

Análisis económico de la tecnología de los invernaderos mediterráneos: aplicación en la producción del pimiento¹

M.A. Fernández-Zamudio, A. Pérez, P. Caballero

Departamento de Economía y Sociología Agrarias. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Apartado Oficial s/n. 46113 Moncada (Valencia). Teléfono: 96 342 40 00.
E-mail: economia@ivia.es

Resumen

La producción y comercialización del pimiento en España ha seguido una tendencia creciente en los 20 últimos años, manifestando una posición competitiva muy firme. Sin embargo, para mantener la competitividad en el pimiento ante la liberalización de los mercados y la concurrencia sobre los mismos de otros países, sobre todo los mediterráneos, la estrategia española debe dirigirse a un incremento del nivel tecnológico, especialmente en la fase de producción. La finalidad de este trabajo es la evaluación económica de diferentes niveles de tecnología en invernaderos de pimiento en la zona de Pilar de la Horadada (Alicante). Se han considerado, dos niveles de cultivo en suelo (uno sin calefacción y otro con calefacción de mínimos), y dos en la modalidad de cultivo en sustrato (ambos con calefacción permanente y uno de ellos con aplicación de CO₂). Las repercusiones económicas de la implantación de los cuatro niveles tecnológicos analizados se han determinado mediante el cálculo de los costes anuales, las inversiones y diferentes coeficientes económicos establecidos al respecto. Los resultados permiten afirmar que en las condiciones actuales son válidos los cuatro niveles considerados, ya que todos presentan un grado aceptable de rentabilidad.

Palabras clave: Costes de producción, Innovación tecnológica, Cultivos protegidos, *Capsicum annuum* L.

Summary

Economic evaluation of mediterranean greenhouses technology: an application to pepper production
The production and commerce of pepper in Spain has followed a growing trend over the last 20 years, displaying a very firm competitive position. However, to keep the pepper competitive in the face of liberalisation of the markets and the concurrence of the same in other countries, above all Mediterranean ones, the Spanish strategy should focus on an increase in the level of technology, especially in the production phase. The aim of this work is to economically evaluate the different levels of technology in the greenhouses dedicated to pepper growing, in the region of Pilar de la Horadada (Alicante). Two levels of growing in the ground have been considered, one without heating and the other with minimum heating, and two following the substrate cultivation model with permanent heating, and one of these with CO₂ applications. The economic repercussions of implanting the four levels of technology analysed have been determined considering annual costs, the investments and the different economic coefficients established in this respect. The results lead us to confirm that under current conditions the four levels considered are valid, given that all of them present an acceptable degree of profitability.

Key words: Production costs, Technological innovation, Protected crops, *Capsicum annuum* L.

1. El presente artículo se integra dentro de las investigaciones del Proyecto INIA de referencia RTA 04-072.

Introducción

El pimiento ocupa un lugar destacado en la horticultura española, con una importancia económica muy significativa, basada en la especialización de la producción, en el número de variedades cultivadas y en la competitividad de las exportaciones.

Desde el punto de vista económico y comercial, se puede afirmar que la competitividad del sector hortícola en su conjunto está fundamentada en las producciones en invernadero. En el caso concreto del pimiento ha seguido una evolución muy favorable hacia la intensificación, de forma que en el año 2002 había 11.810 hectáreas de pimiento en invernadero, mil más que al aire libre. Los motivos más destacables que han propiciado su introducción en el invernadero son los siguientes:

- Los grandes avances en el conjunto de innovaciones tecnológicas aplicables a los cultivos intensivos, entre los que destaca el desarrollo de la plasticultura, que ha favorecido la mejora y el abaratamiento de los plásticos y con ello su utilización masiva.
- El continuo aumento del nivel de vida de la población, y por lo tanto las exigencias de los consumidores. Actualmente la demanda de productos abarca todo el año y es necesario producir en ciclos continuos, algo que sólo es posible modificando las condiciones naturales en las distintas zonas productoras.
- La peligrosidad que representan algunas virosis en la horticultura al aire libre y las limitaciones que éstas ocasionan, han forzado a crear espacios controlados para reducir su impacto sobre las producciones.

Si se revisan los aspectos más favorables de la producción española de pimiento destacarían los siguientes:

- La gran dotación de invernaderos y la acusada especialización en las zonas de producción de Almería, Murcia y Alicante.
 - El clima tan favorable de las comarcas productoras, que permite obtener la mayor parte de la cosecha de invernaderos sin calefacción, o bien con costes de calefacción muy moderados, a diferencia de los grandes competidores centroeuropeos.
 - El calendario de comercialización es muy completo y abarca los doce meses del año.
 - El mercado interior está muy desarrollado y absorbe gran parte de la producción.
 - La posición geográfica de España, y su proximidad a los principales mercados de la Unión Europea, permite el abastecimiento directo por camión. A esta ventaja se añade la disposición de una gran diversidad de tipos de confección que satisfacen una demanda muy exigente de las grandes superficies.
- Entre los puntos desfavorables pueden mencionarse:
- Unos costes de mano de obra en aumento, a pesar de las facilidades que este cultivo, y en general la actividad de invernaderos, tienen para emplear mano de obra eventual de forma continua y durante periodos de tiempo amplios.
 - El elevado importe de las semillas, y sobre todo la gran dependencia de material vegetal procedente del exterior. España está muy lejos de alcanzar un nivel óptimo en la producción de material vegetal hortícola, y lo que es peor, ha sufrido una importante reducción del importante legado que tenía de variedades autóctonas.
 - De forma similar a otras especies hortícolas, las variedades actuales de pimiento siguen siendo muy susceptibles ante peligrosas virosis, las cuales acortan la vida del

cultivo, disminuyen las producciones y pueden destruir la cosecha en poco tiempo.

- El agua es un factor de producción que, dada la aridez de las zonas mediterráneas, a veces escasea en cantidad y calidad. Al elevado precio, que contribuye a encarecer los costes de cultivo, se añade además que el pimiento es una especie exigente que no tolera excesivos niveles de salinidad.

Los pimientos españoles tienen un lugar en los mercados más importantes, a pesar de entrar en competencia con la producción centroeuropea, pero deberán afrontar cada vez más la oferta creciente que llega de otros países, sobre todo del área mediterránea, con los cuales es difícil competir en mano de obra. España presenta un buen desarrollo de las estructuras comerciales pero necesita incrementar su nivel tecnológico con el fin de obtener mayores niveles en la productividad y mejores calidades (Cantliffe y Vansickle, 2001).

Dada la susceptibilidad en la respuesta de esta especie a cada uno de los elementos tecnológicos que pueden introducirse en un invernadero, el presente trabajo se plantea con el **objetivo** de analizar las consecuencias de la evolución tecnológica, desde el punto de vista técnico, económico y comercial, con el fin de determinar el nivel óptimo en que deberán situarse los invernaderos de pimiento para garantizar su viabilidad.

El estudio se centra en la zona de Pilar de la Horadada (Alicante), donde se ha llegado a niveles tecnológicos muy completos en las explotaciones de pimiento, tratándose de la comarca con mayores rendimientos por metro cuadrado de España, lo que la sitúa en una destacada posición en este cultivo a nivel mundial.

La producción española de pimiento en invernaderos

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una planta herbácea que se cultiva en un ciclo anual, y en invernadero alcanza un porte superior a los dos metros. Aunque es originario de Suramérica está muy adaptado a las condiciones agroecológicas del mediterráneo, por lo que actualmente casi la mitad de la producción mundial del pimiento se da en este área.

Se pueden considerar tres grandes grupos varietales del pimiento: dulces, picantes y para pimentón. De las variedades dulces, que son las más cultivadas en invernadero, los tres tipos fundamentales son el California y Lamuyo, ambos de carne gruesa y el tipo Italiano, de carne fina. Los ciclos de cultivo varían ampliamente, incluso dentro de una misma zona productora, siendo los más frecuentes en España los siguientes: extra-temprano (con trasplante a finales de noviembre e inicio de recolección a partir de mediados de febrero), temprano (que se trasplanta en febrero empezando la recolección a finales de mayo), y ciclo normal-tardío (el trasplante es de julio a agosto recogiendo en otoño-invierno).

España es el cuarto productor mundial de pimiento, con cerca de un millón de toneladas anuales. Entre 1990 y 2002 aumentó su exportación de 171.854 toneladas a 459.630 toneladas, un incremento superior al 167%, lo que es indicativo de la firmeza actual del sector.

La superficie nacional ha disminuido en un 29,1% entre los años 1999 y 2002, según las cifras oficiales del Ministerio de Agricultura. Sin embargo la producción aumentó el 10,4% en ese mismo periodo, gracias a la superficie en invernadero y a los consecuentes cambios tecnológicos que ello implica, que han elevado los rendimientos medios

de 31,7 a 45,2 tn/ha. A nivel provincial destaca especialmente Almería, que a pesar de tener un 10% menos de superficie respecto a 1990, ha aumentado su producción en casi un 30 %, debido sobre todo al incremento de la superficie protegida. Murcia ocupa el segundo lugar en el cultivo de pimiento, ha elevado un 16,4 % la superficie cultivada y la producción en un 30,6%, mientras que los rendimientos han pasado de 85 a 97 toneladas por hectárea, lo que significa un incremento de 1,2 Kg/m².

Respecto a la Comunidad Valenciana, en la que se ubica el presente estudio, el cultivo de pimiento se centra sobre todo en la provincia de Alicante donde, según las estadísticas, la superficie se ha reducido un 73% desde 1990, quedando hoy día alrededor de 300 hectáreas, que en 2002 generaron una producción de 28.129 toneladas. La importancia de esta zona radica en que su producción está muy concentrada y se localiza en el término municipal de Pilar de la Horadada, donde el 92% del pimiento se cultiva en invernadero. Tiene los mayores rendimientos a nivel nacional, habiendo pasado de producir 54 tn/ha en 1990 a 121,2 tn/ha en la actualidad, lo que supone un incremento de 6,7 Kg/m².

Evolución tecnológica de los invernaderos mediterráneos

A partir de la década de los 70, con el desarrollo de la industria de los plásticos, la mentalidad sobre lo que significaban los cultivos forzados cambió radicalmente en pocos años. De las producciones hortícolas al aire libre, con bastante especialización y asociadas con su localización a zonas fértiles, como las huertas de Murcia, Valle del Ebro o Valencia, se pasó a un rápido incremento de la superficie de invernaderos, que se situaron principalmente en las provincias

más áridas, como Almería, Murcia, sur de Alicante o Granada, aprovechando la estabilidad del clima en otoño e invierno y su gran luminosidad.

En las áreas españolas más especializadas en cultivo forzado, la producción se basó, en un principio, en la implantación de invernaderos de bajo coste, la mayoría de tipo "parral" en el que se fundamentó la rapidísima expansión de la superficie cubierta (Montero y Antón, 1994). El origen de este primer tipo de invernadero, "parral", proviene de la provincia de Almería, y no es más que una readaptación de los antiguos parrales utilizados para la uva de mesa. La estructura suele estar formada por pilares de madera y en el techo un entramado doble de alambre entre el cual se coloca una lámina de plástico, con lo que se configura una zona de cultivo protegido. Este tipo de invernadero, prácticamente plano, es el que hoy día aún ocupa una mayor proporción de superficie cubierta y se señala como muy característico del mediterráneo español, aunque también está viviendo una continua reestructuración marcada por las nuevas exigencias tecnológicas (Molina et al., 2003).

La gran ventaja que presenta es su bajo coste de inversión, pero tiene en contra sus limitaciones a la hora de aumentar el rendimiento productivo del cultivo, lo que ha promovido que se realicen sucesivas mejoras. Entre ellas, el aumento de la inclinación de la cubrera para aprovechar el agua de lluvia y elevar la transmisividad de la radiación solar; el paso a una estructura de hierro galvanizado, o mejorar la eficiencia y automatismo del sistema de riego. La búsqueda de un aumento y mayor seguridad en las producciones, ha derivado en la aparición de otros tipos de invernaderos con los que llegar a un mejor control climático, lo que no se logra en el parral. Con un nivel climático más adecuado se llega al óptimo biológico de cada cultivo y se consiguen otras

ventajas técnicas que se recogen en trabajos como los de Fernández *et al.* (2001a y b) y en López-Gálvez y Peil (2000). La evolución de los tipos de invernadero ha estado dirigida por la investigación y los avances logrados en países de Centro Europa, especialmente Holanda. Sin embargo, aunque sea posible aprovechar muchas de estas innovaciones, no es posible extrapolar totalmente los beneficios del invernadero típicamente holandés a las condiciones del Mediterráneo (Van Os *et al.*, 2003).

Antes de pasar a describir los tipos de invernaderos más habituales en el litoral mediterráneo, y más concretamente los de producción de pimiento, se revisan los elementos que pueden constituirlos, para entender la incidencia de cada uno de ellos en el cultivo. La combinación de grupos de estos elementos forman verdaderos paquetes o niveles tecnológicos, como posteriormente se describen, de forma que al final las ventajas de un invernadero sobre otro dependen de cómo funciona el conjunto de los elementos que lo integran.

Los *materiales de sostenimiento* forman la estructura básica del invernadero, la cual debe estar preparada para soportar su propio peso, la fuerza del viento u otros fenómenos climatológicos, así como la carga realizada por los cultivos entutorados y el resto de mecanismos que se sujetan a la misma. Por lo tanto, los materiales han de ser resistentes y adecuados al resto de características de cada invernadero. Entre los materiales más utilizados está el acero galvanizado que presenta mayor resistencia a las cargas, y que se adapta mejor a las estructuras curvas, aunque para ello hay que realizar un desembolso inicial más elevado.

Los *materiales de recubrimiento* tienen la función de evitar la dispersión de la energía térmica proveniente de la radiación solar incidente y acumulada en el invernadero.

Entre ellos el más tradicional es el vidrio, que es un excelente material como aislante térmico, permite atravesar muy bien el paso de la luz natural y conserva mucho tiempo sus propiedades, pero exige una estructura más resistente, es frágil, por lo que no es fácil de manejar, y tiene un precio muy elevado, motivo principal por el que, en las condiciones mediterráneas, su uso se limita a ciertos cultivos muy rentables o campos de ensayos. Como alternativa al vidrio hoy es posible encontrar una gran cantidad de materiales plásticos, que ofrecen gran versatilidad de propiedades y un coste medio considerablemente inferior al de otros materiales rígidos (Castilla, 2005). Entre los más habituales están el polietileno de baja densidad, el polimetacrilato de metilo, las resinas de poliéster, el cloruro de polivinilo o PVC y el etilvinilacetato, conocido habitualmente como EVA.

A la vez que se construye la estructura del invernadero habrá que decidir el soporte donde se van a desarrollar las plantas, distinguiéndose entre el cultivo en suelo y el cultivo en sustrato. Con el cultivo en sustrato se independiza el desarrollo de la planta de las funciones de la tierra, evitando así el riesgo de ataques de patógenos y protegiendo a la planta de enfermedades del suelo, a los que el pimiento es muy sensible. Entre los diferentes tipos de sustratos utilizados se pueden diferenciar los naturales clásicos (agua, arenas, gravas, turbas o fibra de coco, últimamente muy difundido) y los artificiales, de los cuales los principales son la perlita o la lana de roca.

Otro elemento esencial en los invernaderos es la instalación de *riego*. Actualmente el sistema más utilizado es el riego por goteo, que optimiza el uso del agua y permite su automatización muy por encima de los tradicionales riegos por gravedad. Con el riego por goteo es posible aprovechar aguas con mayor grado de salinidad, que se pueden

usar mezcladas, y realizar simultáneamente la fertirrigación. El cabezal de riego de un invernadero suele tener un elevado grado de automatismo, lo que facilita la preparación de las dosis y caudales, así como la aplicación por sectores, todo ello controlado mediante electroválvulas y un ordenador. Esta serie de ventajas, a las que se enfrenta sólo su precio, se traducen en un aumento de los rendimientos y de la calidad final de los productos.

Junto a este grupo de elementos serán fundamentales todos los que contribuyen al control climático del interior, lo que, en las condiciones del mediterráneo, se asocia habitualmente con la *regulación de las altas temperaturas*, que pueden llegar a ser muy limitantes para el desarrollo de los cultivos. Para reducir la radiación solar incidente se pueden usar mallas de sombreado, que serán más eficaces si se colocan en el exterior. Este papel a veces lo ejerce las pantallas térmicas, colocadas para subir la temperatura mínima en las noches de invierno. También es posible aplicar una capa de cal en la cubierta, para limitar, en cierta manera, la excesiva radiación solar en el interior. Con la renovación del aire mediante ventilación, se evita que la atmósfera interior del invernadero se sature y se reduce la temperatura del ambiente. La renovación del aire interior se realiza a través de las ventanas laterales y cenitales, por lo que es más perfecta cuanto mayor es la altura del invernadero y más grande es la superficie de apertura de las ventanas. Cuando la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior genera diferencias de presión, la renovación del aire se favorece por vía natural. También es posible crear una ventilación forzada mediante ventiladores o desestratificadores. Por último, otras técnicas directas de refrigeración son la nebulización y el *cooling system*, con las que se logra reducir la

temperatura hasta 6 °C en las condiciones mediterráneas.

Con la aplicación de los plásticos en la agricultura, y la creación de ambientes tan aislados, en principio se pensó que ese abrigo ya proporcionaba temperatura suficiente en estos climas tan templados. Pronto se vio que era económico el empleo de un generador de calor para evitar los daños de las heladas, que ocurrían escasos días al año. En poco tiempo los invernaderos se han ido perfeccionando y la *calefacción* hoy día es un elemento muy frecuente también en los invernaderos mediterráneos. En el caso concreto del pimiento, entre las causas que más influyen en la adopción de la calefacción están las siguientes:

- Exigencias de los mercados, en cuanto a tipos y variedades, especialmente las que corresponden a la máxima calidad o *wonder*, que son las más exigentes en clima.
- El cambio a cultivo en sustrato. Mientras que en el cultivo en suelo, pasar de la temperatura mínima letal a la mínima biológica ya puede llegar a tener interés, en el caso del sustrato resulta imprescindible una regulación climatológica más estable.

En general la calefacción precisa de unas instalaciones y un coste de combustible que son fácilmente asumibles en pimiento cuando se utiliza solamente calefacción de apoyo. Sin embargo, a partir del empleo del sustrato, la vigilancia y precisión en su uso ha de ser extrema, más aún con el precio que van alcanzando los combustibles, lo que hace cada vez más necesario instalar mecanismos de control ambiental, con regulación coordinada de los parámetros de ventilación, humedad y temperatura, a través de un sistema informático.

Otra práctica habitual en los invernaderos más tecnificados de pimiento es el abonado carbónico, ya que al aumentar el nivel de

CO₂ en el invernadero se consigue un aumento de la fotosíntesis y en consecuencia de la producción, efecto que se observa más claramente en unas especies que en otras. El CO₂ puro puede aplicarse de forma artificial, programando el momento y la concentración, siendo su mayor desventaja el elevado coste, motivo por el que sólo se adopta en los invernaderos con más tecnología.

Niveles tecnológicos de los invernaderos de pimiento en Alicante

Conociendo los distintos materiales y elementos que pueden formar parte de un invernadero se pueden establecer varios tipos representativos en el caso de la producción de pimiento. En esencia, con la puesta en marcha de un invernadero se pretende crear un microclima lo más adecuado posible a las necesidades del cultivo, lo que no es independiente de las posibilidades económicas y de gestión del agricultor, que es el que finalmente adopta el nivel de tecnología que desea. Surgen por ello múltiples posibilidades constructivas en todas las zonas productoras, según el tipo de estructura y el conjunto de elementos que se incorporen.

La intensificación del cultivo del pimiento se produjo con rapidez, a partir de los años 70, muy favorecida por la tecnología de los plásticos. Anteriormente al desarrollo de la plasticultura las dificultades eran menores, ya que había una cierta desinfección del suelo por el abundante abono orgánico que se añadía, y la mayor parte de los problemas se evitaban con la rotación de cultivos pero, con el uso de los invernaderos se fue elevando el nivel tecnológico y también las exigencias al productor. En principio, los calendarios de producción eran más cortos, y después se fueron ampliando; también se

lograban suficientes niveles de rentabilidad aún sin llegar a los rendimientos y calidades actuales. Progresivamente se fueron introduciendo variedades mejoradas, más productivas y de mayor calidad, lo que incrementó las exigencias en el manejo del clima, fertirrigación y tratamientos. Con el monocultivo también se acentuaron los problemas derivados de las virosis, que tienen una fuerte incidencia en esta especie (Reddick y Habera, 2004; Kazinczi et al., 2003), y las necesidades de desinfección de los suelos. La evolución ha sido imparable hasta llegar al máximo nivel tecnológico actual que tiene como base el cultivo en sustrato. Esta modalidad productiva casi representa una fase industrial de la agricultura, por todo el conjunto de técnicas que implica, y a pesar de que siga sujeta al periodo temporal que imponen las leyes biológicas.

En el litoral mediterráneo es posible encontrar, desde un invernadero instalado con una baja inversión, que correspondería a un tipo "parral" frío, en el que se prescinde totalmente de cualquier tipo de calefacción y que tiene sólo los elementos más básicos, hasta un invernadero muy cercano al modelo holandés, que incorpora la última tecnología y con el que se pretende regularizar la producción, aumentar la calidad y la productividad hasta los límites biológicos de la planta, el cual, lógicamente, exige una inversión mucho mayor.

A continuación, se han seleccionado cuatro niveles tecnológicos en invernaderos los cuales se describirán y analizarán en profundidad. No constituyen un bloque rígido e inamovible, sino que son una representación progresiva y lógica de los diferentes tipos de invernaderos que es posible encontrar en la zona del mediterráneo español, y más concretamente en la zona de Pilar de la Horadada para producción de pimiento.

En principio, los principales saltos tecnológicos se dan al instalar la calefacción (con un menor o mayor control de la temperatura) y al pasar de cultivo en suelo a sustrato.

Nivel tecnológico 1: Se correspondería con un invernadero tipo "parral" simple, con estructura metálica, una altura a la canal de alrededor de 1,8 metros y recubrimiento de plástico flexible tanto en laterales como en techo. Constituye un invernadero frío, sin calefacción y con cultivo en suelo; sistema de ventilación lateral y de accionamiento manual. El riego es localizado, por goteo y de alta frecuencia, pero regulado por un equipo muy básico, con fertirrigación simple.

Dado que, en casi la totalidad del pimiento de la zona de Pilar de la Horadada, se practica la producción integrada (PI) con control biológico, se han incluido en todos los niveles tecnológicos seleccionados la instalación de mallas en las superficies de ventilación, las cuales tienen la finalidad de evitar la entrada y salida de insectos del invernadero, algo que si no se realiza la PI no es habitual en los niveles tecnológicos más básicos.

Nivel tecnológico 2: Se asigna para este nivel un invernadero tipo "parral mejorado" con una altura en la canal de unos 2 metros y de alrededor de 3,5 metros en el centro. La estructura es metálica, sujeta al suelo con dados de hormigón en los pilares centrales y recubrimiento con plástico flexible. Ventilación lateral accionada de forma manual, la cual incluye mallas para facilitar la lucha biológica. El cultivo es en suelo. Calefacción básica con sondas de temperatura mínima de entre 8 y 10 °C, justo para evitar descensos extremos de temperatura en el interior del invernadero que den lugar a la parada biológica del cultivo y para minimizar los daños de las heladas. La calefacción será de tipo convectivo mediante generadores de aire calien-

te. El sistema de riego por goteo incluye equipo de fertirrigación completo, por lo que se trata de un equipo algo más completo que en nivel 1.

Nivel tecnológico 3: Se trata de un invernadero tipo "multitúnel", con una altura en la canal de 3 metros y cerca de los 5 metros en el centro del invernadero. La estructura es de pilares de acero sujeta al suelo con dados de hormigón. Techo y laterales de plástico flexible con ventilación lateral y cenital provista de mallas. Este nivel recoge las características básicas para el cultivo en sustrato, el cual se suele realizar con perlita o fibra de coco y en menor medida con lana de roca.

Suele tener pantalla térmica enrollable, colocada en el interior del invernadero, para evitar al máximo posible las pérdidas energéticas. Calefacción permanente de tipo radiativo-convectivo de agua caliente regulada a una temperatura entre 14 y 16 °C, que es el mínimo para que el pimiento vegete sin problemas. Sistema de riego localizado y fertirrigación con la complejidad que el cultivo en sustrato requiere.

Nivel tecnológico 4: Comprende un equipamiento tecnológico muy avanzado, y aunque no se sitúa en un invernadero de vidrio, el cual no se ha extendido en la zona de Pilar de la Horadada ni en el conjunto del litoral mediterráneo, se puede considerar tecnológicamente muy próximo a los invernaderos denominados holandeses. Este modelo de invernaderos busca maximizar la producción y conseguir el óptimo biológico de cada especie.

Representativo de este nivel sería un invernadero tipo "multitúnel", con una altura a la canal de 4 ó 4,5 metros y en la parte central de cerca de 8 metros y recubierto con filmes de plástico flexible en laterales y techo, y con láminas rígidas en los frontales. Ventilación supercenital, consistente en la apertura de la parte más alta de la cum-

brera, lo que genera una corriente de ventilación muy activa, aunque el hueco se cubra de mallas. Cultivo en sustrato, con bandejas que recogen los lixiviados de la solución nutritiva. Pantalla térmica interior para evitar las pérdidas de calor los días más fríos. Pantalla exterior de sombreado para reducir las altas temperaturas en verano. Calefacción permanente a 19 ó 20 °C por radiación-convección mediante agua caliente, distribuida por tubos que se disponen a lo largo de las filas de cultivo y son utilizados como raíles en la mecanización de las labores de cultivo. Desestratificadores, o ventiladores, cuya función es la homogeneización de la atmósfera interior del invernadero. Junto a los desestratificadores puede haber un sistema de boquillas para difusión de los productos fitosanitarios. Quemadores de azufre para reforzar los tratamientos fitosanitarios. Uno de los aspectos más decisivos en este nivel, y para el caso del pimiento, es la posibilidad de realizar fertilización carbónica, mediante un sistema centralizado que reparte el CO₂ puro a través de unas mangas perforadas de plástico, con el que se aumenta el rendimiento del cultivo. El sistema de riego localizado y fertirrigación tiene una versatilidad y eficiencia muy alta. Todos los elementos están regulados mediante un ordenador, en el que se centraliza una gran cantidad de datos recogidos por distintos sensores distribuidos por el invernadero. Toda esta información ajustada con los parámetros agronómicos pertinentes lleva a un control muy exacto de las condiciones de cultivo (Fernández *et al.*, 2001a y b).

Evaluación económica de los niveles establecidos

La valoración económica empieza por determinar la inversión que se precisa realizar

para poner en marcha cada uno de los invernaderos. Seguidamente se calculan los costes de producción, según el plan de cultivo característico para la modalidad de suelo y sustrato.

Para el cálculo de la inversión, más allá de computar el coste de cada uno de los elementos que forman parte del invernadero, en principio se debe tener en cuenta el periodo de amortización elegido. Por un lado cabe considerar la capacidad técnica de la estructura de acero galvanizada, que puede tener una duración de 25 años e incluso superior. No obstante, la perspectiva económica es muy cambiante, y el empresario no incluye en sus planteamientos una duración tan larga, ni considera la posibilidad de transmisión de la propiedad entre generaciones, además de que es manifiesto el escaso valor que el invernadero tiene para venderse de segunda mano. Por todo ello, en el presente trabajo se ha optado por efectuar los cálculos en dos situaciones:

- La opción 1, se ajusta a la duración técnicamente media de cada uno de los elementos, y en la que la vida útil de la estructura se valora en 25 años.
- La opción 2, en la que la mayoría de los elementos se amortizan en un periodo menor y a la estructura se le atribuye una vida útil de 10 años. Esta opción es acorde con los deseos de muchos empresarios, los cuales, si logran el cumplimiento contable de este planteamiento, disponen de un amplio periodo para continuar la actividad con el invernadero ya amortizado.

Para fijar estos criterios se ha entrevistado a técnicos de la zona y tenido en cuenta información sobre la evolución técnica de los invernaderos. Los de tipo parral o parral mejorado, nivel 1 y nivel 2, están implantados en la zona desde la década de los 80 y se dispone de información histórica suficiente,

mientras que por lo que respecta al nivel 3 y el nivel 4, además de la opinión de los técnicos, se han extraído conclusiones de instalaciones con similares características.

Se ha establecido un análisis simplificado considerando, únicamente, el valor de los principales elementos que componen cada tipo de invernadero. La valoración se ha efectuado de acuerdo con la información aportada por las casas suministradoras y con los datos ofrecidos por los propios agricultores. Las amortizaciones se han obtenido bajo criterio de amortización técnica y por anualidades constantes (Caballero *et al.*, 2004). En la tabla 1 se recoge la inversión necesaria para instalar los cuatro tipos de invernaderos analizados, describiendo el coste total y por elementos, y desglosando las amortizaciones de cada uno de ellos en las dos opciones de cálculo.

La inversión total por metro cuadrado es de 9,2 euros en el nivel más básico y llega a 40 euros en el nivel más tecnificado, una diferencia tan notable que la elección del nivel 4 sólo se entiende si se valora el conjunto de ventajas que de él se derivan. En el caso del cultivo en sustrato los agricultores de la zona, generalmente, adoptan la tecnología del nivel 3, el cual precisa una inversión de 21,2 euros/m². Lógicamente las amortizaciones resultantes tienen un valor acorde al montante final exigido por cada nivel tecnológico.

Para continuar con el análisis económico de los invernaderos de pimiento se calculan los costes de producción para lo que se toman como referencia el cultivo en suelo y el cultivo en sustrato. Los rasgos diferenciadores de estas dos modalidades de cultivo son los siguientes:

- El nivel tecnológico de los invernadero para cultivo en sustrato es mucho más elevado que en los de cultivo en suelo; de

entrada exige una mayor altura, con la cual se tiene un mejor control climático.

- Con el sustrato desaparecen las funciones de almacenamiento nutritivo, regulación bioquímica y la capacidad de intercambio que ofrece el suelo, y se requiere una mayor especialización del agricultor.

- Con el sustrato se evitan las desinfecciones del terreno (labor que se ha complicado con la prohibición del bromuro de metilo), y sólo será necesario desinfectar los sacos de sustrato al final del ciclo de cultivo si se quieren reutilizar más de una campaña.

- La densidad de plantas de pimiento cultivadas en suelo es de 2,5 unidades por metro cuadrado, frente a las 4 del cultivo en sustrato.

- En el cultivo en sustrato el riego con la solución nutritiva deben aportarse con precisión.

- En el cultivo en suelo no es posible controlar los lixiviados, que pueden contaminar los acuíferos, mientras que cada vez es más habitual que las balas de sustrato se apoyen en bandejas, lo que además permite la recogida y reutilización de las soluciones.

- El nivel tecnológico mínimo exigido por el cultivo de pimiento en sustrato es el recogido en el nivel 3, y a la dotación inicial de elementos como pantallas, mallas de sombreado o dispositivos de ventilación, siempre cabe ir añadiendo nuevas mejoras, como la calefacción por agua caliente distribuida por raíles o el aporte de CO₂. En conjunto todas ellas tendrán una gran repercusión en los rendimientos y calidades así como en la gestión de la explotación.

Costes de producción del pimiento en invernadero

Revisadas las características del cultivo, se procede a calcular los costes de producción.

Tabla 1. Inversión y amortizaciones para cuatro tipos de invernaderos de pimiento en Alicante
 Table 1. Investment and depreciation in four types of pepper greenhouses in Alicante

Principales elementos	Coste Total (euros/m ²)	Opción 1		Opción 2	
		Periodo amortización (años)	Valor anual amortización (euros/m ²)	Periodo amortización (años)	Valor anual amortización (euros/m ²)
NIVEL 1:					
Estructura metálica (1,8 m altura)	7,212	25	0,288	10	0,721
Recubrimiento plástico	0,691	3	0,230	3	0,230
Sistema de riego y fertirrigación	1,301	10	0,130	8	0,163
Total (euros/m ²)	9,204	Coste anual opción 1:	0,649	Coste anual opción 2:	1,114
NIVEL 2:					
Estructura metálica (2 m altura)	7,717	25	0,309	10	0,772
Recubrimiento plástico	0,730	3	0,243	3	0,243
Sistema de riego y fertirrigación	1,380	10	0,138	8	0,173
Calefacción 8 °C	1,692	10	0,169	8	0,211
Total (euros/m ²)	11,519	Coste anual opción 1:	0,859	Coste anual opción 2:	1,399
NIVEL 3:					
Estructura metálica (3 m canal)	12,022	25	0,481	10	1,202
Recubrimiento plástico	0,907	3	0,302	3	0,302
Pantalla térmica	3,450	5	0,690	5	0,690
Sistema de riego y fertirrigación	2,419	10	0,242	8	0,302
Calefacción 14-16 °C	2,404	10	0,240	8	0,301
Total (euros/m ²)	21,202	Coste anual opción 1:	1,956	Coste anual opción 2:	2,798
NIVEL 4:					
Estructura metálica (4,5 m canal)	12,621	25	0,505	10	1,262
Recubrimiento plástico	1,071	3	0,357	3	0,357
Pantalla térmica	3,689	5	0,738	5	0,738
Sistema de riego y fertirrigación	2,785	10	0,279	8	0,348
Calefacción 19-20 °C	5,844	10	0,584	8	0,731
Desestratificadores y otros elementos	1,803	10	0,180	8	0,225
Sistema de CO ₂	3,588	10	0,359	8	0,448
Sistemas informáticos	5,875	10	0,588	8	0,734
Quemadores de azufre	0,721	5	0,144	5	0,144
Malla de sombreo	2,004	5	0,401	5	0,401
Total (euros/m ²)	40,000	Coste anual opción 1:	4,134	Coste anual opción 2:	5,389

Fuente: elaboración propia.

El modelo planteado, se considera de costes totales, con los cuales, tras la introducción de unos precios medios de venta del pimiento, podrán deducirse el margen bruto, la ganancia y el beneficio de la explotación.

Los datos de partida para su elaboración se han obtenido mediante entrevistas a agricultores de la zona, propietarios de invernaderos representativos de cada nivel tecnológico. Esta información ha servido para fijar, de manera detallada, el conjunto de operaciones culturales y las cantidades aplicadas de los factores de producción en un año agronómicamente medio. La información fue depurada y completada en la parte productiva y comercial mediante consultas a técnicos. La metodología general seguida para establecer los costes, es la recogida en el trabajo de Caballero *et al.* (2004).

En la tabla 2 se recogen los costes de producción correspondientes a un invernadero de suelo, nivel 1, y a un invernadero con sustrato, nivel 3. Aunque los costes de producción del nivel 1 son prácticamente la mitad de los del nivel 3, sin embargo los distintos factores de producción tienen proporciones similares en ambos casos. Concretamente, y sobre los costes totales sin incluir los costes de oportunidad, los costes variables suponen el 75%. Los apartados más destacables son el material vegetal, entre un 12 y un 14% del total de costes, y la mano de obra en la recolección, con un 11 ó 12%. Aspecto importante en el nivel 3 es el energético, que se aproxima al 20% de los costes totales. Con el cálculo total de costes y una producción media por hectárea, que en el nivel 1 se fija en 95.000 Kg y en el nivel 3 en 140.000 Kg, se deduce que el precio mínimo por kilogramo que deberían percibir los agricultores para obtener una ganancia es de 0,46 euros en el nivel 1 y 0,67 en el nivel 3. Si lo que se pretende es compensar todos los costes, incluidos los de oportunidad, ese

precio debería de ser de 0,49 y 0,71 euros por kilogramo, respectivamente.

Aunque no están recogidos en la tabla 2, también se han calculado los costes de producción del nivel 2 y nivel 4, en los que hay algunos conceptos que merecen un comentario especial. En el nivel 2 el gasto energético de la calefacción puntual en los días de helada, asciende en un año climatológico medio a 0,18 euros por metro cuadrado, lo que representa el 3,8% de los costes totales de dicho nivel. Por otra parte está la labor de la poda, que se realiza en el nivel 4, y junto al entutorado supone un coste por metro cuadrado de 0,7 euros al año, valor muy superior a los 0,21 euros que asciende exclusivamente el entutorado en el nivel 3, lo que explica que la poda sólo sea realizada si el agricultor dispone de medios que la faciliten, como es poder acceder a las plantas con las carretillas elevadoras, ya que en el caso contrario supondría un coste aún mayor.

Aspectos comerciales de la producción de pimiento

Almería es el mayor suministrador de pimiento para toda Europa y centra su producción principalmente durante los meses de invierno, de septiembre a marzo. A partir de marzo se inicia el periodo de comercialización de la producción del Campo de Cartagena, y también de Pilar de la Horadada. En abril, aparece el pimiento holandés, tradicionalmente con elevadas calidades, y que comparte periodo y mercado con España. Actualmente figura también como país competidor Israel. Hasta los últimos años, parece que en la zona del Campo de Cartagena, se habían adaptado a un calendario de comercialización comprendido entre marzo y septiembre, pero últimamente se ve conveniente su ampliación, de forma que

Tabla 2. Costes de producción del pimiento en invernadero con tecnología nivel 1 y nivel 3 en Alicante
 Table 2. Production costs of pepper greenhouse with technological level 1 and level 3 in Alicante

Cultivo pimiento (variedad): Tipo cultivo. Climatización: Calendario de cultivo: Producción media (Kg/ha):	California (Quito) Suelo. En frío Diciembre-Septiembre 95.000 NIVEL 1		California wonder (Sprinter) Sustrato. Calefac. 14-16 °C 20 noviembre-septiembre 140.000 NIVEL 3	
	Total (euros/ha)	%	Total (euros/ha)	%
1. COSTES VARIABLES	32.900	75,16	69.013	73,67
1.1. Materias Primas	19.247	43,97	47.521	50,72
1.1.1. Agua de riego	914	2,09	1.875	2,00
1.1.2. Estercolado	1.082	2,47		
1.1.3. Semillas y plantas	5.259	12,01	13.222	14,11
1.1.4. Desinfección bromuro (nivel 1) o metan sodio (nivel 3) plástico para desinfección de suelo	1.733 2.171	3,96 4,96	498	0,53
1.1.5. Productos fitosanitarios	2.705	6,18	2.945	3,14
1.1.6. Fertilizantes	1.989	4,54	3.720	3,97
1.1.7. Productos lucha biológica	3.005	6,87	3.245	3,46
1.1.8. Otros (rafia, trampas, cal)	391	0,89	379	0,40
1.1.9. Gastos de energía			18.030	19,25
1.1.10. Sacos de sustrato -perlita- (5 años)			3.606	3,85
1.2. Mano de obra	11.950	27,30	20.020	21,37
1.2.1. Riegos y fertirrigación	545	1,24	167	0,18
1.2.2. Aplicación de fitosanitarios	609	1,39	676	0,72
1.2.3. Lucha biológica	351	0,80	351	0,37
1.2.4. Labores, transportes y otras operaciones manuales	1.334	3,05	782	0,83
1.2.5. Entutorar	2.119	4,84	2.119	2,26
1.2.6. Mantenimiento y reparaciones	1.204	2,75	4.823	5,15
1.2.7. Plantación	155	0,35	586	0,63
1.2.8. Recolección	5.634	12,87	10.516	11,23
1.3. Costes variables de la maquinaria propia	1.703	3,89	1.472	1,57
2. COSTES FIJOS	10.871	24,84	24.672	26,33
2.1. Costes fijos de la maquinaria propia	2.682	6,13	2.342	2,50
2.2. Amortizaciones:	6.489	14,83	19.556	20,87
Amortización invernadero (25 años)	2.885	6,59	4.809	5,13
Amortización recubrimiento plástico (3 años)	2.304	5,26	3.024	3,23
Amortización goteo (10 años)	1.301	2,97	2.419	2,58
Amortización pantalla térmica (5 años)			6.900	7,37
Amortización calefacción 16 °C (10 años)			2.404	2,57
2.3. Impuestos y seguros	1.699	3,88	2.773	2,96
3. COSTES TOTALES (sin costes oportunidad)	43.771	100	93.684	100
4. COSTES OPORTUNIDAD	2.497		5.890	
4.1. Interés capital instalaciones	1.841		4.481	
4.2. Interés maquinaria propia	217		489	
4.3. Interés capital circulante (4% anual, periodo medio 4 meses)	439		920	
5. COSTES TOTALES (con costes oportunidad)	46.268		99.574	
6. UMBRAL DE RENTABILIDAD (euros/Kg):				
Para obtener Ganancia	0,46		0,67	
Para obtener Beneficio	0,49		0,71	

Fuente: elaboración propia.

incluya los meses de invierno, lo que va a exigir mayores inversiones, y la necesidad de producir con calefacción. Esta necesidad surge de las exigencias de las grandes cadenas, a las que interesa un suministro continuo durante todo el año.

La zona mira hacia el modelo holandés, aceptado como élite en este cultivo, en el que se consiguen producciones superiores a los 25 kilos por metro cuadrado, algo que hay que atribuir a su buen nivel tecnológico. En el sector son frecuentes las opiniones a favor de mantener un nivel bajo de tecnología, algo tolerable siempre que exista suficiente demanda pero, con la evolución hacia un nivel tecnológico mayor, lo más probable es que se puedan generar perspectivas comerciales más seguras (Cantliffe y Vansickle, 2001 y Van Os et al., 2003).

Por el momento, el empresario cultivador cree que, en tanto siga existiendo mercado para los pimientos producidos sin calefacción, le son satisfactorios unos márgenes de beneficio de aproximadamente 1,5 euros/m², dado el bajo nivel de inversión que exigen estos invernaderos tan sencillos (sobre 9 euros/m²). Con invernaderos que utilicen sustrato los ingresos brutos pueden aumentar considerablemente, pero para ello se requiere un coste de implantación superiores a los 21 euros/m² y soportar mayores costes de producción, con lo que, aunque el ingreso por unidad de superficie crezca considerablemente, el rendimiento respecto al capital invertido será menor. Aún así, y a pesar de la complejidad del cultivo en sustrato y la necesidad de que vaya ligado a la calefacción, parece que su proporción aumenta en España, ya que puede ser una de las pocas estrategias para incrementar los ingresos (dado el aumento de producción y calidades), y con ello de compensar la inversión de manera más segura.

Al final, los propios mercados son los que marcan la elección de variedades por parte de los productores, existiendo preferencia en la demanda de las variedades más selectas. En el trabajo de Benedicto (1988) se deducía que, el consumidor europeo prefería un pimiento tipo "bloque", cuadrado, con cuatro lóbulos, de carne gruesa y consistente, exigencias que siguen vigentes hoy día. Estas características las reúnen las variedades del tipo wonder, en tanto que se aparta de ellas el Lamuyo (que tradicionalmente era el más exportado por España), que tiende a desarrollar tres lóbulos, es más alargado e irregular y tiene una carne menos consistente.

Por otra parte, la actual normativa en calidad y seguridad alimentaria exige la trazabilidad, con la que se busca tener un control documental del producto desde el origen hasta el consumidor final. Las exigencias en su cumplimiento aún no son demasiado grandes, como tampoco lo son las ventajas de su realización. El sector no detecta incremento en los precios y apenas fidelización, por lo que no reconoce el valor de ponerla en práctica. El pimiento producido con producción integrada en esta zona, se comercializa bajo el sello AENOR, con lo que se pretende elevar la calidad y competir en los mercados europeos más selectos. Se trata de una apuesta para ir dando cumplimiento a las exigencias ambientales y sanitarias que se prevén en un futuro próximo.

Rentabilidad económica de los invernaderos de pimiento

Una vez calculados las inversiones y los costes de producción, se procede a la introducción de los precios, con el fin de determinar los ingresos que corresponden a cada nivel. En el presente estudio se han incluido precios reales, coincidentes con los valores me-

dios de la campaña 2003/2004, liquidados a los agricultores por la cooperativa de Pilar de la Horadada. El precio asignado a cada invernadero se ha obtenido según esta liquidación general y se ha ajustado en función de la cantidad que produzca de cada calidad comercial. La producción media de los cuatro tipos de invernadero corresponde a un año agrónomicamente intermedio. Todos estos criterios se han tomado acordes a la información recogida en la zona.

Para entender la viabilidad atribuida a cada inversión, a continuación de los ingresos se han deducido la ganancia (ingresos menos costes totales sin incluir costes de oportunidad, es decir $I-CTs$) y el beneficio (ingresos menos costes totales incluyendo costes de oportunidad, esto es $I-CTc$), así como otros coeficientes (tabla 3). Aunque los datos de producciones, y los costes de producción obtenidos pueden considerarse los habituales en un año medio, los resultados del análisis de rentabilidad dependen en gran medida de los precios asignados, correspondientes a la citada campaña la cual fue bien valorada por los productores de la zona. Se ha preferido realizar los cálculos en base a datos reales y para una situación actual, más que realizar un análisis de las perspectivas posibles para varios años, dadas las pocas campañas que lleva funcionando el cultivo en sustrato en la zona.

Con independencia de las cifras absolutas de ganancia y beneficio, que son comparativas entre sí, se van a extraer conclusiones sobre la rentabilidad a través de los siguientes coeficientes:

- Ganancia dividido por costes totales, sin incluir costes de oportunidad, es decir: G/CTs
- Beneficio dividido por costes totales, incluyendo los de oportunidad, esto es: B/CTc

- Beneficio dividido por la inversión media: B/IM . Este último concepto tal como está definido en los tratados de economía de la empresa, por ejemplo en Bueno et al. (1983).

En la tabla 3, se puede apreciar que, tanto la ganancia como el beneficio, expresados en valores absolutos, crecen significativamente por niveles junto a la adopción de tecnología. Respecto a los valores de la rentabilidad, expresados por los coeficientes anteriores, alcanzan niveles muy válidos en los cuatro casos. Se diferencian poco entre sí cuando se trata de G/CTs y en el ratio B/CTc , siendo el nivel 2 el que mejor valor consigue en ambos casos. Por último, cuando se observa el resultado del ratio B/IM , el coeficiente crece del nivel 1 al nivel 2 para descender significativamente en los invernaderos de sustrato, especialmente en el nivel 4, debido a la elevada inversión que éste requiere y la fuerte incidencia que tienen la calefacción y el CO_2 .

De la valoración conjunta de estos índices se deduce que, los cuatro niveles tecnológicos en los invernaderos de pimiento en Pilar de la Horadada están obteniendo una rentabilidad muy aceptable. El optar por una tecnología u otra dependerá, no tanto de la rentabilidad unitaria que se le atribuye a la inversión (y que según las producciones y precios medios tomados en este trabajo parece admisible en los cuatro casos), sino de la estrategia de viabilidad que se fije la explotación a medio o largo plazo, ya que una dotación técnica más perfecta parece que será necesaria para afrontar la evolución del mercado internacional.

Conclusiones

Existe una gran variedad de invernaderos en el mediterráneo, diferenciados por el

Tabla 3. Costes, ingresos y rentabilidad de los invernaderos de pimiento en Alicante, según niveles tecnológicos
Table 3. Costs, incomes and profitability of pepper greenhouses in Alicante, according to technological levels

Nivel tecnológico del invernadero:	nivel 1	nivel 2	nivel 3	nivel 4
Producción media (Kg/ha)	95.000	107.000	140.000	190.000
Precio medio (euros / kg)	0,625	0,643	0,865	1,040
Ingresos totales (euros/ha)	59.380	68.810	121.164	197.553
Costes totales (sin costes de oportunidad) [CTs] (euros/ha)	43.771	47.799	93.684	147.990
Costes totales (con costes de oportunidad) [CTc] (euros/ha)	46.268	50.827	99.574	159.313
Inversión (euros/ha)	92.039	115.189	212.025	400.003
Ganancia [G] (euros/ha)	15.609	21.011	27.480	49.562
Beneficio [B] (euros/ha)	13.112	17.983	21.590	38.240
Ganancia / Costes Totales sin c.oportunidad [G/CTs]	0,36	0,44	0,29	0,33
Beneficio / Costes Totales con c.oportunidad [B/CTc]	0,28	0,35	0,22	0,24
Beneficio / Inversión media [B/IM]	0,28	0,31	0,19	0,17

Fuente: elaboración propia y acordes a precios reales de la zona para la campaña 2003/2004.

conjunto de elementos que los componen, pero las principales características que distinguen su nivel de tecnología son, en el caso concreto del pimiento: el control ambiental (si se produce en frío o con calefacción), y si se cultiva en suelo o sustrato. A su vez, a cada nivel tecnológico se le asigna una altura y tipo de estructura junto a todo un conjunto de elementos complementarios. Estos rasgos determinan el tipo o variedad de pimiento a producir, y por lo tanto los objetivos de calidad y mercados a los que se pretende llegar. Considerando todo esto, en el presente trabajo se han seleccionado cuatro niveles tecnológicos con los que se representan las 300 hectáreas de pimiento de Pilar de la Horadada.

El invernadero más tradicional en la zona (*nivel 1*), un tipo parral básico con cultivo en suelo, tiene las ventajas y las limitaciones de este medio, ya que la tierra aporta de forma natural una regulación de la humedad y condiciona unas funciones biológicas. Su

mayor limitación es la necesidad de desinfección, muy exigente en esta especie, operación que se complica con la prohibición del uso del bromuro de metilo y las posibles restricciones sobre los otros desinfectantes actualmente en uso. Cuando se cultiva en suelo la producción y las calidades finales de la cosecha son menores. No obstante, el coste unitario también es inferior, en gran medida porque en este nivel no suele aplicarse aporte de calor.

En el *nivel 2*, en el que se mejora ligeramente la estructura con respecto del nivel 1, figura como aspecto más diferenciado el uso de una calefacción ocasional por aire caliente, con la que se superan las temperaturas mínimas y se reducen los daños de las posibles heladas, a lo que hay que añadir el ligero adelanto, aproximadamente de una semana, en el periodo de producción. Se trataría pues, de una primera evolución encaminada a reducir los riesgos climatológicos y asegurar la cosecha.

En el *nivel 3* y *nivel 4*, destaca como aspecto fundamental el uso de sustrato, el cual precisa de calefacción permanente, lo que lleva a un aumento y adelanto de la producción, y a una mejora de las calidades, especialmente con la obtención del pimiento tipo *wonder*. La estructura y resto de elementos que se requieren, también determinan un coste final de estos invernaderos considerablemente mayor que en los niveles inferiores.

En cuanto a la incidencia económica que tiene la puesta en marcha de los niveles analizados se deduce que, en el momento actual, todos presentan un grado aceptable en la rentabilidad, expresado tanto en valor absoluto (ganancia y beneficio), como en los valores de los coeficientes determinados. Por lo tanto, se podría afirmar que, por el momento, son válidos los cuatro niveles tecnológicos establecidos, y aunque actualmente es clara la tendencia a la adopción del sustrato, sobre todo en su paquete tecnológico mínimo o *nivel 3*, no por ello se invalida totalmente la opción más básica, el *nivel 1*, que sigue teniendo sentido en el levante español.

Por otra parte, las exigencias de la calefacción, y las ventajas que proporciona su uso, crecen de forma gradual del *nivel 2* al *nivel 4*. El uso de la calefacción presenta notables limitaciones por su enorme incidencia en los costes, y más aún con la tendencia ascendente que siguen los precios de los combustibles, por lo que, aunque es un elemento que mejora significativamente las calidades y los calendarios de recolección, y por lo tanto los precios finales al agricultor, su uso en los niveles superiores exige un control técnico y económico muy estricto. En todo caso, estudios posteriores podrán determinar si la calefacción es, o no es, un factor de competitividad importante en las regiones españolas del mediterráneo.

De hecho, y por el momento, los resultados de la tecnología recogida en el *nivel 2* presentan notables ventajas, sobre todo por el nivel tan bajo de consumo de combustible, unos 18 céntimos por metro cuadrado, que parecen suficientes para dar cierta seguridad frente a los descensos letales de temperatura, que en la zona se limitan a pocos días del invierno. Esta afirmación, sustentada en los valores actuales de precios, tiene su mayor limitación en la evolución del mercado, que puede llegar a demandar con firmeza los tipos *wonder*, que no siempre se producen en este nivel.

Finalmente indicar que, por el grado de desarrollo de la tecnología actual, muy compleja en el aspecto mecánico, informático y biológico, no cabe fijar atención en un único tipo de proyecto constructivo al que atribuirle unas ventajas técnicas y económicas inequívocas para los invernaderos mediterráneos, sino que tendrán sentido múltiples combinaciones tecnológicas y el adoptar unas u otras dependerá tanto de los condicionantes empresariales como de los comerciales.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su sincero agradecimiento a los productores de pimiento de Pilar de la Horadada y a los técnicos de la cooperativa Surinver, por su valiosa información, que ha sido fundamental para la realización de este trabajo.

Bibliografía

Benedicto JL, 1988. La exportación hortícola de CEE. Perspectivas para la Comunidad Valenciana. Comunicaciones INIA Serie económica 26.

Bueno E, Cruz I, Durán JJ, 1983. Análisis de las decisiones empresariales. Ed. Pirámide. 750 pp.

Caballero P, De Miguel MD, Fernández-Zamudio MA, 2004. Técnicas de gestión empresarial de la producción agraria. Ed. SPUPV-1440, 161 pp.

Cantliffe DJ, Vansickle JJ, 2001. Competitiveness of Spanish and Dutch greenhouse industries with the Florida fresh vegetable industry. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 114: 283-287.

Castilla N, 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Ed. Mundi-Prensa. 462 pp.

Fernández JA, Martínez PF, Castilla N, 2001a. Trends in greenhouse technology for improved climate control in mild winter climates. Acta Horticulturae, 559: 161-167.

Fernández JA, Martínez PF, Castilla N, 2001b. Modelling for present production problems in greenhouse horticulture in mild winter climates. Acta Horticulturae, 559: 431-440.

Kazinczi G, Kovacs J, Takacs AP, Horvath J, Gaborjanyi R, 2003. Reaction of different *Capiscum* genotypes to four viruses. International Journal of Horticultural Science. 9(2): 61-64.

López-Galvez J, Peil RM, 2000. La modernidad del sistema hortícola en el sudeste español. *Plasticulture* 119(1): 46-81.

Molina D, Valera DL, Gil JA, Álvarez AJ, 2003. Evolución de los invernaderos de Almería. *Revista Riegos y Drenajes del Siglo XXI*, Vol. especial Almería: 58-63.

Montero JI, Antón A, 1994. Technical evolution of Spanish greenhouse. *Acta Horticulturae* 357: 15-28.

Reddick BB, Habera LF, 2004. New resistance to plant viruses in pepper. *Capiscum and Eggplant Newsletter*. 23: 109-112.

Van Os EA, Niedack N, Stradiot P, Beekers H, 2003. Greenhouse vegetable production in Spain. *Informatore Fitopatologico*, 53(3): 52-56.

(Aceptado para publicación el 25 de junio de 2006)

