

CULTIVO PROTEGIDO DE ESPECIES FRUTALES

Hueso Martín, J. J.⁽¹⁾; Alonso López, F.⁽¹⁾; Pinillos Villatoro, V.⁽²⁾; Cuevas González, J.⁽²⁾
Fundación Cajamar⁽¹⁾ y Universidad de Almería⁽²⁾

RESUMEN

La producción de frutas bajo invernadero data del siglo XVII y aunque en la actualidad este modelo productivo no está muy extendido, puede ser una alternativa interesante y muy rentable para especies de alto valor en áreas en las que la producción hortícola intensiva está perdiendo rentabilidad. La ampliación de los ciclos de cultivo para producir en épocas más favorables, el incremento de la productividad y la calidad y la extensión de las áreas de cultivo, con el uso de los invernaderos, son las claves del éxito. Características específicas de los frutales como su carácter perenne, el tamaño de los árboles o las necesidades de acumular horas de frío para brotar, plantean nuevos retos. En este capítulo se recogen ejemplos de producción en invernadero de cultivos tropicales (plátano y papaya), subtropicales (mango, níspero japonés), mediterráneos (uva de mesa) y de zonas templadas (melocotonero y cerezo).

SUMMARY

Greenhouse cultivation of fruit crops is not certainly a new orientation, since can be dated back to the XVII Century. Despite it currently occupies a reduced area in Spain, the protected cultivation of high value fruit crops emerges as an interesting and profitable alternative for areas in which greenhouse cultivation of vegetables loses interest. Economic success in greenhouse fruit tree cultivation relies on the possibility to produce out of season yields, on producing in areas where outdoor climate precludes it, and on the common increase of fruit quality and productivity achieved under protection. The perennial nature and large size of the trees as well as the winter chill requirements of some species represent additional challenges for the success of this enterprise. In this chapter, examples of protected cultivation of tropical (banana and papaya), subtropical (mango and loquat), Mediterranean (table grapes) and temperate-zone (peach and cherry) crops are (given) described.

1. Introducción

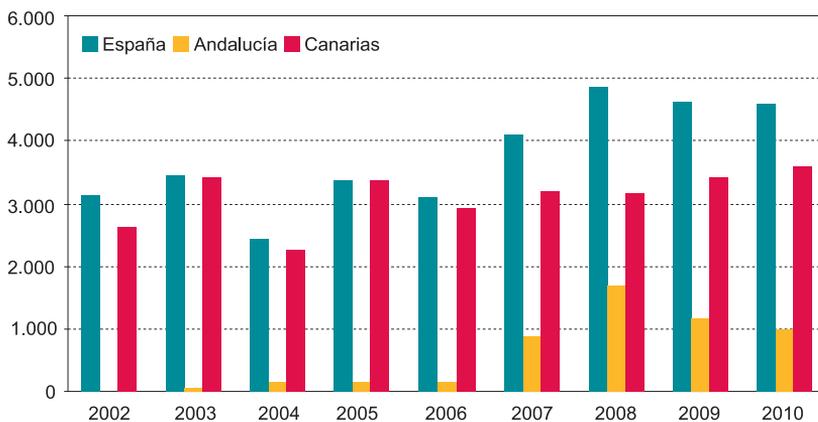
De todos los factores del medio que inciden en la producción frutal el clima es el parámetro que más influye sobre la producción debido al escaso control que podemos ejercer sobre él. Los medios de transporte, el conocimiento de los métodos de propagación y los procesos de selección y de mejora, (en definitiva, la participación del hombre) han permitido que muchas especies frutales se cultiven en zonas diferentes a las de su origen. Para alcanzar la óptima productividad de estos cultivos es necesario en muchos casos modificar el entorno natural mediante técnicas diversas. Esta modificación del medio es lo que se conoce como protección del cultivo.

El cultivo protegido de frutales no es algo nuevo. Ya en el siglo XVII en Francia se cultivaban frutales en invernadero cuando la realeza plantaba especies sensibles al frío como la piña tropical, la palmera datilera o el naranjo, en macetas móviles que situaban en invernaderos en invierno y sacaban al exterior en primavera. Posteriormente, a inicios del siglo XX aparecen en Inglaterra huertos comerciales con frutales en invernadero cultivados en macetas. Uno de los mayores problemas para el cultivo de frutales en invernadero era el gran tamaño de los árboles. El mayor control del tamaño con el uso de patrones enanizantes y los avances en los sistemas de formación, abrieron nuevas posibilidades para el cultivo de frutales en invernadero.

Sin embargo, el cultivo protegido de frutales está aún muy restringido en la actualidad. En la cuenca mediterránea, una de las principales áreas de cultivo protegido, las hortalizas son la principal opción y los frutales sólo ocupan un reducido porcentaje de la superficie total. En Japón, por el contrario, el cultivo de frutales en invernadero alcanzaba las 10.000 ha a principios de los 90, superando en superficie a los cultivos hortícolas y de flor. En China, esta orientación se ha incrementado espectacularmente en los últimos 20 años, y la superficie protegida alcanzó las 60.000 ha en 2000, de las cuales el 70 % estaban dedicadas a la producción de fresa, seguidas de la uva de mesa y el melocotonero.

En España, según la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (MARM, 2010) existen alrededor de 4.600 ha de frutales en invernadero, cifra que se eleva a 10.600 ha si se considera el cultivo de la fresa¹ (Figura 1). Canarias es la principal región, con el 78 % de la superficie total, seguida por Andalucía con un 21%, y muy de lejos ya por la Comunidad Valenciana, con solamente un 0,3 %.

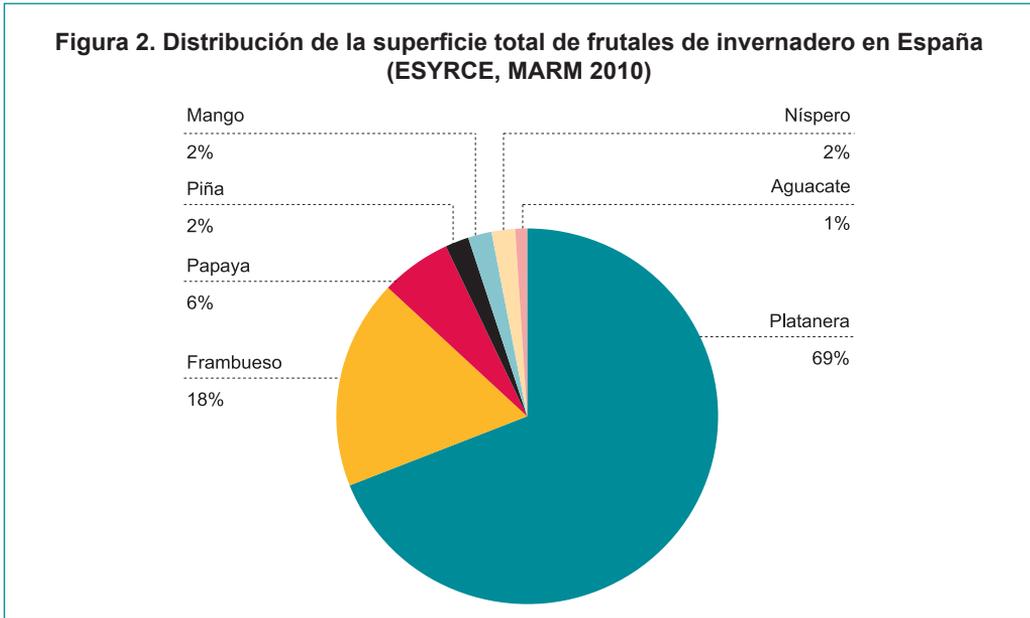
Figura 1. Evolución de la superficie de cultivo frutal en invernadero en España. En cuestra sobre superficies y rendimientos de los cultivos (MARM, 2002-2010)



El principal frutal cultivado en invernadero en España es la platanera (Figura 2), producido casi exclusivamente en Canarias, donde su cultivo en invernadero se inició a finales de los 70. En la actualidad existen alrededor de 3.000 ha, que suponen un tercio de la superficie total. En segundo lugar está el frambueso, del cual se cultivan bajo túnel alrededor de 800 ha, todas ellas en Andalucía. En Canarias también se cultivan en invernadero otros frutales como la piña y la papaya, con una superficie que oscila entre 100 y 200 ha, y el mango con 57 ha. En Andalucía se cultivan en invernadero uva de mesa (140 ha), mango (40 ha) y níspero japonés (90 ha).

Hay que destacar que las estadísticas son muy variables según el año, sobre todo en algunos cultivos. Asimismo, las estadísticas no recogen la superficie de cultivo protegido bajo malla, frecuente en Alicante para el níspero japonés, o el cultivo semiforzado bajo malla o cubiertas plásticas que se da de manera bastante generalizada para la producción de uva de mesa en Murcia.

¹ La fresa, cultivada casi en exclusiva en Andalucía, es considerada como hortaliza en las estadísticas del MARM, si bien en otros muchos países se considera frutal; el cultivo del frambueso, sin embargo, sí está incluido como frutal en las estadísticas del MARM.



Con superficie aún muy reducida, y en algunos casos a un nivel sólo experimental, en Cataluña y Murcia se está empezando a cultivar cerezo y melocotonero en invernadero, con el objetivo de obtener cosechas muy precoces que redunden en altos precios. El cultivo en invernadero de estos frutales, especialmente el melocotonero, así como de otros subtropicales como el mango o el níspero japonés, se están planteado como una interesante alternativa a los cultivos hortícolas en invernadero en zonas de Andalucía y Murcia, donde éstos están perdiendo rentabilidad.

2. Objetivos del cultivo protegido

El establecimiento de plantaciones frutales en invernadero constituye un modelo productivo que permite extender las áreas de producción y los ciclos de cultivo, aumentar las producciones y mejorar la calidad. Esto facilita un suministro estable de productos de alta calidad al mercado. Esto es posible porque el invernadero protege al cultivo de las bajas temperaturas y permite adaptar la temperatura y humedad ambiente a las condiciones óptimas para su desarrollo. Además puede reducir la incidencia de plagas y enfermedades, facilitar el control de malas hierbas y proteger al cultivo frente al viento, granizo y golpes de sol.

El objetivo último del cultivo protegido es la obtención de producciones de alto valor añadido, lo que se consigue aumentando la producción y calidad, obteniendo cosechas en épocas más favorables modificando los ciclos de cultivo y extendiendo las áreas de producción.

3. Invernaderos empleados en fruticultura

Como se ha indicado, el empleo de un invernadero persigue la obtención de una mayor rentabilidad, por lo que el mejor diseño debe ser el resultado de un compromiso entre los requerimientos técnicos y los costes derivados de su construcción. Conseguir un compromiso entre estos requisitos no resulta fácil, de ahí que ningún diseño sea perfecto. Se trata, por tanto, de priorizar en cada caso los criterios a seguir.

La elección del tipo de invernadero a construir depende de diversos factores. El primero de ellos es la función prioritaria que va a desempeñar: protección frente a viento, lluvia, frío, etc. El segundo factor que influye es el clima local y la latitud del lugar, seguido por las exigencias de la especie frutal a cultivar. Hay que considerar además la influencia de las condiciones socioeconómicas de la zona. Fruto de la interacción entre estos factores encontramos una variada gama de invernaderos que van desde estructuras simples de bajo coste (p.ej. invernadero de malla) hasta estructuras más complejas y de mayor coste (p.ej. invernadero multitúnel), que incluso pueden contar con instalaciones de control climático (calefacción, *cooling*,...) si el microclima generado por el invernadero no es siempre el más adecuado. En todo caso es habitual el empleo de estructuras que no han sido específicamente diseñadas para especies frutales, que como veremos más adelante presentan una serie de condicionantes para su cultivo en invernadero que habría que considerar.

Los invernaderos más sencillos que encontramos en fruticultura son aquellos en los que el cerramiento es de malla (Figura 3). Su función principal es proteger frente al viento (“efecto cortavientos”) y contra el granizo. Aunque éstas sean sus funciones principales el uso de la malla supone también la generación de un “efecto oasis”, es decir, una mejora del microclima en el entorno del cultivo que se traduce en la consecución de cosechas mejores en cantidad y calidad y en una mejora en la eficiencia en el uso del agua, especialmente en zonas de clima seco o semidesértico. En el sector frutícola

Figura 3. Cultivo protegido de uva de mesa bajo malla y bajo plástico

español, el invernadero de malla se emplea en cultivos de piña, platanera, níspero japonés y uva de mesa. Se trata de invernaderos artesanales de bajo coste. La estructura de este tipo de invernadero suele ser tipo parral, con cubierta plana o multicapilla (“raspa y amagado”) con postes de acero galvanizado (aunque todavía los hay de madera). La altura de estos invernaderos depende de la especie que albergue y oscila entre 2,5 y 7 m. Las mallas se sujetan por un doble tejido de alambre y se cambian cada 5 años. Encontramos invernaderos con cerramiento de plástico cuando además de proteger al cultivo frente a lluvias y granizo (“efecto paraguas”) se persigue un control del clima aumentando la temperatura respecto al aire libre (“efecto invernadero”) (Figura 3). El uso de los invernaderos plásticos en el sector de la fruticultura en España se concentra en la actualidad en los cultivos de plátano, papaya, mango y uva de mesa. Los invernaderos plásticos usados para plátano, papaya y mango suelen ser tipo parral plano con el plástico sujeto entre un doble tejido de alambre. El plástico se cambia cada 2-3 años. La ventilación se consigue mediante ventanas laterales y cenitales. Para el cultivo protegido de la uva de mesa, la estructura es prácticamente igual a la anterior salvo que la cubierta del parral suele ser multicapilla (“raspa y amagado”). La cubierta suele ser temporal y solo se extiende por el techo y no por las bandas de la estructura, por lo que se trata de un cultivo semiforzado. En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se ha cultivado con éxito uva de mesa en un invernadero tipo parral plano con cubierta plástica de polietileno (PE) y ventanas cenitales y laterales con apertura y cierre automatizado, con un equipo de control de clima, igual al empleado para el cultivo de hortalizas en esta zona. En los últimos años se están llevando a cabo también investigaciones en lo referente al material de cubierta para el cultivo en invernadero de especies frutales, así como el empleo de mallas de colores fotoselectivas.

Por último, como algo novedoso se están reutilizando invernaderos plásticos tipo multitúnel originariamente diseñados para hortícolas, para el cultivo de melocotón, nectarina y cerezo en Murcia y en Cataluña. Este tipo de invernaderos suelen tener una altura media interior de 5 m y cuentan con ventanas laterales y cenitales (ventilación natural) que se abren de forma manual o automatizada. En el caso del cerezo se usa en ocasiones apoya térmico.

4. Condicionantes para el cultivo bajo abrigo de especies frutales

4.1. Temperaturas

Los frutales son especies cultivadas de carácter perenne, esto es, cultivos que permanecen sobre el terreno largo tiempo, generalmente decenas de años, antes de poner fin a la empresa de su cultivo. No son como las hortalizas, especies anuales en las que la cosecha pone fin al ciclo de cultivo. Esto implica que el frutal cultivado en invernadero permanece 'a priori' bajo abrigo ininterrumpidamente todo el año. Esta circunstancia plantea dificultades de manejo, especialmente durante el verano, pues las elevadas temperaturas durante el estío afectan muy negativamente al desarrollo del frutal bajo invernadero. Diferentes condiciones se presentan para el cultivo bajo malla, o con estructuras bien ventiladas que no elevan, al menos sustancialmente, la temperatura en su interior.

Para eliminar, o al menos paliar en parte, estas dificultades las estructuras utilizadas para el cultivo de frutales en invernadero cerrado deben diseñarse de modo que la cubierta plástica pueda retraerse durante las épocas de más calor, incluso si la cosecha que se persigue anticipar aún no ha alcanzado la maduración. Idealmente las estructuras invernadas deben disponer de mecanismos automatizados de apertura y cierre de la ventilación, con consignas establecidas en función al óptimo para el cultivo, que permitan maximizar el adelanto fenológico que se consigue durante el invierno y primavera.

No sólo durante el verano cuando se plantean desafíos en el cultivo de los frutales en invernadero. El empleo de una cubierta plástica durante el invierno también plantea dificultades para los frutales de zonas templadas que precisan de cierta cantidad de frío invernal (requerimientos de horas-frío) para el correcto abandono del reposo invernal.

Efectivamente, este grupo de frutales, y en menor medida los mediterráneos, precisan de un cierto periodo de frío para que las yemas abandonen el reposo, broten y alcancen la floración. En ausencia del suficiente frío invernal, las yemas permanecen en reposo a la espera de que el invierno pase lo que desemboca en una brotación escasa e irregular. Por todo lo anterior, los frutales de zonas templadas cultivados en invernadero deben permanecer expuestos a las temperaturas bajas exteriores, antes de cubrir con plástico o cerrar el invernadero. Es cierto que la inversión térmica procura en determinados días temperaturas en el interior del invernadero incluso inferiores a las del exterior; sin embargo, este fenómeno resulta por lo común insuficiente para que el frutal cumplimente sin dificultad sus requisitos de frío invernal. No se plantean al presente tampoco procedimientos de refrigeración del invernadero que ayuden a solventar este problema. La reciente prohibición del uso de la cianamida de hidrógeno en la UE, producto ampliamente usado en zonas cálidas por su eficacia para sustituir parcialmente al frío invernal, dificulta aún más el cultivo de las actuales variedades de frutales de zonas templadas en invernadero. Resulta también oportuno subrayar las dificultades que supone una marcada amplitud térmica con elevadas temperaturas durante el día y bajas durante la noche para la brotación temprana de los frutales de zonas templadas. En estas circunstancias se producen daños sobre la vegetación (hojas abullonadas, marchitez de brotes, necrosis apical,...), que dificultan el normal desarrollo de estos frutales.

4.2. Selección de cultivos. Entrada en producción y duración del ciclo

A pesar de todo lo anterior, el cultivo protegido de frutales de zonas templadas con requerimientos de horas-frío como el cerezo se extiende, eso sí, programando la cubierta plástica cuando estos requisitos de frío se han cubierto (mitad de enero-febrero). Este procedimiento asegura un adecuado desarrollo del frutal y una temprana maduración de las cerezas. En este sentido resulta más atractivo el cultivo de especies de ciclo corto, porque la cubierta plástica se ha de mantener por menos tiempo gracias a su recolección temprana.

El cultivo bajo plástico se plantea allí donde el elevado precio de la fruta permite asimilar el incremento en costes que supone la estructura invernada frente al cultivo al aire libre. Frutales de amplio cultivo y elevada productividad al aire libre tienen más difícil el éxito comercial. Con el mismo objetivo de alcanzar mayor rentabilidad y una

más rápida recuperación de la inversión es también conveniente la selección de cultivos de reducido tamaño, que permitan su mantenimiento en estructuras de menor altura y coste. Siendo, por el contrario, más complicado el manejo de frutales de elevado vigor. Este exceso de vigor puede agravar un déficit de iluminación que la cubierta plástica impone. Muchos frutales responden negativamente a la falta de luz, en variados procesos (fotosíntesis, crecimiento, coloración de los frutos, inducción floral, etc...).

Un último aspecto a destacar en el éxito comercial del cultivo protegido de los frutales sería la rápida entrada en producción. Un cultivo que tardara más de 4-5 años en alcanzar las primeras producciones difícilmente justificaría una estructura invernada. Su construcción posterior sobre árboles ya en producción sería, por otra parte, más complicada. Al hilo de lo anterior, hay que señalar que muchos de los frutales más cultivados bajo plástico, aunque perennes, son de naturaleza herbácea. Así el plátano, la papaya, la piña tropical, pero también los llamados pequeños frutos (frambuesa, arándanos, zarzamora...) y la fresa, fructifican en muy breve plazo y permiten un carácter más especulativo de su cultivo bajo plástico (invernadero o túnel) de modo que la toma de decisiones y su prolongación bajo esta premisa pueda ser revocada sin perjuicio económico grave.

5. Cultivos de mayor interés en España

5.1. Plátano (*Musa acuminata* Colla AAA)

También conocido como banana, el plátano es susceptible de ser cultivado en el Sur de España en invernadero plástico, tal y como se realiza en el Norte de Marruecos y las Islas Canarias. El cultivo bajo plástico del plátano persigue en primer lugar un incremento de temperaturas, de modo que el número de horas por encima de 20 °C aumente a lo largo del día, en las diferentes estaciones del año. Esto permite reducir el ciclo del cultivo a menos de 13 meses desde la plantación a la primera cosecha y programar de un modo más confiable y efectivo las fechas de recolección en momentos de mejor precio. El cultivo bajo plástico también repercute en mayores rendimientos, con racimos más numerosos y pesados, y con plátanos también de mayor tamaño. Esta mejora de la calidad se explica, al menos en parte, por la mayor superficie fotosintética de las plantas crecidas bajo abrigo, ya que los daños por viento sobre las grandes láminas foliares disminuyen (Figura 4); esta protección es extensiva al granizo, lluvia, o



Figura 4. Cultivo protegido de plátano en invernadero

golpes de sol sobre el fruto. Además, bajo plástico las necesidades de riego del cultivo se reducen en hasta un 25 %. Se argumenta también que el cultivo protegido permite mejor control sanitario, en particular contra la enfermedad Sigatoka, causada por el hongo *Mycosphaerella*, cuyas conidias y ascosporas se diseminan por el viento.

El plátano puede cultivarse bajo estructuras protegidas de malla o plástico (o combinación de ambos) generalmente de 5 a 7 m de altura. En ambos casos se suele realizar una estructura de acero galvanizado sobre bases de hormigón, con la cubierta sujeta con emparrillado de alambre. Las mallas se prefieren en zonas más cálidas donde la protección contra el viento es objetivo central, mientras que los plásticos se utilizan en zonas más frías, aunque ocasionalmente se requiera su remoción en el verano.

Los condicionantes sobre la altura de la estructura han hecho que las variedades de bajo porte sean hoy preferidas, observándose en las Islas Canarias un aumento de la superficie dedicada a 'Cavendish Enana' y 'Cavendish Gruesa', un clon de aquella, en detrimento de 'Cavendish Gigante' (sinónimo 'Grande Naine').

El plátano se multiplica por hijuelos que se plantan en número de dos ó tres por hoyo. Las densidades de plantación son muy elevadas, en especial bajo plástico, llegando a alcanzar hasta 1.700 plantas ha⁻¹, con distancias de 2,6 x 2,6 m hasta 3 x 3 m en marco real o al tresbolillo. Las plantaciones más modernas tienden a realizarse con separación de 1,7 m entre plantas, pero con pasillos más amplios de 5-6 m para facilitar labores. De esta forma se alcanzan densidades de hasta 2.400 plantas ha⁻¹, ubicando dos plantas por hoyo para, tras la fructificación de la planta madre, desarrollar el hijuelo para la próxima cosecha. En el primer ciclo de cosecha las densidades pueden ser incluso superiores, de hasta 4.000 plantas ha⁻¹, aunque se recomienda eliminar la mitad de ellas en el segundo ciclo y posteriores. En ocasiones, se prefiere una sola planta por hoyo con plantación en filas alternas en primavera y en verano, para así escalonar las cosechas.

El plátano, aunque frutal, es de naturaleza herbácea y crecimiento monopodial. Este hábito de crecimiento hace que un rápido crecimiento sea positivo para la producción. Así y todo, es necesario un deshojado de las hojas basales senescentes cuando la

vegetación deriva en sombreado excesivo. El deshidrado es obligatorio cuando se producen rebrotes en exceso a los necesarios para sustituir a la planta madre. El abonado es igual al realizado al aire libre, mientras que el consumo de agua se sitúa en torno a $12.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, aunque el cultivo bajo abrigo y el riego localizado lo disminuyen un 25 %. El control fitosanitario no difiere del realizado al aire libre, aunque los nematodos *Meloidogyne incognita* y *M. javanica* y *Pratylenchus* pueden ser un problema mayor en suelos enarenados. El virus del mosaico del pepino (CMV) afecta también al plátano y hay que controlar el material vegetal y los vectores del virus; la incidencia de mosca blanca parece menor en cultivo protegido.

5.2. Papaya (*Carica papaya* L.)

El cultivo en invernadero permite la producción de papaya en zonas subtropicales como las Islas Canarias y la costa andaluza, elevando la temperatura a un rango óptimo para esta especie, ($T^a \text{ base}=15 \text{ }^\circ\text{C}$, $T^a \text{ óptima}= 27 \text{ }^\circ\text{C}$). El cultivo bajo plástico ofrece además protección contra el viento. Si bien la papaya es algo menos sensible a este meteoro, el cultivo en invernadero reduce el consumo de agua al disminuir la evapotranspiración. La elevada incidencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV) al aire libre también hace aconsejable el cultivo protegido. Bajo plástico, sin embargo, hay una mayor incidencia de ácaros, nematodos y enfermedades fúngicas a la que este cultivo es especialmente sensible (antracnosis, oídio, *Phytophthora parasitica* y otras). Por ésta y otras razones, las papayas no deben cultivarse en terrenos demasiado húmedos y compactos con mal drenaje, ya que la especie no soporta el encharcamiento. También presenta graves problemas con la salinidad. El cierre hermético del invernadero puede provocar déficits de polinización, en una especie que se cree polinizada por viento, trips y polillas nocturnas. En algunos emplazamientos se prefiere por ello implementar una polinización manual.

Las estructuras de cultivo no difieren mucho de las ya comentadas para el plátano. Por sus mayores necesidades térmicas la cubierta es usualmente de plástico (PE), aunque según localización también puede ser de malla buscando mayor duración de la cubierta. La estructura está formada por tubos de hierro galvanizado de 6-7 m de longitud y diámetro de 2-4 pulgadas. Existe una marcada tendencia al uso de variedades de menor porte ('Baixinho de Santa Amalia', 'BH-65', 'Siluet', 'Maradol'...), dado el hábito

de crecimiento monopodial de la papaya. El crecimiento rápido es necesario, ya que la primera fruta aparece entre los nudos 18 y 34, según variedad. Es de destacar la conducción inclinada de las plantas, a veces de dos en dos por hoyo, a la que el cultivo se adapta muy bien. Los marcos de plantación fluctúan entre 1,5 x 1,5 m hasta 3 x 3 m (Figura 5). La plantación es también posible en filas pareadas, dejando en este caso calles más amplias.

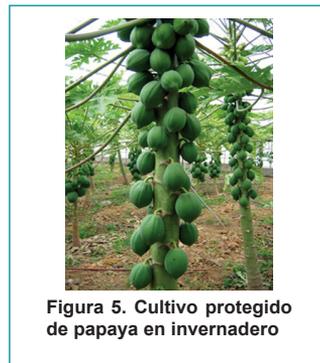


Figura 5. Cultivo protegido de papaya en invernadero

La papaya se multiplica por semilla, rara vez mediante esqueje. La situación se complica porque muchos tipos de papaya son dioicos. Hay también pies hermafroditas, sin problemas de polinización. Si no se tiene certeza del sexo de la planta es mejor sembrar 3-4 semillas por hoyo, y eliminar las sobrantes a los 45-60 días, dejando sólo plantas hermafroditas o en su caso 15 hembras por macho. La siembra puede hacerse también en semillero y trasplantar con 10-15 cm. La micorrización da resultados espectaculares. La fructificación se produce a los 10-12 meses después del trasplante, realizado en primavera-verano, rara vez en noviembre buscando mejor precio. Se aconseja realizar aclareos frutos, eliminando los defectuosos y distribuyendo los frutos de forma que no se dañen entre sí. La cosecha se establece en torno a 30-40 kg por planta y año, a una cadencia de 2-4 frutos por semana. Hay una fuerte tendencia a la selección de variedades de tipo hawaiano con frutos de 400-500 g.

5.3. Mango (*Mangifera indica* L.)

El mango es otro cultivo tropical que se ha adaptado bien a las zonas subtropicales, donde las bajas temperaturas reducen el tamaño de los árboles y el periodo improductivo, permitiendo una mayor densidad de plantación y una rápida entrada en producción. Además, las bajas temperaturas actúan como inductoras de la floración, incrementando notablemente los rendimientos (30 t ha⁻¹) y concentrando la producción. Sin embargo, el mango por su condición tropical requiere un invierno con temperaturas mayores de 10 °C, primavera con temperaturas por encima de 15 °C, verano y otoño cálidos (27-36 °C) y ligeras variaciones de temperatura entre el día y la noche. Estas condiciones se dan en España en las Islas Canarias y en la Costa Tropical (Granada-

Málaga), aunque su cultivo podría extenderse en áreas próximas del SE peninsular. El mayor control climático permite asimismo obviar la eliminación de panículas que al aire libre se realiza para asegurar una segunda floración tardía que cuaje en mayor medida.

En España el cultivo del mango en invernadero es incipiente. En la Costa Tropical se estima que hay unas 15 ha que surgen como alternativa al cultivo bajo invernadero de hortalizas de baja rentabilidad. En las Islas Canarias no hay más de 10 ha. Con el cultivo de mango bajo plástico en estas zonas se persigue principalmente adelantar la recolección para conseguir mejores precios. A nivel mundial el cultivo del mango en invernadero se lleva a cabo principalmente en el sur de Japón, donde cuenta con alrededor de 200 ha. Las razones por las cuales el mango se cultiva en invernadero en Japón son climáticas y económicas. Las lluvias persistentes y la baja radiación durante la floración y desarrollo del fruto provocan antracnosis y bajo cuajado de frutos, por lo que no es posible su cultivo al aire libre. Además las fuertes restricciones para la importación de fruta, por seguridad fitosanitaria, provocan que los precios para la producción local lleguen a alcanzar 50-100\$ kg⁻¹, que garantizan una alta rentabilidad.

La estructura utilizada es tipo multitúnel o tipo parral con doble techo y materiales que le confieran suficiente solidez para soportar tifones. Además están dotados de sistema de ventilación y calefacción. Las variedades más utilizadas son 'Irwin', 'Sensation', 'Keitt' y 'Haden' injertadas sobre 'Formosa' dispuestas a 2,5 x 2,5 m inicialmente y 5 x 5 m en la plantación definitiva (Figura 6).



Figura 6. Cultivo protegido de mango en invernadero tecnificado en Japón

Para controlar el tamaño del árbol se restringe el crecimiento radicular cultivando en contenedores. Después de recolección se podan los brotes terminales para estimular el crecimiento vegetativo antes de la diferenciación floral. La calefacción mantiene la temperatura nocturna por encima de los 23 °C y la ventilación es necesaria durante la floración y el cuajado para no superar los 35 °C.

En el caso de la Costa Tropical los invernaderos suelen ser tipo parral con cubierta multicapilla (raspa y amagado) con una altura máxima de 4 m y en el lateral 3,5 m. La ventilación es natural con ventanas laterales y cenitales. Las variedades más utilizadas

son 'Tommy Atkins' y 'Osteen' injertados sobre Gomera-3 y en algunos casos formados en espaldera. Se puede conseguir un adelanto de hasta un mes, lo que supone un aumento en el precio de hasta 0,50 €/kg por kilo. En el invernadero se observa una menor incidencia de oidio y bacteriosis, gracias al mejor control de temperatura y humedad y a la protección frente al viento y lluvia. En algunos casos se han observado problemas de maduración y calidad asociados a las altas temperaturas. El manejo del cultivo es similar al realizado al aire libre.

En Canarias los invernaderos para el mango son tipo parral plano de 6-7 m de altura (tipo banana). Los principales cultivares son Irwin, Tommy Atkins, Lippens y Torbet injertados sobre Gomera-1 a un marco de 3 x 4 m. Es frecuente el cultivo intercalar de piña durante los primeros años. Con el cultivo bajo plástico se mantienen temperaturas próximas al óptimo durante floración y desarrollo del fruto por lo que se obtienen mayores producciones (hasta 38 t ha⁻¹). La mayor precocidad junto con las restricciones a la importación pueden rentabilizar este sistema productivo.

5.4. Níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.)

El níspero es un frutal subtropical que florece en otoño, desarrolla los frutos en invierno y se recolecta a principios de primavera, lo que favorece su venta como una de las primeras frutas de temporada. La precocidad y calidad son claves para la comercialización. Los frutos recolectados al inicio de la campaña alcanzan los mayores precios por lo que todas las técnicas que supongan un adelanto en la recolección repercutirán positivamente en el balance económico de la explotación.

Con el cultivo en invernadero se consigue adelantar la maduración para producir fruta extratemprana que alcance precios elevados en el mercado, proteger frente al viento, que provoca el taramado del fruto ocasionando pérdidas de hasta el 50 % de la cosecha, y proteger del golpe de sol y de los daños que provocan el granizo y los pájaros. El principal inconveniente es el coste de la estructura a pesar de su sencillez. Los invernaderos son planos o multicapilla con postes de acero galvanizado y emparillado de alambre. Cuando la cubierta es de malla la altura es de 5-6 m, mientras que con cubiertas de plástico son más bajos (2,5 m en laterales y 4 m en techo) (Figura 7).

Figura 7. Cultivo de nípero bajo malla (izquierda) y bajo plástico (derecha)

Las variedades más cultivadas bajo abrigo son *Algerie* y *Golden Nugget*, injertadas sobre membrillero y formados en eje central para reducir el tamaño de los árboles, lo que permite una mayor densidad de plantación (hasta 1.500-2.000 plantas ha⁻¹). El manejo del cultivo no difiere del realizado al aire libre.

El adelanto de cosecha conseguido con cultivo bajo plástico es muy variable y depende de la variedad y del lugar. Así con '*Algerie*' en España se citan entre 6-12 días de adelanto, mientras que estudios con '*Golden Nugget*' en Turquía hablan de hasta 20 días de adelanto. Cuando el adelanto no es importante no se compensan los costes que supone la estructura. Además, en algunos casos la fruta bajo plástico presenta una mayor incidencia de mancha morada, asociada a la mayor precocidad, y problemas de tamaño y calidad interna del fruto. Cuando la cubierta es de malla también se consigue cierta precocidad, aunque algunos trabajos recogen un retraso en la maduración, no obstante, más concentrada. Bajo plástico y bajo malla el desarrollo de los árboles es más rápido por lo que se consigue una rápida entrada en producción y mayor cantidad de fruta en los primeros años, así como mayor uniformidad y calidad de la cosecha. No obstante bajo malla se han detectado problemas de falta de color del fruto, mientras que la incidencia de moteado es mayor por falta de ventilación. También se han observado cuajado insuficiente algunos años con '*Algerie*' debido a su carácter parcialmente autoincompatible, por lo que es recomendable la introducción de colmenas de abejas o abejorros en invernadero.

5.5. Uva de mesa (*Vitis vinifera* L.)

El mercado de uva de mesa exige un suministro continuo a lo largo de todo el año de fruta homogénea en calidad (color, forma, calibre, etc.) y con buena aptitud para la conservación. Los consumidores por su parte demandan una uva con buen aspecto externo y calidad gustativa (ausencia de semillas, buen sabor, color, firmeza, etc.) y obtenida con técnicas respetuosas con el medio ambiente. Por último, los productores deben satisfacer la demanda de comercializadores y consumidores de manera que su actividad agrícola resulte rentable.

En este contexto, con el cultivo protegido de uva de mesa se consigue adelantar y/o retrasar las producciones y ampliar el calendario de oferta, cubriendo los huecos en los que se obtienen los mejores precios y aumentar la producción en cantidad y calidad, al mejorar el microclima en el entorno del cultivo y reducir la presión de plagas y enfermedades y las pérdidas por condiciones meteorológicas adversas (lluvia, granizo, viento, etc.)

La uva de mesa comenzó a cultivarse bajo abrigo en Inglaterra y Francia. A mediados del siglo XIX se empezaron a comercializar en Inglaterra uvas procedentes de cultivo protegido. En la década de los 70 se realizaron en Japón los primeros estudios encaminados a lograr una doble cosecha anual de uva de mesa en invernadero. Desde entonces la técnica de forzado en uva de mesa se ha difundido notablemente. En Italia, todas las regiones productoras de uva de mesa han introducido esta innovación y en España, lo han hecho la Región de Murcia y Andalucía.

Los invernaderos usados para el cultivo de uva de mesa son tipo parral con cubierta multicapilla (*raspa* y *amagado*), cubiertos con malla o plástico. Este diseño, frente al parral plano, reduce el riesgo de colapso de la estructura ante una granizada, y con cubiertas plásticas, evita el rajado y las podredumbres de la uva provocadas por la caída del agua de lluvia en la zona de racimos y mejora la captación de luz. La estructura de estos invernaderos la conforman soportes de madera o acero galvanizado ligados entre sí por su parte superior por una estructura inclinada flexible ejecutada con una malla doble de alambres que a su vez sujeta los materiales de cerramiento. La altura máxima es de 3,5 m y en los laterales es de 2 m.

La cubierta plástica suele extenderse solamente por el techo, dejando el *amagado* de la estructura sin cubrir a modo de ventanas cenitales y las bandas abiertas para conseguir una adecuada ventilación y evitar un exceso de temperatura que puede afectar

al desarrollo del cultivo. El plástico comúnmente empleado es un film de polietileno (PE) térmico incoloro de 50,8 micras. La cubierta plástica, además, suele ser temporal y su fecha de colocación depende del objetivo. Si se pretende adelantar la cosecha² se coloca en enero, mientras que si lo que se quiere es retrasarla se instala a finales de agosto (envero) y puede emplearse un film de polietileno de mayor espesor que se recoge en los amagados tras la recolección y que sirve para varias campañas. Además la cubierta plástica se usa para disminuir problemas de cuajado en algunas variedades ('Sugraone').

Las variedades de uva que se cultivan en invernadero en España son en su mayoría apirenas tempranas como 'Sugraone' o 'Flame Seedless' y de media estación-tardías como 'Crimson Seedless' o 'Autumn Royal'. El sistema de conducción más empleado es el parral con el dosel de vegetación dispuesto en plano horizontal a 2 m aproximadamente del suelo. Los marcos de plantación suelen ser de 3,5 x 3,5 m, 3 x 4 m o 3 x 4,5 m (800 parras ha⁻¹).

A nivel experimental, en la E.E. de la Fundación Cajamar hemos llevado a cabo ensayos para cultivar uva de mesa en invernadero plástico totalmente cerrado (Figura 8). El objetivo principal ha sido conseguir un adelanto de la cosecha más significativo que el logrado en cultivo semiforzado, para incrementar la rentabilidad. El cultivo en invernadero modifica notablemente la fenología y adelanta la recolección hasta un mes, sin ocasionar mermas en la cantidad y calidad de la cosecha. Sin embargo, estos resultados sólo son posibles con la aplicación de cianamida de hidrógeno (H₂CN₂). La cianamida se aplica a finales de diciembre a una dosis del 5 %. Ante la reciente prohibición de su uso en vid, serán necesarios productos alternativos que compensen la falta de frío invernal y favorezcan una más temprana, rápida y homogénea salida del reposo.



Figura 8. Cultivo de uva de mesa en invernadero cerrado

² Para adelantar la cosecha es necesario emplear un agente de ruptura del reposo invernal porque si no se produce una menor e irregular brotación por falta de frío. Tras la prohibición del uso de cianamida de hidrogeno, producto comúnmente usado por su efectividad para tal fin, los parraleros han retrasado la fecha de cubierta hasta finales de febrero-principios de marzo (yema hinchada). Como consecuencia, se pierde gran parte del adelanto.

La gestión del clima en el invernadero debe tener como premisas que la temperatura óptima para la brotación está en torno a 10 °C y que para el crecimiento y desarrollo de la vid se sitúa alrededor de los 25-30 °C. Por esta razón, la ventilación resulta de vital importancia en invernadero cerrado. La combinación de ventanas laterales y cenitales resulta determinante para ventilar dado que el dosel vegetal de este cultivo se dispone horizontalmente.

El significativo adelanto de la cosecha conseguido mediante el cultivo en invernadero plástico cerrado abre la posibilidad de obtener dos cosechas anuales, algo que hasta ahora sólo ha sido posible al aire libre en los trópicos.

Por último, en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar con la idea retrasar la maduración se ha estudiado el efecto de la combinación de diferentes técnicas de cultivo en 'Autumn Seedless'. Esta variedad apirena blanca, de buen tamaño de baya, sin grandes exigencias en técnicas específicas de cultivo, podría cubrir el hueco de mercado de fin de año. Las técnicas combinadas fueron: retrasar la fecha de poda, incrementar la carga, cubrir el invernadero con plástico en enero y embolsar los racimos. Se consiguió retrasar la maduración hasta 24 días.

El fenómeno de inversión térmica y la falta de luz durante los primeros estadios de desarrollo de los pámpanos (que en invernadero ocurre en enero-febrero) y las altas temperatura durante periodos críticos del cultivo son dificultades adicionales que pueden causar pérdida de fertilidad y pérdida de parte de la precocidad antes conseguida.

5.6. Melocotonero (*Prunus persica* L.)

El cultivo en invernadero del melocotonero permite acelerar el desarrollo y la maduración de los frutos y obtener así cosechas extratempranas que pueden alcanzar elevados precios en el mercado. Esto se consigue gracias al aumento de temperatura en el invernadero, siempre y cuando la temperatura en el exterior no sea óptima para el desarrollo de los frutos, como es el caso de las variedades de floración temprana. Con el cultivo en invernadero se adelanta la cosecha entre 20 y 60 días (finales de marzo y mayo), época en la que hay un hueco de mercado ya que aún no ha llegado la fruta

cultivada al aire libre en nuestro hemisferio y ya ha acabado la temporada en el hemisferio sur. Asimismo, el cultivo protegido mejora la calidad de los frutos protegiéndolos del viento, la lluvia y en algunos casos, de plagas y enfermedades.

El melocotonero, como especie de zonas templadas, requiere acumular una cantidad de frío para salir del reposo invernal. Por ello, la cobertura del cultivo hay que retrasarla hasta después de que se hayan satisfecho estas necesidades de frío. Para intentar acelerar la acumulación de frío invernal, y beneficiarse cuanto antes de las condiciones del invernadero, se pueden aplicar estrategias de riego deficitario o colocar mallas de sombreado en otoño, con el fin de anticipar la entrada en reposo del árbol, o aplicar riegos climatizantes, que reducen la temperatura de las yemas favoreciendo la acumulación de frío. Es conveniente controlar con sensores de temperatura el frío acumulado por las yemas, para cubrir el cultivo en cuanto se hayan satisfecho los requerimientos del cultivo y así anticipar al máximo la brotación. Asimismo se pueden aplicar productos químicos para acelerar la salida del reposo. Una vez cubierto el invernadero, si las temperaturas nocturnas bajan demasiado, la calefacción puede ser necesaria. Posteriormente, durante la floración y hasta después del cuajado del fruto hay que evitar temperaturas elevadas (>20-22 °C), que ocasionan caída de flores y frutos. Es muy importante, por tanto, la ventilación del invernadero. La cobertura plástica del cultivo sería por tanto temporal, manteniéndose desde la salida del reposo de las yemas hasta después de la cosecha.

Diferentes estructuras son posibles para este cultivo siendo las más comunes las utilizadas inicialmente para horticolas: p.e. invernaderos multitúnel, con una altura mínima en canaleta de 3 m y en cumbre de 5 m, con ventilación cenital y lateral (Figura 9). El plástico utilizado puede ser EVA o PE (tipo "Nectarine") (0,10-0,20 mm de espesor), con estabilizadores UV, que permiten que penetre la radiación UVA, esencial para promover la coloración roja de la piel del fruto. Tanto la estructura como el plástico deben permitir una fácil retracción de éste último tras la recolección.

Para este tipo de cultivo son apropiadas variedades con bajos requerimientos de horas-frío y con un rápido desarrollo del fruto, como por ejemplo, 'Springtime', 'Armgold', 'Maravilha', 'Flordaking', 'Flordastar' o 'San Pedro', o la variedad de nectarina 'Armking'. En este caso resultan



Figura 9. Cultivo protegido de melocotonero en invernadero multitúnel

interesantes las plantaciones de alta densidad para obtener elevadas cosechas que permitan una rápida recuperación de la mayor inversión del cultivo en invernadero. En Italia son frecuentes plantaciones de 1.000-1.500 plantas ha⁻¹ formadas en Ypsilon (4-4, 5 x 1,5-2 m). Mayores densidades de plantación permiten obtener mayores producciones pero se reduce el tamaño del fruto y se retrasa la maduración. Densidades en torno a 900 plantas ha⁻¹ formadas en “vaso español” también son adecuadas.

El control del tamaño de los árboles en invernadero es otro aspecto de gran importancia, en especial, si la densidad de plantación es media o alta. Diferentes técnicas se usan para ello: podas en verde, poda de raíces, riego deficitario controlado, aplicación de fitoreguladores (Paclobutrazol) o el uso de patrones enanizantes o semienanizantes.

Para mejorar la calidad de los frutos en melocotonero una técnica esencial es el aclareo de frutos. En condiciones de invernadero es necesario que sea realizado de forma precoz, debido al acortamiento del periodo de desarrollo del fruto de por sí ya más corto en las variedades tempranas. El aclareo químico, por su menor coste y su precocidad, estaría especialmente indicado, teniendo en cuenta que en invernadero se tiene menor riesgo de sobreaclareo debido a la menor incidencia de climatología adversa.

5.7. Cerezo (*Prunus avium* L.)

El cerezo es una especie próxima al melocotonero, por ello, tanto los objetivos como los condicionantes anteriores son válidos para este cultivo. La cereza es una de las primeras frutas de hueso que llega al mercado en primavera obteniendo unos elevados precios de venta, por lo que es, si cabe, de mayor interés aún el adelanto de 1-2 meses en cosecha que se puede conseguir en invernadero. Los requerimientos en frío suelen ser mayores que los del melocotonero de floración temprana, por lo que el cerezo suele cultivarse en zonas de inviernos más fríos donde, tras la salida del reposo puede ser más necesario el uso de calefacción para inducir una rápida brotación. El cultivo en invernadero del cerezo reduce además las pérdidas por rajado de frutos al evitar las lluvias en maduración, y las pérdidas debidas al ataque de pájaros.

Al igual que en melocotonero, en cerezo se pueden utilizar diferentes estructuras pero las más usuales son también los invernaderos multitúnel inicialmente diseñados para cultivos hortícolas, con altura media de 5 metros. Además de ventilación cenital y lateral, para controlar los excesos de temperatura y humedad durante la floración y el desarrollo del fruto, es casi siempre necesario un sistema de calefacción para mantener la temperatura en un nivel adecuado para acelerar la brotación y la floración.

La producción de cereza en invernadero también requiere de variedades precoces como podrían ser Marvin 4-70, Burlat, Brooks y Earlise. En el caso de variedades auto-incompatibles es imprescindible la instalación de más de una variedad y haber realizado un adecuado diseño de polinización. Asimismo, hay que asegurar la presencia de abejas durante la floración para optimizar la polinización y la producción, bien permitiéndoles el paso al invernadero o, lo que es mejor, instalando colmenas en su interior.

Los sistemas de formación más apropiados para el cerezo en invernadero son el sistema en V (4,5 x 0,6-1 m), o el vaso español (4-5 m x 2-3 m), que permiten altas densidades. En ambos casos es necesario un control del tamaño del árbol utilizando patrones enanizantes (p.e. los patrones de la serie 'Gisela', o Santa Lucia 64) y poda e incluso con la aplicación de retardantes del crecimiento.

Referencias bibliográficas

- Caruso T. y Barone, E. (1993): "Aspetti e problemi della peschicoltura protetta"; *Rivista di Frutticoltura*, (4); pp. 43-53.
- Erez, A.; Yablowitz, Z.; Korcinski, R. y Zilberstaine, M. (2000): "Greenhouse-growing of stone fruits: effect of temperature on competing sinks"; *Acta Horticulturae*, (513); pp. 417-425.
- Galán Saúco, V. (2002): "Greenhouse Cultivation of Tropical Fruits"; *Acta Horticulturae*, (575); pp. 727-735.
- Galán Saúco, V. y Rodríguez, M. C. (2007): "Greenhouse Cultivation of Papaya"; *Acta Horticulturae*, (740); pp. 191-195.

- Galán Saúco, V.; Ait-Oubahou, A. y Abdelhaq, H. (2004): "Greenhouse Cultivation of Bananas"; *Cronica Horticulturae*, (44); pp. 35-37.
- Alonso, F.; Hueso, J.J ., González, M., Extremera, D. y Cuevas, J. (2005): "El fenómeno de latencia en el cv. de uva de mesa 'Flame Seedless'. Efectos compensatorios de la cianamida de hidrógeno en la producción bajo abrigo"; *Actas Portuguesas de Horticultura*, (6); pp. 338-343.
- Alonso, F.; Hueso, J. J., González, M.; Sacot, P. y Cuevas, J. (2007): "Efecto de distintas dosis de cianamida de hidrógeno sobre la brotación y fertilidad de la variedad de uva de mesa 'Flame Seedless' cultivada bajo plástico"; *Actas de Horticultura*, (48); pp. 174-177.
- Alonso, F.; Hueso, J. J.; Navarro, J. L. y Cuevas, J. (2003): "Efectos de la cobertura plástica sobre la precocidad del cultivar de uva de mesa apirena *Flame Seedless*"; en *Actas de Horticultura*, (39); pp. 444-446.
- Castilla, N. (2005): "Invernaderos de plástico"; *Tecnología y manejo*. Madrid, Mundiprensa.
- Perez Parra, J. J. (1998): "El invernadero parral: caracterización y evolución"; Perez Parra, J. y Cuadrado Gómez, I. M. (ed.): *Tecnología de invernaderos II*. Curso superior de especialización. Almería, Junta de Andalucía, FIAPA, Caja Rural de Almería; pp.179-192.
- Polat, A. A.; Durgac, C. y Caliskan, O. (2005): "Effect of protected cultivation on the precocity, yield and fruit quality in loquat"; *Scientia Horticulturae*, (104); pp. 189-198.