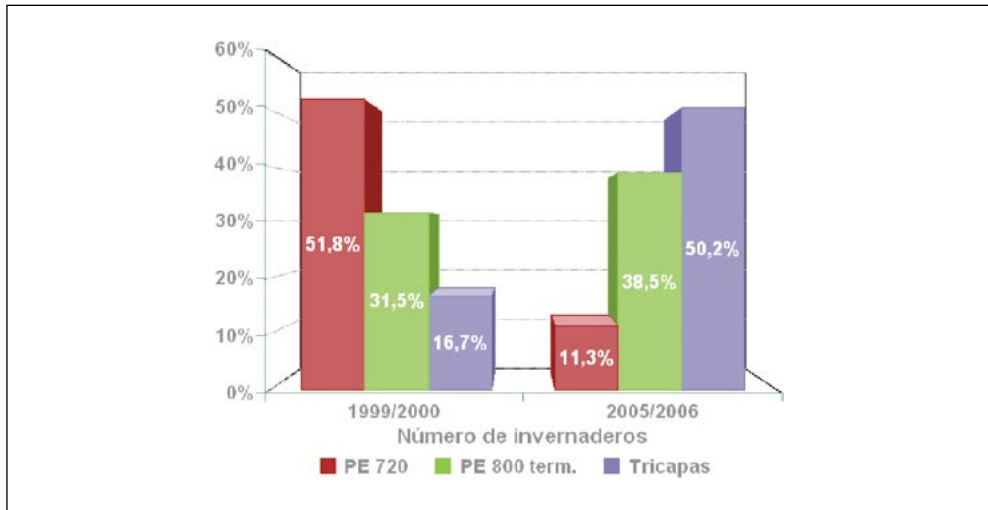


Figura 10. Distribución de los tipos de plásticos sobre la superficie de invernaderos

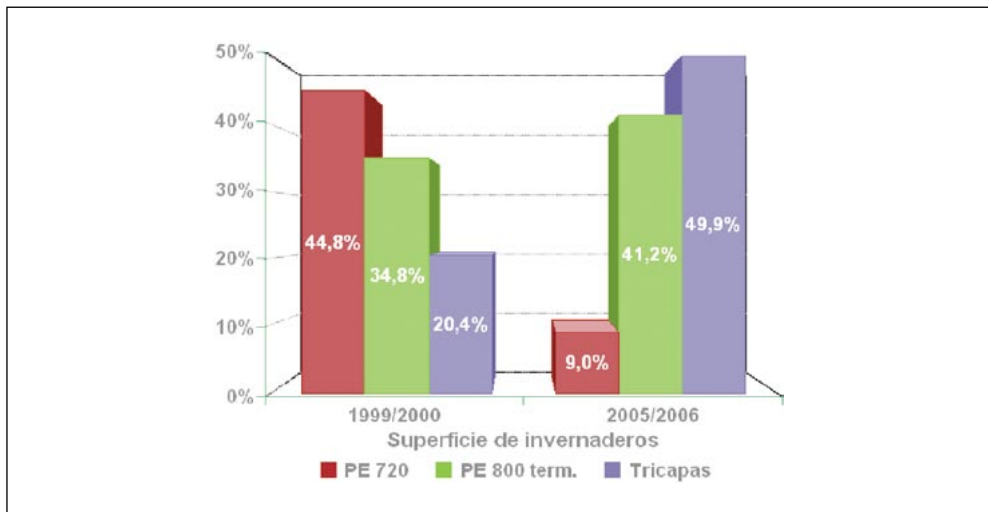


Figura 11. Distribución porcentual de los diferentes materiales plásticos acolchados

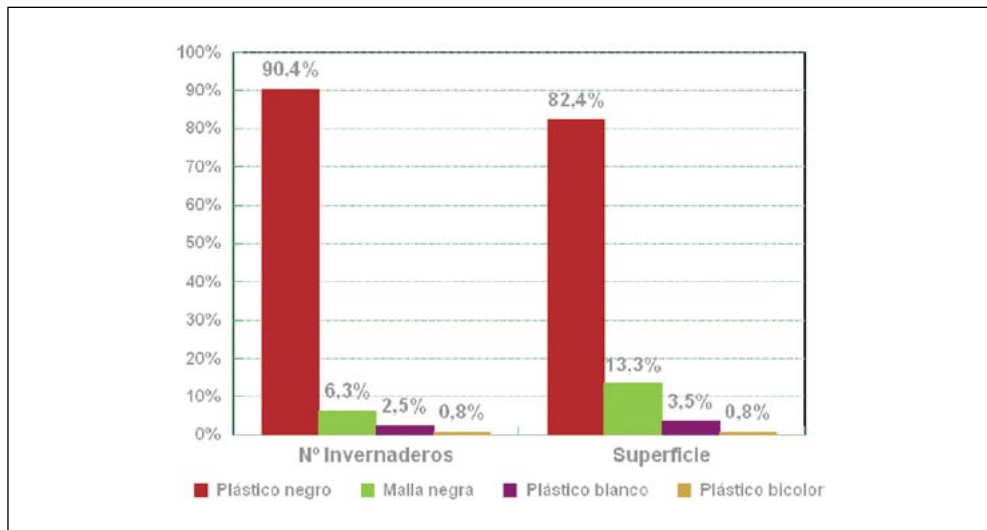


Figura 12. Variación en la utilización de la mallas anti-insectos en relación al número de invernaderos

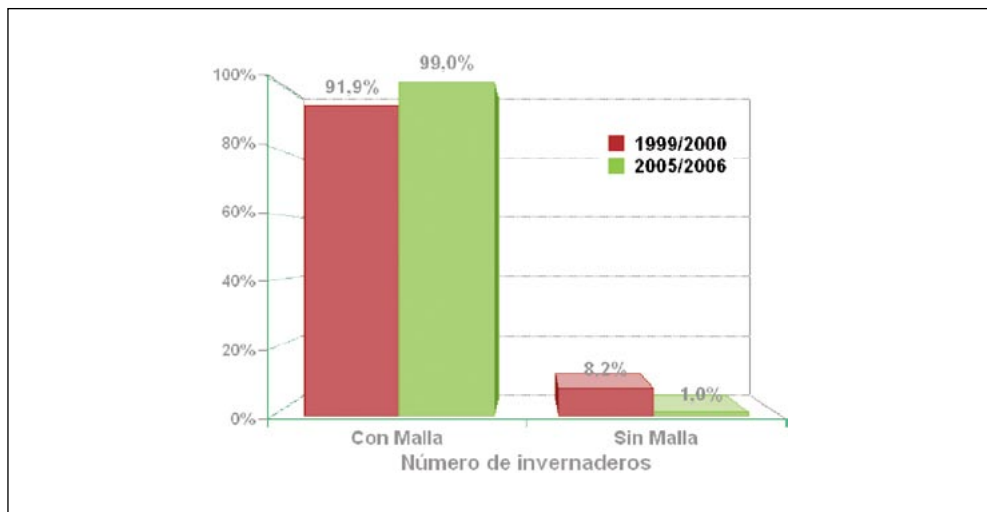


Figura 13. Variación en la utilización de la mallas anti-insecto en relación a la superficie invernada

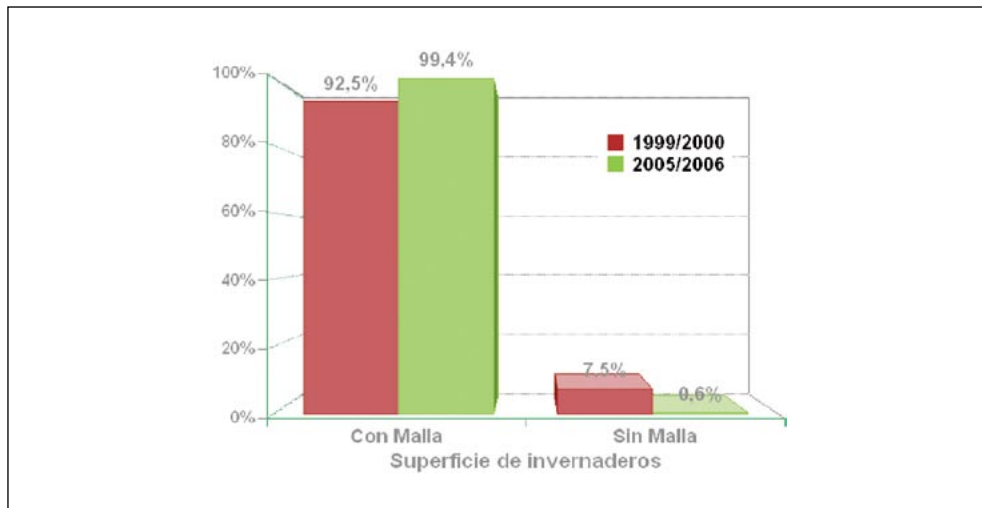


Figura 14. Distribución de los diferentes tipos de malla

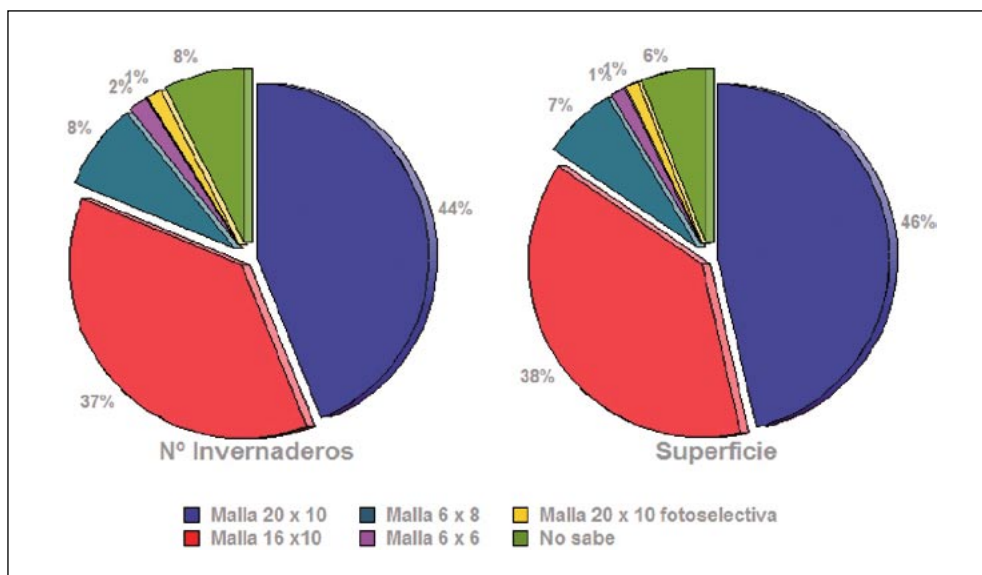


Figura 15. Variación de la implantación de los sistemas de refrigeración evaporativa sobre el número de invernaderos

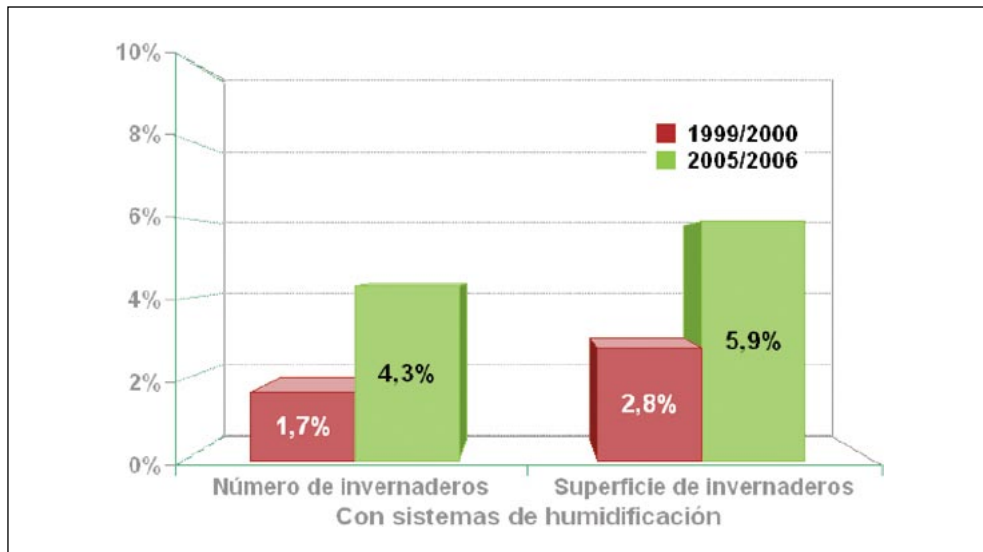


Figura 16. Instalaciones de calefacción en número de invernaderos y en superficie

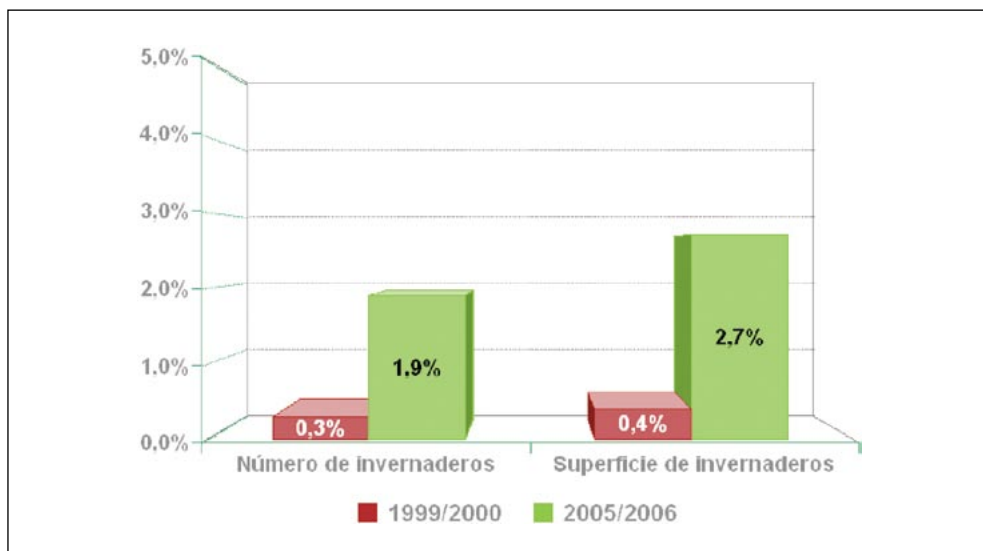


Figura 17. Distribución de los sistemas de calefacción por aire caliente

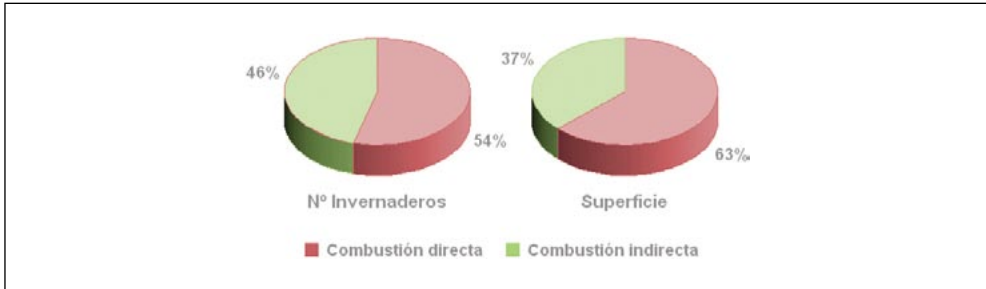


Figura 18. Distribución de los tipos de ventiladores



Figura 19. Distribución de los sistemas de preparación del suelo sobre la superficie bajo plástico atendiendo al número de invernaderos y a la superficie

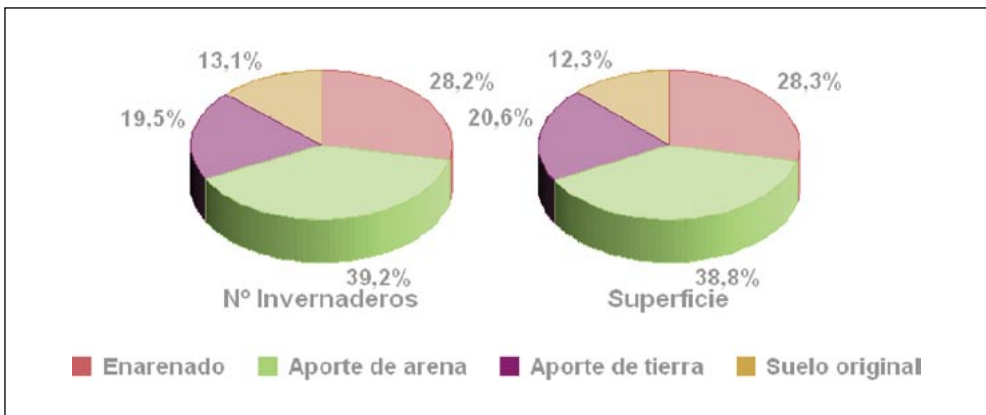
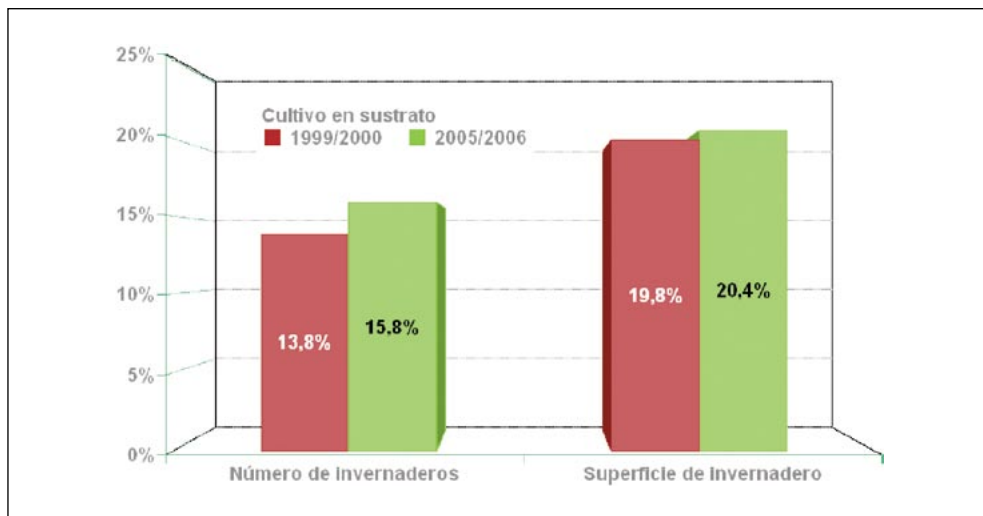
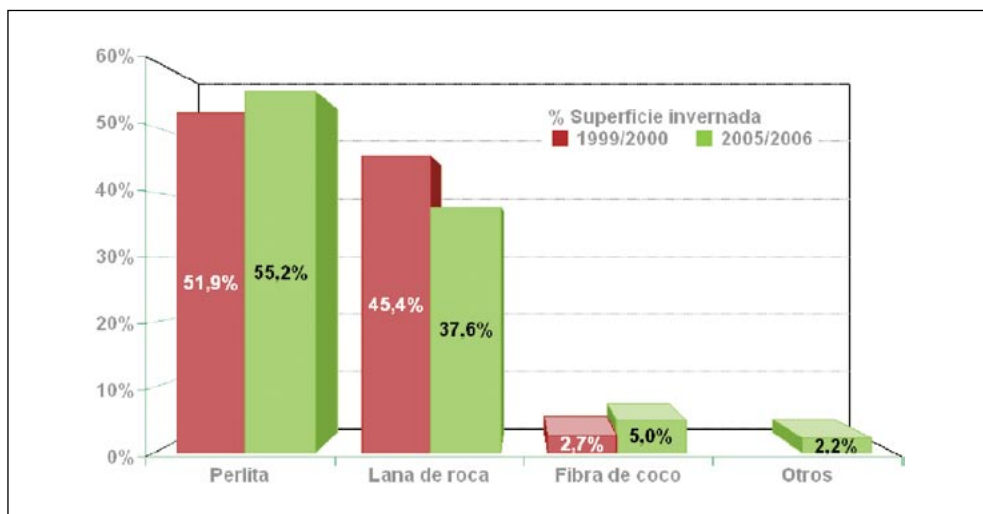


Figura 20. Incidencia de los sistemas de cultivo en sustrato en la campaña 1999/2000 y 2005/2006 sobre el número de invernaderos y sobre la superficie de invernadero



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Distribución porcentual de los sustratos utilizados en la campaña 1999/2000 y 2005/2006 sobre la superficie de invernadero



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Distribución porcentual de los sistemas de regulación del agua de riego

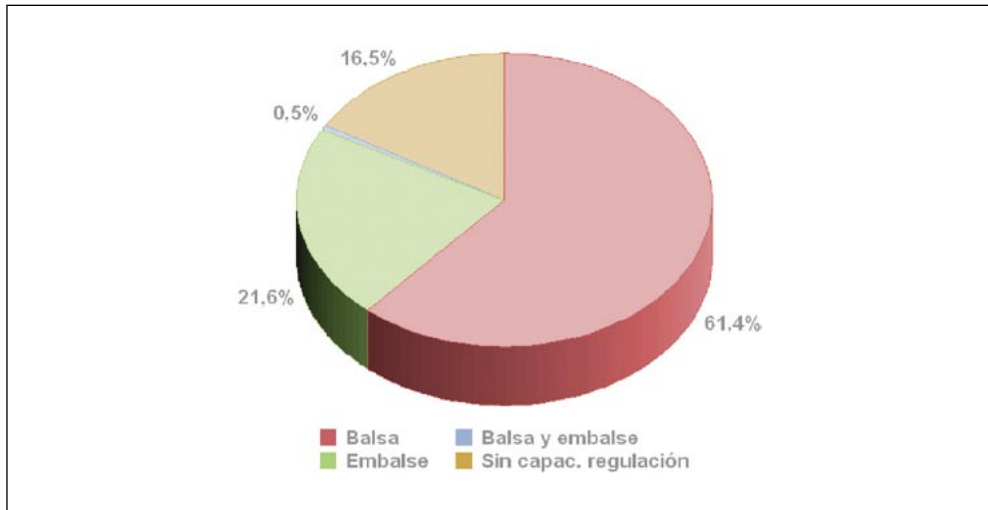


Figura 23. Distribución de los materiales utilizados para la impermeabilización de los embalses

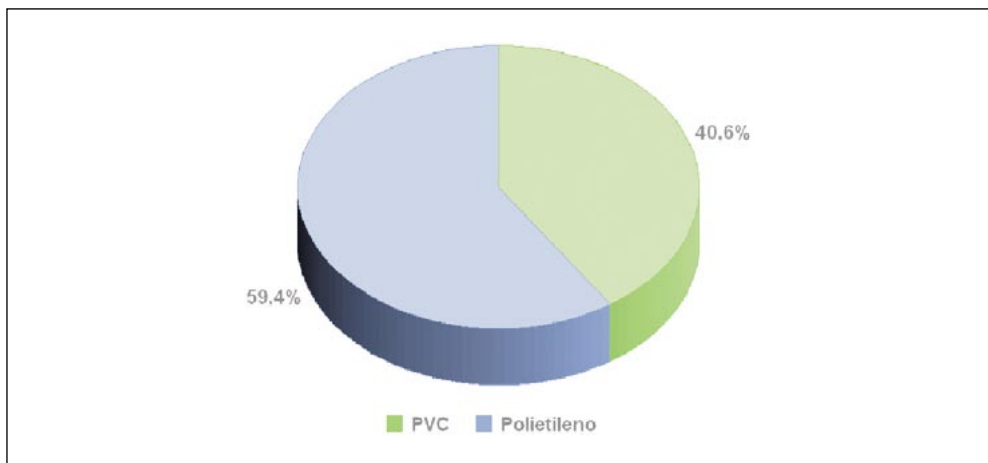
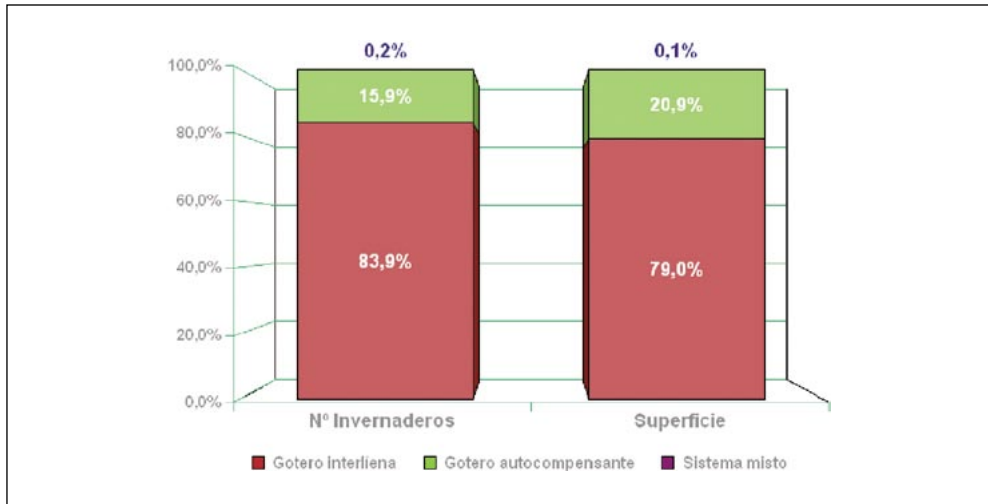


Figura 24. Tipos de goteros instalados en los invernaderos. Campaña 2005/2006



Fuente: Elaboración propia.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BRETONES, F. 1999. El enarenado. En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos. Vol. I: 103-111. Edita Caja Rural de Almería.
- BASELGA, J.J.; PRIETO, M.H. y RODRÍGUEZ, A. 1993. Response of processing tomato to three different levels of water and nitrogen applications. Acta Horticulturae 335: 149-156.
- CAJAMAR, 2002. Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería. Publicación propia.
- CAJA RURAL DE ALMERÍA. 1985. Evaluación de la instalación de riego localizado financiado por Caja Rural de Almería. Edita Caja Rural de Almería.
- . 1992. Documentos técnicos agrícolas. Publicación propia.
- . 1997. Gestión del regadío en el campo de Dalías: las comunidades de regantes Sol y Arena y Sol-Poniente. 195 pp.
- CARREÑO, J.; AGUILAR, J. y MORENO, S.M. 2000. Gastos de agua y cosechas obtenidas en los cultivos protegidos del campo de Níjar (Almería). XIII Congreso Nacional de Riegos, Huelva.
- CASTILLA, N. 1998. Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. Tecnología de invernaderos II. Pag. 163-177.
- COBOS, J.J. y LÓPEZ, J.C. 1998. Filmes plásticos como material de cubierta de invernadero. Tecnología de invernaderos II. Pag. 143-160.
- DELEGACIÓN PROVINCIAL DE ALMERÍA 1985-1999. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Memoria resumen.
- DIE, 2006. State Statistical Institute, Ankara, Turquía.

- FAO. 1991. Protected cultivation in the Mediterranean climate. Plant protection paper, 90. 317 pp.
- GONZÁLEZ-REAL, M.M. 1996. Evolución de los cultivos fuera de suelo en Francia. Análisis de la situación actual. Curso Internacional de Hidroponía.UNA, Perú.
- HARTZ, TK. 1997. Effects of drip irrigation scheduling on muskmelon yield and quality. *Scientia Horticulturae* 69: 117-122.
- M.A.P.A. 1998. Los cultivos forzados en Almería. Inventario agronómico y caracterización productiva de los cultivos forzados. Editado por la Dirección General de la Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 165 p.
- NAREDO, J.; LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y MOLINA, J. 1993. La gestión del agua para regadío. El caso de Almería. *El Boletín*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, nº 9: 15-22.
- PELLITERO, M.; PARDO, A.; SIMÓN, A.; SUSO, M.L. y CERROLAZA, A. 1993. Effect of irrigation regimes on yield and fruit composition of processing pepper (*Capsicum annum L.*). *Acta Horticulturae* 335: 257-263.
- STANHILL, G. 1980. The energy cost of protected cropping: a comparison of six systems of tomato production. *J. Agric. Engng. Res.* 25: 145-154.
- STANSELL, J.R. y SMITTLE, D.A. 1980. Effects of irrigation regimes on yield and water use of snap bean (*Phaseolus vulgaris L.*) *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(6): 869-873.