

FRUTICULTURA ALTERNATIVA PARA ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. NUEVAS TÉCNICAS PARA EL AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA

Pablo Melgarejo Moreno, Dr. Ing. Agrónomo
Dpto. de Producción Vegetal y Microbiología
Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández)

Resumen

En el presente trabajo se exponen un resumen de algunos resultados obtenidos en ensayos realizados en especies cultivadas en zonas áridas y semiáridas, con interés económico y que constituyen una alternativa frutal frente a otras especies de mayor importancia económica. Se exponen resultados obtenidos en granado con especial referencia a una nueva técnica de propagación y se destaca en este frutal el interés de algunas sustancias que convierten a esta fruta en un alimento funcional, lo que resulta de gran interés para su valorización económica. Asimismo se exponen los resultados obtenidos en la aplicación de una nueva técnica de cultivo en higuera mediante la que se consiguen grandes ahorros de agua y de energía. Finalmente se exponen los resultados preliminares de dos técnicas aplicadas para el ahorro de agua y de energía, el acolchado plástico y la aplicación de productos superabsorbentes.

Palabras clave: Granado; alimentos funcionales; higuera, cultivo sin suelo acolchado plástico, superabsorbentes.

1. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en muchas zonas áridas y semiáridas del mundo y en especial en el Sureste español, donde además el agua disponible no suele ser de buena calidad agronómica, obliga a estudiar nuevos sistemas que optimicen el uso del agua en el regadío. En estas zonas el clima es apropiado para el cultivo de gran número de especies, de modo que si hubiera disponibilidad de agua se podrían obtener grandes cosechas en cantidad y calidad. En este trabajo se expondrán algunas técnicas que permiten desarrollar una fruticultura alternativa para estas áreas, que no sólo pueden ser utilizadas en las especies más adaptadas a zonas áridas, sino también a otras de áreas subtropicales, de clima mediterráneo y continental. Se expondrán algunos datos obtenidos de experimentos realizados en las provincias de Alicante y Murcia, en zonas donde el clima es semidesértico, con alta evapotranspiración potencial y baja pluviometría. En estas condiciones las cosechas y su calidad son proporcionales al uso del agua y a su calidad.

2. OBJETIVOS

- Exposición de la problemática actual del cultivo granado y de los avances conseguidos en los últimos años, con especial referencia a una nueva técnica para su propagación comercial y las propiedades de la granada como alimento funcional.
- Una nueva técnica para la propagación y cultivo sin suelo de higuera.
- Resultados preliminares sobre nuevas técnicas para el ahorro de agua y energía.

3. CULTIVO DEL GRANADO

3.1. INTRODUCCIÓN

El granado es un frutal cuyo cultivo se conoce desde la antigüedad, sin embargo los avances en el estudio de la especie han sido muy escasos debido fundamentalmente a la falta de equipos de investigación que dediquen esfuerzos de manera continuada a esta especie, por lo que algunos problemas todavía actuales, como el rajado o la dureza de las semillas ya fueron enunciados por Columela (S. I d.d.C.) en su libro V y más tarde por Alonso de Herrera (S. XVI d.d.C.) en su obra Agricultura General.

Este frutal se adapta a todo tipo de suelos y climas, es tolerante a la sequía, a la salinidad, a la clorosis férrica y a la caliza activa; es capaz de vegetar en las peores condiciones de cultivo del Sureste español y con frecuencia se cultiva junto a otros frutales como la higuera (*Ficus carica* L.) y la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.), que también son muy resistentes a los factores indicados anteriormente. En España, tradicionalmente ha ocupado terrenos de saladares en los términos municipales de Elche, Albuera y Crevillente, municipios en los que se concentra su cultivo en la provincia de Alicante (Melgarejo y Martínez, 1992; Melgarejo, 1993).

España es el principal país productor de granadas de la UE, existiendo otros grandes productores en el área mediterránea como Turquía (eurasiático) que produce unas 60.000 t y Túnez (norte de África), que produce unas 50.000 t. La diferencia entre estos países y España es que mientras en este último se realiza un cultivo intensivo especializado y la red comercial está muy desarrollada, en los otros el cultivo es más extensivo, menos especializado, y su red comercial está menos desarrollada, exportándose aproximadamente sólo un 5% de la producción (Melgarejo y Salazar, 2001).

La superficie de cultivo en España alcanza las 2.325 ha con una producción de 27.389 t, siendo la provincia de Alicante la principal productora con 2.047 ha y 25.104 t (MAPA, 2007); es decir, el cultivo se concentra en esta provincia con el 88% de la superficie nacional y el 92% de la producción, y en la vecina provincia de Murcia se cultiva prácticamente el resto. Aunque la producción media nacional está entorno a los 10,8 t/ha, las plantaciones bien cultivadas y con material productivo homogéneo alcanzan las 25-30 t/ha, siendo por tanto un cultivo atractivo para los agricultores, ya que además de la productividad alcanzada durante los últimos años el precio de los frutos ha ido creciendo, sobre todo debido al incremento de los conocimientos sobre el fruto y sus propiedades, de modo que en el pasado año se alcanzaron precios de 1 €/Kg en campo.

3.2. OBJETIVOS

Los objetivos concretos que se persiguen en esta exposición son:

- Dar a conocer la problemática actual del cultivo del granado.
- Exponer la estructura varietal del granado en España.
- Exponer algunos avances obtenidos en los últimos años, con especial referencia a las técnicas de propagación.
- Exponer las posibilidades de la granada como alimento funcional, como aspecto básico para la expansión y revalorización del cultivo.

3.3. PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO DEL GRANADO

Los problemas que afectan a la especie en general son los derivados de la falta de selección del material vegetal existente y la escasez de equipos de investigación dedicados a su estudio. Los conocimientos sobre su aprovechamiento, composición química y propiedades medicinales también han avanzado considerablemente, especialmente en los últimos años.

La problemática y actuaciones precisas para aumentar su rentabilidad y aprovechamiento podemos resumirlas en los siguientes puntos:

1º.- Es imprescindible realizar una selección del material vegetal existente, tipificarlo y ponerlo a disposición del sector. La búsqueda de nuevas variedades permitirá escalar la producción, mejorar la calidad en aspectos tan importantes como color, tamaño, sabor, contenido en fibra bruta de las semillas, resistencia al albardado o soleado, mayor resistencia al agrietado y mayor rendimiento en semillas. Durante los últimos quince años se han realizado selecciones en distintos países europeos, destacando el banco de germoplasma existente en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández de Elche); en éste se han estudiado las características de los distintos clones, de modo que en la actualidad se dispone de material que puede mejorar notablemente la productividad media y la calidad de las plantaciones actuales. Asimismo, deben buscarse patrones que permitan la mejor adaptación al medio y con resistencia al escaldado del tronco que es uno de los problemas que más afecta al patrón, según hemos podido observar en las plantaciones comerciales.

2º.- Debe establecerse un plan de mejora de las técnicas de cultivo que permita optimizar la calidad del producto. En este aspecto también se han conseguido avances importantes, destacando los conocimientos obtenidos sobre nutrición y sobre propagación de la especie.

3º.- Debe alargarse el periodo de producción con objeto de escalar la comercialización, comenzando antes y acabando después, lo que además nos permitiría competir con las granadas de otros países como Israel, Egipto o Irán. En los últimos años nuestro grupo de investigación ha conseguido seleccionar nuevos clones, especialmente tempranos que pueden adelantar la recolección aproximadamente un mes.

4º.- Debe evitarse que se comercialicen frutos verdes, de semillas duras, con excesivo contenido de fibra bruta, albardados, etc., en definitiva de baja calidad.

5º.- Hay que aumentar el nivel tecnológico de los almacenes de manipulación, perfeccionando además las técnicas de conservación frigorífica, tratamientos postrecolección, etc., así como la presentación del producto. También en este campo se han producido avances importantes.

6º.- Facilitar la creación de empresas, de dimensión suficiente, para que puedan ejercer su influencia sobre el mercado, individual o colectivamente, evitando la caída de los precios y haciendo más asequible y rentable la implementación tecnológica necesaria.

7º.- Debe profundizarse en la investigación y desarrollo para el desgranado mecánico, ya que este proceso es el principal problema que se plantea al consumidor, lo que facilitaría el aumento del consumo. Este aspecto permitirá y facilitará además:

- a) Comercializar el producto pelado en tarrinas como producto de cuarta gama.
- b) Profundizar en las técnicas de congelación, para su consumo en toda época.
- c) Obtener nuevos productos derivados: zumos, licores, mermeladas, confituras, jaleas, granos en almíbar, etc. Ya se ha conseguido un alto nivel de calidad en la fabricación de jaleas, mermeladas y confituras; el proceso industrial

para la fabricación de estos productos permitiría aprovechar, al mismo tiempo, la porción leñosa de las semillas.

d) El proceso de desgranado permitirá además concentrar en la industria la corteza del fruto, con lo que podría ser utilizada para piensos, para la obtención de taninos, como combustible, etc.

e) Se podrán aprovechar los frutos rozados, rajados, albardados, calibres inferiores, etc., que representan un porcentaje importante; hoy apenas son aprovechables, y en muchas ocasiones sólo sirven para desprestigiar al producto fresco y competir en el mercado con el de mejor calidad, reduciendo los precios.

Estos aspectos, esenciales para el desarrollo del cultivo, ya fueron enunciados por nuestro grupo que obtuvo la primera patente española para este fin; en los años noventa se realizaron diferentes actos de difusión sobre estos aspectos, que hoy están dando sus frutos pues la empresa privada ya ha fabricado máquinas que realizan el pelado y la comercialización de las semillas (porción comestible) en tarrinas listas para el consumo, lo que sin duda está influyendo decisivamente en el incremento del consumo y en el de los precios, obteniéndose además un valor añadido importante en el proceso; asimismo se están comercializando zumos de granada y en algunos países como USA se están comercializando pastillas con extractos de granada para la prevención de enfermedades.

8º.- Es necesario seguir investigando las cualidades nutritivas, dietéticas y terapéuticas, que sin duda posee el producto, con lo que además de conocerlas podrían ser utilizadas en la promoción del producto comercializado. En los últimos cinco años existe un gran interés de diferentes equipos de investigación, especialmente para conocer los efectos sobre la salud y la prevención de algunas enfermedades que sin duda, a juzgar por la importancia de las mismas harán que el cultivo del granado se revalorice e incremente en muchas zonas del mundo, como así está ocurriendo en USA, algunos países de Sudamérica y otras áreas. Así en USA las propiedades medicinales del granado han saltado a los noticiarios, calificando a la granada como “una bomba de salud”.

9º.- Por último, resulta imprescindible crear la Denominación de Origen de la Granada, como elemento fundamental para defender un estándar de calidad en las zonas acogidas, que sin duda redundará positivamente sobre el consumidor y sobre el productor. Para conseguirlo en febrero de 2008 la Asociación de Productores y Comercializadores de Granadas de Elche, se reunieron con este objetivo, para defender, difundir y promocionar las granadas mollaras que se producen entre los términos municipales de Elche y Albatera, cuya producción nacional se concentra en estas áreas.

3.4. ESTRUCTURA VARIETAL DEL GRANADO

- a) **Grupo Mollar.** Constituido por un gran número de individuos distintos, que se caracterizan por su gran calidad, productividad y época de recolección. Conocidas también con el nombre de Mollar de Elche. La recolección se realiza entre el 20 de septiembre y el 15 de noviembre.
- b) **Grupo Valencianas.** Constituido también por un gran número de individuos que se caracterizan por presentar menor calidad que el grupo Mollar y por ser de recolección temprana. Los árboles son significativamente más pequeños y en las condiciones de cultivo tradicionales se suele obtener menor producción por unidad de superficie, mientras que los precios de venta suelen ser significativamente más elevados, por la escasez de producto en la

época de recolección. La recolección se realiza entre el 5 de agosto y el 20 de septiembre.

3.5. AVANCES OBTENIDOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Los avances en los últimos 30 años son muy importantes, sin embargo nos centraremos en unos pocos de gran importancia para la rentabilidad del cultivo en las regiones áridas y semiáridas del planeta en las que en ocasiones el cultivo de muchas especies no es posible o no es rentable. En estas zonas, el granado es capaz de constituir una alternativa de cultivo rentable, sin que ello signifique que no lo sea en las mejores condiciones de cultivo (suelo, clima y agua), en las que actualmente compite con otras especies más importantes.

3.5.1. NUEVOS MATERIALES VEGETALES

En la Universidad Miguel Hernández contamos con el mayor banco de germoplasma de granado de la U.E., banco en el que se encuentran la mayor parte de los cultivares del grupo mollar y del grupo valencianas. Hoy se puede asegurar que hay que renovar la estructura varietal de las plantaciones comerciales, pues la mezcla de diferentes clones en las parcelas de cultivo no sólo merman la producción en cantidad sino también en calidad.

La propagación de algunos de los clones de granada **Mollar de Elche** podría aumentar significativamente las cosechas obtenidas y la calidad de las mismas; por ello, y sin entrar en detalles sobre estos clones selectos, resaltamos la importancia que para ello tiene el estudio de nuevas técnicas para la propagación de la especie, aspecto que ha sido abordado y resuelto, como después expondremos, y la investigación sobre patrones, aspecto esencial todavía no estudiado suficientemente.

La búsqueda de nuevos clones para **ampliar la campaña de comercialización** de la granada, de modo que se pudiese alargar el periodo de comercialización evitando la concentración de gran cantidad de producto en los mercados en unos pocos meses, también ha experimentado un gran avance, pues si el periodo de comercialización normal para las granadas del grupo valencianas se centraba en el mes de septiembre y el de las mollaras entre octubre y noviembre, hoy podemos decir que se han seleccionado nuevos clones de valencianas que pueden recolectarse a primeros de agosto, por lo que para este grupo se ha ampliado el periodo de recolección a dos meses, mientras en las mollaras, mediante la aplicación de técnicas de cultivo adecuadas se ha conseguido adelantar la recolección en unos quince días.

Finalmente, la búsqueda de nuevos clones nos ha conducido a la obtención de nuevos individuos utilizando técnicas de mejora clásica, y hoy podemos decir que, a falta de concluir la experimentación con los nuevos individuos en diferentes zonas ya disponemos de varios que pueden igualar o superar en características organolépticas a los mejores clones de Mollar, y superan en color exterior, por su gran contenido en antocianos a este grupo, aunque todavía quedan aspectos que mejorar en estos nuevos clones.

3.5.2. MEJORA EN LAS TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN

Las semillas germinan fácilmente sin necesitar un período de reposo, pero los árboles obtenidos son muy heterogéneos y, normalmente, los frutos son de características no comerciales, lo que hace inapropiado este método para propagar cultivares y patrones, ya que los árboles obtenidos dan una variada expresión de frutos, de grandes a pequeños, de jugosos a secos, de color rojo

oscuro a rosa blanquecino y de dulces a agrios. Por ello, para la propagación se recurre al injerto o al estaquillado leñoso; el injerto es utilizado generalmente cuando se desea realizar un cambio varietal y con menor frecuencia para nuevas plantaciones, a excepción de cuando se utiliza el patrón borde. Cada vez se recurre más a la obtención de productores directos, mediante estaquillas leñosas de las variedades cultivadas, para reducir costes de propagación y por la facilidad de adaptación que en general presenta la especie a los diferentes tipos de suelos.

Ante la limitación temporal que presenta la propagación vegetativa mediante estaquillas leñosas nos planteamos la posibilidad de su propagación mediante estaquillas herbáceas, lo que permitiría ampliar el periodo de propagación de la especie a lo largo del año.

3.5.2.1. Propagación mediante estaquilla leñosa

La rizogénesis o neoformación de raíces es el fenómeno de organogénesis más generalmente implicado en la multiplicación vegetativa. Cuando realizamos los primeros experimentos sobre esta técnica hacia 1990, no existía bibliografía específica en España sobre el enraizamiento de estaquillas de granado teniendo en cuenta la aplicación de parámetros como la temperatura, tratamientos hormonales y lesionado o herida.

Distintos trabajos realizados por nosotros en estaquillados de granado, han puesto de manifiesto que es posible la mejora del enraizamiento de estaquillas leñosas de esta especie teniendo en cuenta una serie de factores que influyen en la formación de raíces, como son la aplicación de calor de fondo por debajo de la base de las estaquillas, el uso de películas plásticas en el suelo, la aplicación del AIB como regulador del crecimiento a diferentes concentraciones y la producción de heridas basales en las estaquillas. De esta forma se puede mejorar la propagación de alguna variedad de granado de difícil enraizamiento y buscar así alternativas en el uso de buenos patrones, distintos al comúnmente utilizado en el cultivo de esta especie, el agrio o borde.

El estaquillado leñoso se realiza en los meses invernales y hasta el invierno del siguiente año las estaquillas enraizadas no están listas para ser transplantadas a suelo definitivo (Melgarejo *et al.*, 1992). Con este método de propagación se obtienen porcentajes de enraizamiento relativamente elevados, aunque éstos pueden ser superados usando la propagación vegetativa mediante estaquillas herbáceas.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en diferentes ensayos de enraizamiento:

A) Estaquillado ensayando diferentes temperaturas de fondo, AIB y heridas en la base

De los ensayos realizados utilizando estaquillas de 25-30 cm de longitud y un diámetro de 1-2 cm, se concluye:

a) Los tratamientos hormonales, la producción de heridas o la aplicación de calor de fondo mejoran notablemente la capacidad de enraizamiento en algunas variedades que presentan dificultades, aunque de modo general la especie enraíza bien. Al respecto, hemos realizado ensayos de enraizamiento con distintas variedades en “camas calientes” de temperatura controlada mediante termostato electrónico.

b) Se ensayaron temperaturas de fondo de 18 y 22°C, resultando más adecuada la segunda.

c) Como hormona de enraizamiento se utilizó AIB a las dosis de 4.000 y 8.000 ppm, sumergiendo los últimos 2 cm de la base de las estaquillas en la solución hormonal durante 5 segundos. Este tratamiento, con las dosis y variedades estudiadas, dio resultados distintos, no pudiéndose deducir del ensayo realizado que esta hormona mejore el enraizamiento de todas las variedades de granado. En general se obtiene mayor % de enraizamiento con la dosis más elevada.

d) La producción de heridas en la base de las estaquillas aumenta considerablemente la formación de callo, y cuando el tratamiento se combina con la aplicación de AIB los resultados son óptimos (100%) en algunas variedades.

B) Estaquillado en campo utilizando diferentes dosis de AIB y heridas basales

En 1997 se obtuvieron un total de 15.811 estaquillas leñosas del conjunto de clones existentes en el banco de germoplasma de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández). Las estaquillas tenían una longitud media de 30 cm, fueron recolectadas el 6/2/1997, se desinfectaron y la plantación se realizó el 18/2/1997; se ensayaron las dosis de 2.000, 4.000, 8.000 y 12.000 ppm de AIB, así como cuatro incisiones en los dos últimos centímetros. Se descartaron las partes apicales. La plantación de las estaquillas se realizó directamente en suelo, con al menos 2 yemas al exterior en todos los casos, en filas pareadas, dejando unos 15 cm entre estaquillas, regadas por una misma tubería portagoteros y separadas unos 20 cm dentro de la línea; la separación entre cada dos filas de estaquillas fue de 1 m, para facilitar las labores de limpieza de malas hierbas y control del estaquillado.

El control del enraizamiento de las estaquillas se realizó el 14/7/97 y el arranque se realizó con tractor provisto de vertedera, a raíz desnuda, el 23/12/97.

Asimismo los resultados obtenidos han sido sometidos a un análisis de la varianza seguido de un test de rango múltiple (DMS) para el enraizamiento, encontrándose diferencias significativas al nivel de confianza del 95% para los distintos clones.

Como **conclusiones** de este estudio, podemos destacar las siguientes:

1ª. Que los clones menos vigorosos presentan un menor porcentaje de enraizamiento natural y que éste puede ser aumentado mediante la aplicación de AIB a altas concentraciones, siendo con la aplicación a 12 000 ppm de AIB (T4) con la que mejores resultados se obtienen (ME11, ME12, ME14, MC1, SFB1).

2ª. La producción de heridas en la base de las estaquillas (T5) origina en la mayoría de los clones porcentajes de enraizamiento similares o mayores que la aplicación de AIB a bajas concentraciones (ME1, ME11, ME14, MC1, SFB1, CRO2).

3ª. Que las variedades muy vigorosas presentan una capacidad de enraizamiento natural altísima, que no es incrementada ni por la aplicación de AIB ni por la producción de heridas (PDO1 y BA1). Estas últimas presentan una aptitud excepcional para su propagación natural por estaquilla leñosa, siendo las que presentan el mayor % de enraizamiento.

C) Estaquillado en campo utilizando diferentes dosis de AIB, heridas basales y acolchado plástico

Como continuación de los estudios sobre la capacidad de enraizamiento de distintos clones de granado, propagados mediante estaquilla leñosa, se realizó un

estudio en 1998, considerando los resultados obtenidos el año anterior y mejorando la técnica de cultivo mediante el empleo de film plástico de polietileno negro, con lo que se consigue un gran ahorro de agua y de mano de obra durante el periodo de enraizamiento. Se constata una diferencia en la capacidad de enraizamiento como consecuencia de la utilización de la técnica de acolchado y se valora la reducción de costes en producción de estaquillas enraizadas, que se cifra en el 37%.

Previo a la plantación se procedió a realizar una labor de preparación del terreno, se instaló la red de riego por goteo y con la ayuda de un tractor se extendieron láminas de polietileno lineal negro de 0'95 m de anchura y 25 m de longitud.

Considerando los resultados del ensayo realizado en 1997, en el que, en general, los mejores resultados se obtuvieron, para la concentración de AIB de 12.000 ppm y con la producción de heridas en la base de las estaquillas, se optó por aplicar a las estaquillas de todos los clones ensayados estos dos tratamientos. Las estaquillas fueron sometidas primero a la realización de heridas en su base (4 incisiones en los 2 últimos centímetros) y seguidamente fueron sometidas a un tratamiento hormonal mediante inmersión rápida, durante 5 segundos, en una solución de AIB.

Durante el ensayo se comprobó que la temperatura del aire, del suelo protegido con el plástico y la del suelo no protegido son diferentes. Así, la temperatura del suelo acolchado superaba en unos 4-5°C a la temperatura del suelo no acolchado y ésta a la del aire en unos 2°C. Este incremento de la temperatura durante los meses en los que se realiza el enraizamiento, permite obtener un nivel óptimo de ésta en el suelo, sin coste energético, lo que se traduce en un incremento del enraizamiento.

El coste medio de las estaquillas plantadas fue de 0,26 €/Ud, mientras que el de las estaquillas enraizadas fue de 0,29 €/Ud.

El Porcentaje medio de enraizamiento fue del 91'62%.

El desarrollo vegetativo de las plantas enraizadas fue excelente, alcanzando una altura media superior a 86 cm, lo que hace que sean más adecuadas para su posterior trasplante al terreno definitivo.

Las **conclusiones** que se obtienen del estudio descrito son:

1ª. El enraizamiento ha sido muy alto en todas las estaquillas, destacando las de los clones ME12, CRO2, y PTO8, que alcanzan el 100%. Los clones que menor porcentaje de enraizamiento presentan son los más débiles como son el ME1 y ME14, lo que se atribuye a que las estaquillas de éstos contenían menos reservas; muchas de estas estaquillas tenían un diámetro inferior a 5 mm.

2ª. El acolchado del suelo con el plástico negro de 60 galgas produce un aumento de la temperatura del suelo que favoreció el enraizamiento de las estaquillas y un excelente desarrollo vegetativo.

3ª.- La utilización del acolchado y las condiciones favorables de temperatura y humedad que se generan como consecuencia del mismo en la zona de enraizamiento, pueden sustituir al efecto del AIB, tal como se observa en el clon VA2, para el que el AIB a 12.000 ppm no mejora el porcentaje de enraizamiento.

4ª.- Realizando una comparación de medias mediante el test de Student para el enraizamiento de los clones de este ensayo, con el realizado en el año 1997 (sin acolchado), se obtiene que, al 99% de confianza, el enraizamiento es muy superior en 1998, atribuyéndose este incremento a la técnica de acolchado utilizada este año.

5ª.- El acolchado, además de aumentar el porcentaje de enraizamiento, permite obtener importantes ahorros de agua y de mano de obra. Este ahorro de agua y mano de obra conjunto, unido al ahorro producido como consecuencia del incremento de enraizamiento, puede valorarse en 0,17 €/estaquilla, lo que supone una reducción de los costes del 37% frente a la técnica sin acolchado.

3.5.2.2. Propagación mediante estaquilla herbácea

Con esta nueva técnica, que no había sido utilizada antes en granado unida a la de propagación mediante estaquilla leñosa, se consiguen las siguientes ventajas:

- Se pueden obtener nuevas plantas durante todo el año.
- Utiliza pequeñas cantidades de material vegetal.
- Se obtienen los mayores porcentajes de enraizamiento.
- Se puede obtener gran cantidad de planta en un espacio físico bastante reducido y en un mínimo periodo de tiempo.
- La producción de la planta en un breve espacio de tiempo y a lo largo de todo el año manteniendo las plantas madre en invernadero, permite obtener gran cantidad de estaquillas de una misma planta madre, con una notable reducción del coste de las estaquillas y de las plantas finalmente obtenidas.
- La producción continua de plantas permite, no sólo disponer de plantas en el momento deseado, sino también reducir los costes de amortización de los equipos empleados.

Como **inconvenientes** del sistema podemos indicar los siguientes:

- Precisa de un invernadero con sistema de nebulización en la zona de propagación (en nuestro caso se utilizó la microaspersión).
- Precisa de camas calientes y sistemas automáticos para el control de la temperatura y de la humedad.

En este trabajo se ha estudiado la propagación vegetativa mediante estaquillas herbáceas y diferentes factores que influyen en ella, tales como la aplicación de reguladores de crecimiento (AIB), diferentes tipos de estaquillas, sustratos etc.

Para los ensayos se tomaron ramos herbáceos de unos 25 cm de longitud, obteniéndose estaquillas de unos 6 cm de longitud, clasificadas en apicales, basales y medias; previo a la plantación, las estaquillas fueron tratadas con AIB mediante inmersión durante 5 segundos en solución hidroalcohólica, ensayándose 6 dosis (0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 y 10.000 ppm), tres tipos de estaquillas (apicales, medias y basales) y dos sustratos diferentes: turba (2/3) + perlita (1/3) y turba (2/3) + vermiculita (1/3). Cada uno de los tratamientos estaba formado por 20 estaquillas.

El estaquillado se realizó en los sustratos indicados, estableciéndose la temperatura de fondo de las camas calientes en 25°C; una vez enraizadas fueron transplantadas a bandejas de alveolos de polietileno, trasladándose a los 3 días a un umbráculo donde pasaron un periodo de aclimatación de unos 15 días antes de ser transplantadas a suelo.

El estudio estadístico consistió en un análisis de la varianza y un test de rango múltiple DMS a un nivel de confianza del 95%.

Como **conclusiones** del estudio se obtienen:

- 1ª. No existen diferencias significativas entre los clones estudiados.
- 2ª. La aplicación de AIB no influye en el porcentaje de plantas enraizadas, pero sí en la calidad del sistema radicular y en los días necesarios para el

enraizamiento, obteniéndose los mejores resultados con la dosis de 10.000 ppm de AIB.

3ª. Las estaquillas apicales resultan poco apropiadas para la propagación herbácea.

4ª. No se han apreciado diferencias entre los sustratos utilizados.

5ª. El estaquillado herbáceo es una alternativa rentable frente al estaquillado leñoso.

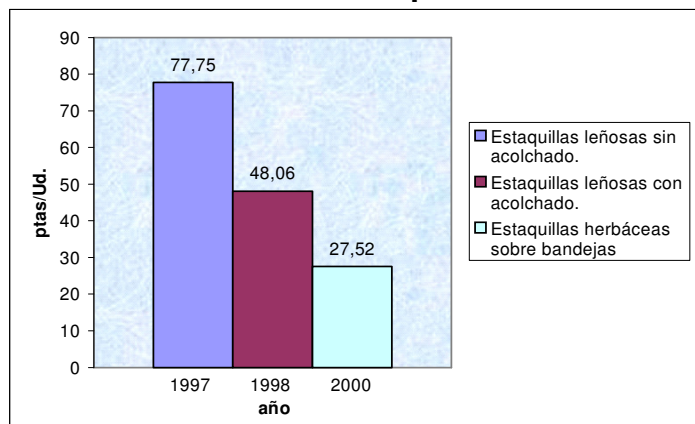
Finalmente, de los estudios realizados **se concluye** que:

1º. El estaquillado herbáceo resulta más interesante económicamente para la producción de planta de granado.

2º. El tiempo necesario para obtener planta comercializable con el estaquillado herbáceo es de un mes frente a un año que se precisa en el leñoso.

3º. El estaquillado herbáceo resulta más rentable que el leñoso con film plástico y éste lo es más que el estaquillado leñoso tradicional.

Gráfico 1
Evolución de los costes de las estaquillas enraizadas de granado



3.5.3. LA GRANADA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Como definición sencilla de alimentos funcionales está generalizada la siguiente: “Alimentos, que se consumen como parte de una dieta normal y contienen componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades”. En ellos destacan los que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, los alimentos a los que se han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos, que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos.

Según lo expuesto y los diversos estudios realizados en los últimos 20 años, sobre la composición química de la granada y más recientemente sus efectos sobre la salud, podemos considerar a la granada como un alimento funcional o como se indicó en un vídeo de USA “una bomba de salud”. Dado el objetivo de este trabajo, mencionaremos sucintamente algunos de los compuestos que posee la granada. Respecto a estos compuestos ya llamábamos la atención en 1992, por considerar que la difusión sobre el contenido en determinadas sustancias en la granada era una potente herramienta no sólo para aumentar el consumo de esta fruta y obtener un mayor valor añadido para los agricultores, sino por los beneficios que su consumo presenta para la salud de los humanos (Melgarejo y Martínez, 1992). Tanto este trabajo como los que

posteriormente se han publicado, especialmente en los últimos años, hacen referencia al contenido de la granada en diferentes compuestos o grupos de ellos.

Podemos asegurar que la granada es una baya carnosa que generalmente contiene 8 carpelos en los que se encuentran las semillas (porción comestible), representado éstas un porcentaje comprendido entre el 58 y el 75% dependiendo de las variedades; las membranas carpelares y la corteza representan el 25-42% del peso del fruto. La porción leñosa de las semillas varía entre el 5 y el 15%. El fruto completo posee aproximadamente un 80% de agua.

Las semillas, de consistencia leñosa con testa carnosa o pulposa, de forma prismática, sin albumen, embrión recto, y cotiledones enrollados el uno con el otro, de color rosa, granate o blanco, son muy jugosas. El hecho de que habitualmente comamos las semillas completas (con la parte leñosa) constituye un aspecto diferencial importante respecto a otros frutos, en los que no comemos las semillas.

3.5.3.1. Antocianos

Los antocianos son considerados responsables del color rojo de las granadas y de sus semillas, siendo este un atributo de calidad importante. El color rojo depende de la concentración en antocianos que éstas contengan y del tipo de antociano. Así los derivados de la delphinidina son los responsables del color azul y violeta, mientras que la pelargonidina está relacionada con el color rojo anaranjado (Harborne,1982). En el granado se han identificado 6 antocianos como los responsables del color del zumo de la granada: *delfinidina* 3-glucósido y 3,5-diglucósido; *cianidina* 3-glucósido y 3,5-diglucósido y *pelargonidina* 3-glucósido y 3,5-diglucósido (Du *et al.*,1975).

En un estudio sobre estos compuestos (Melgarejo *et al.*, 1998), se realizó la identificación cuantitativa y cualitativa del contenido en antocianos en el zumo de granada de 3 clones: ME16, VA1 y BA1, cultivados en condiciones homogéneas; además de estudiar la evolución de éstos a lo largo del proceso de maduración. Se estudiaron los cambios en el contenido total de antocianos durante las últimas 8 semanas del desarrollo del fruto, desde frutos inmaduros hasta frutos comercialmente maduros. El total de antocianos está entorno a los 160 mg/L de zumo en el clon VA1, valor cercano a los 120 mg/L del clon ME16 y 35 mg de antocianos por litro de zumo en el clon BA1. Estos valores están en el mismo rango que los de otros clones de granado, 50-267 mg/kg de peso fresco de arilos (semillas completas) para el cultivar "Mollar" (Gil *et al.*,1995a; Artés *et al.*,1998), y 6-120 mg/L de zumo en granadas Tunecinas (Gil *et al.*,1995b).

La presencia de estos compuestos fenólicos radica en su acción antioxidante (protegen frente a los radicales libres retrasando el proceso de envejecimiento de las células), aspecto muy estudiado durante los últimos años en gran cantidad de frutos, entre los que se incluye la granada.

La capacidad antioxidante del zumo de granada es tres veces superior a la del vino tinto y a la del té verde (Gil *et al.*, 2000).

Estos compuestos también pueden utilizarse como colorantes naturales, adicionándolos a otros alimentos funcionales.

3.5.3.2. Ácidos grasos (AG)

La granada es un fruto rico en semillas, oscilando el porcentaje de éstas en un rango que varía entre el 58-75% respecto al resto del fruto y, de este porcentaje, entre un 5% y un 15% corresponde a la parte leñosa de la misma. Las

semillas completas poseen entre un 4,92–7,66% de grasa, conteniendo AG esenciales: linoléico (C18:2), linolénico (C18:3) y AG poliinsaturados mayoritariamente.

Estudios realizados sobre el contenido de semillas, refiriéndose sólo a la parte leñosa, dan un contenido medio de 37-143 g/kg de fruto (Melgarejo *et al.* 1995) y algunos cultivares son ricos en lípidos, variando éstos entre 140-270 g/kg de materia seca (El-Shaarawy and Nahapetian, 1983; El-Nemr *et al.*, 1990; Melgarejo y Martínez 1992). Este contenido en grasa y su composición en ácidos grasos es un parámetro de calidad para el consumidor, especialmente la ratio ácidos grasos saturados/ácidos grasos insaturados. Asimismo, la composición en grasa de las frutas y vegetales en general ha alcanzado durante los últimos años una gran interés, sobre todo por su contenido en ácidos grasos esenciales (linoléico, linolénico y araquidónico) y especialmente por su composición en ácidos grasos poliinsaturados. Ello es debido a que éstos juegan un papel muy importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares y en algunos otros problemas de corazón, debido a que los ácidos grasos poliinsaturados reducen considerablemente los niveles de HDL-colesterol (Grande 1988; De Hoya y Mata 1989). Estudios realizados en 6 cultivares de granada del área mediterránea, señalan que del 30-35% de los ácidos grasos presentes en la granada son saturados, del 25-37% monoinsaturados, del 25-39% diinsaturados, del 1-10% poliinsaturados y aproximadamente un 67,6% corresponderían a los ácidos púnicos (Melgarejo *et al.*, 1995).

Más recientemente (Melgarejo *et al.*, 2001) han publicado la composición en grasa y en ácidos grasos de 5 variedades de granada, estudiados durante las campañas de 1995 y 1996, todas ellas cultivadas en condiciones homogéneas: 2 dulces de media estación (ME16 y MA2), una dulce temprana (VA1), una agridulce (PTO8) y una agria (BA1). De este estudio se obtuvo que las variedades indicadas contenían entre 4,63 y un 6,92% de AG saturados, de un 4,7 a un 6,9% de AG monoinsaturados, de un 4,98 a un 8,54% de AG diinsaturados y de un 66,76 a un 79,29% de AG triinsaturados; para este grupo de variedades los AG insaturados variaron entre un 80,41 y un 91,03%, haciéndolo el ácido púnico¹ (C18:3) entre 66,76 y un 79,29%.

¹: Ácido púnico C_{18:3} con doble enlace en posición 9, 11 y 13, sin determinar la configuración geométrica.

3.5.3.3. Fibra bruta (FB)

Las granadas españolas presentan un contenido en FB que varía entre un 5 y un 22%, considerándose que aquellas con un contenido inferior al 9% se clasifican como de “piñón blando”, es decir fácilmente masticables. Si consideramos que la ingesta diaria de fibra de 30-60 g es considerada adecuada para un adulto, y suponiendo una granada cuyo peso sea de 300 g y su rendimiento en semillas del 60%, las semillas pesarán 180 g, por lo que de poseer un 22'41% de fibra bruta podemos deducir que comiendo una granada diaria se puede cubrir la cifra 40,3 g/día de fibra.

El problema que se plantea en las sociedades occidentales respecto a la fibra es que al alimentarse éstas de productos más refinados cada día, no se llega en muchas ocasiones a la ingesta necesaria por lo que aparecen problemas como el cáncer de colon, el cáncer de recto, el estreñimiento y la obesidad. Así, se describe en la bibliografía que la ingesta diaria de unos 50 g de fibras, produce un incremento de las heces de hasta 250 g en comparación con un individuo de la sociedad occidental que suele emitir de 80 a 150 g/día, debiéndose el aumento a

la mayor retención de agua, lo que hace las heces más fluidas, por lo que los productos tóxicos que aparecen en las heces se encontraran más diluidos (fitotoxinas, virus, derivados de los ácidos biliares y otros posibles carcinógenos); muchos estudios han demostrado que la tensión de las paredes del colon disminuye, lo que hace desaparecer los dolores en sujetos de colon irritable y siendo la defecación más fácil, cuando la cantidad de fibras en la dieta aumenta.

También conviene añadir que la calidad de las semillas de granada (porción comestible de los frutos), está determinada por distintos parámetros, fundamentalmente color, tamaño, relación SS/A, agradabilidad no gustativa y dureza. En un trabajo realizado al respecto (Melgarejo *et al.*, 1998) se estudió la dureza, la agradabilidad gustativa y la agradabilidad no gustativa que presentan las semillas. Estas características resultan determinantes, ya que las semillas de algunas variedades presentan una dureza tan elevada que las hace incomedibles, por lo que no pueden utilizarse para su comercialización en fresco, aunque sí podrían utilizarse como fuente de fibra natural para enriquecer otros alimentos funcionales.

3.5.3.4. Los taninos

Son sustancias astringentes que se encuentran en la semilla, en el pericarpio del fruto y también en la corteza de granado. ("Cortex Fructus Granati").

Su interés farmacológico radica en sus aplicaciones contra las diarreas por ser astringentes.

En un proceso de desgranado industrial, además del zumo se obtendría la corteza del fruto que al ser rica en taninos podría utilizarse como fuente natural de estas sustancias.

3.5.3.5. Otras sustancias

Las últimas investigaciones científicas y médicas apuntan que el zumo de granada posee sustancias con actividad antibacteriana, antiviral, anticancerígena, antiinflamatoria, para el control del colesterol y prevención de problemas cardiovasculares, etc., aunque algunas son muy recientes.

4. CULTIVO SIN SUELO DE LA HIGUERA (ENSAYOS PRELIMINARES)

4.1. INTRODUCCIÓN

La falta de rentabilidad amenaza la continuidad de algunos cultivos típicos del área mediterránea entre los que se encuentra la higuera, cuya superficie de cultivo ha disminuido drásticamente; en la actualidad se cultivan en España 12.332 ha de las que 1.239 ha están en regadío, con una producción media de 2,1 t/ha entre secano y regadío y unas 4,5 t/ha en las buenas plantaciones de regadío (MAPA, 2007).

Tradicionalmente, debido a su rusticidad, el cultivo de la higuera se ha realizado en las tierras de menor calidad, con aguas salinas e incluso en secano, pero a medida que se han incrementado los costes de producción, al igual que en otras fruticulturas, algunas plantaciones se han abandonado (las menos rentables) y otras han ido adoptando nuevas técnicas de cultivo para mantener su rentabilidad; pero los sistemas más avanzados en la actualidad también comienzan a tener problemas de rentabilidad, especialmente por el incremento de la mano de obra, ya que en este frutal la operación más costosa es la recolección, que se realiza manualmente, y cuyos costes superan el 50% de los costes totales de cultivo (Melgarejo, 2000), lo que pone de manifiesto la necesidad de

incrementar las producciones por unidad de superficie y de reducir los gastos en mano de obra y en otras operaciones para incrementar la rentabilidad.

4.2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es exponer los resultados preliminares obtenidos mediante una nueva técnica de cultivo sin suelo en invernadero para la higuera, para lo cual fue preciso, a su vez, poner a punto una nueva técnica de propagación.

Además se persigue divulgar la existencia de esta nueva técnica, que aunque debe ser perfeccionada, por no disponer en su momento de los elementos de control idóneos, sí demostró su posible viabilidad en un futuro obteniendo una gran eficiencia del agua.

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1. MATERIAL VEGETAL

El material vegetal ensayado es variedad SF1, bífera, partenocárpica, de color violáceo en la madurez, que no llega al negro de otras variedades y de gran tamaño de brevas e higos; apenas se agrieta o no lo hace, aunque presenta un ostiolo demasiado grande que puede representar un problema cuando se cultiva al aire libre. Las plantas utilizadas proceden de estaquillas leñosas y herbáceas obtenidas en nuestras instalaciones.

En este ensayo preliminar se utilizaron 2 plantas por metro lineal en cada bloque, tanto en canaletas como en sacos, obteniéndose distintas densidades de plantación por hectárea, dependiendo de la distribución de los bloques y de la separación entre éstos. Así con bloques de 2 hileras de plantas y separación de 1m entre sacos o canaletas, se obtiene una densidad de 26.666 plantas/ha, mientras que con bloques de 3 hileras de plantas y una separación de 1 m entre sacos o canaletas se obtiene una densidad de 34.293 plantas.

Para la realización del ensayo se han utilizado sacos de perlita de 60 y 40 L y sacos de turba de 40 L. Las canaletas son de polipropileno con unas dimensiones de 18 cm de altura y 25 cm de anchura, habiéndose rellenado de perlita para la plantación.

4.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERNADEROS UTILIZADOS

El invernadero utilizado es del tipo multitúnel. La estructura del invernadero, es de acero galvanizado, con una altura libre de pilares en el lateral es de 3,5 m y de 7 m en la cumbre. La cubierta utilizada en el invernadero es de placas de policarbonato ondulado y la ventilación se realiza mediante la apertura automática de la cubierta y laterales de cada túnel.

El suelo se encuentra cubierto por una malla de polipropileno, para evitar la emergencia de malas hierbas.

La calefacción se realiza mediante aire caliente producido por una caldera de vapor de agua que utiliza gasoil como combustible. En el interior del invernadero existen aerotermos con intercambiadores de calor.

Para el aporte de agua y elementos nutritivos se utilizan *goteros* autocompensantes y antidrenantes de 3,8 l/h.

El cabezal de riego dispone de los tanques de abonado, filtros, etc., pudiéndose proporcionar riegos con distinta conductividad a diferentes zonas y comparar los resultados obtenidos. Los programas informáticos utilizados son *Ambitrol* y *Agronic C*.

Los fertilizantes utilizados para preparar la disolución nutritiva fueron: nitrato cálcico, fosfato monopotásico, nitrato potásico, nitrato de magnesio, complejo de micronutrientes, quelato de hierro y ácido nítrico.

El entutorado se realizó atando las plantas mediante hilos de rafia de polipropileno blanco en su base y por el otro extremo se unió a los alambres colocados al efecto.

La poda consistió en eliminar los ramos laterales que se producen a medida que crece la planta, evitando una excesiva competencia de éstos con los frutos que se desarrollarán en las axilas de las hojas del tallo principal, de modo que con ello además se mejora la ventilación y la entrada de luz a la parte baja de las plantas. El tallo principal era despuntado a 2 m de altura.

La recolección se efectúa cuando los siconos alcanzan la madurez comercial. Los frutos recolectados son identificados y trasladados al laboratorio para su pesaje y caracterización morfológica, colorimétrica y química, seguida de una evaluación de la calidad gustativa.

4.3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se resumen los resultados obtenidos en 2 cosechas anuales y en tres tipos de contenedores, sacos de perlita de 40 y 60 L y canaletas con perlita, y para una densidad de 26.666 plantas/ha.

Tabla 1. Consumo de agua (m³/ha) para obtener dos cosechas/año

	SF ₁ 60L	SF ₁ 40 L	SF ₁ canaleta
Febrero	153,11	138,65	189,72
Marzo	184,26	165,83	232,16
Abril	390,60	347,6	487,5
Mayo	622,45	626,51	765,06
Junio	1.250,33	1.105,32	1.575,68
Julio	1.489,64	1.340,20	1.816,58
Agosto	1.548,80	1.490,65	1.873,08
Septiembre	611,25	550,46	751,83
Octubre	797,35	722,54	985,41
Noviembre	547,20	497,77	689,22
Diciembre	484,20	430,75	580,80
Enero	280,60	252,54	339,40
TOTAL AÑO	8.359,79	7.668,82	10.286,44

Teniendo en cuenta estos consumos de agua y las producciones que se han obtenido con los ensayos llevados a cabo tendremos:

Tabla 2. Producción, consumo de agua y costes de producción para obtener dos cosechas/año

	SF ₁ 60 L	SF ₁ 40 L	SF ₁ canaleta
Total producción (kg/planta)	3,13	3,17	3,05
Total producción (kg/ha)	83.545	84797	81384
Consumo agua (m ³ /kg)	0,100	0,090	0,126
Coste del agua (€/kg)*	0,0240	0,0216	0,3051

*: Precio estimado del agua de riego 0,24 €/m³

En la Tabla 3 se comparan las producciones obtenidas anualmente con el sistema tradicional de cultivo y el nuevo sistema estudiado, con referencia explícita al consumo de agua/ha, al consumo de agua en m³/kg producido y al coste del agua consumida para producir un kg de fruta (€/kg), ya que el agua es el factor limitante en nuestra zona.

Tabla 3. Comparación de producciones de higuera en cultivo tradicional y sin suelo

	Cultivo tradicional	Cultivo sin suelo
Producción de higos más brevas (kg/ha)	4.500	81.384
Consumo de agua en (m ³ /ha)	6.000	10.286,40
Consumo agua (m ³ /kg)	1,33	0,126
Coste del agua €/kg	0,3197	0,0303

De la tabla anterior se desprende que una ha de cultivo sin suelo en invernadero produce lo mismo que 18 ha de cultivo tradicional, y que el ahorro de agua en el primero es de aproximadamente el 90% frente al cultivo tradicional para la misma producción, lo que conlleva un ahorro de energía eléctrica de bombeo de al menos ese porcentaje.

Aunque los valores expuestos evidencian la posibilidad de obtener unos resultados muy positivos, es necesario investigar con mayor profundidad para mejorar la calidad del producto (falta de color, menor tamaño del fruto en cosecha de verano, entre otros), determinar las condiciones climáticas óptimas dependiendo del estado fenológico del cultivo, determinar la densidad de plantación idónea y perfilar las técnicas culturales que aseguren la máxima producción con una calidad óptima.

No se conocen precedentes de esta técnica de cultivo para la higuera en nuestro país, aunque existe otra experiencia en Japón (Kawamata *et al.*, 2002), cuyas características de ensayo no se conocen suficientemente.

4.3.4. CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes son las siguientes:

1^a. El cultivo sin suelo de la higuera en invernadero puede ser una alternativa rentable frente al cultivo tradicional.

2^a. Con el sistema de cultivo ensayado, además de proteger la planta y los frutos de los meteoros, se pueden programar las fechas de recolección.

3^a. El consumo de agua por kg de fruta recolectado es muy inferior al del cultivo tradicional.

4^a. Con el nuevo sistema de cultivo se puede optimizar el consumo de agua, fertilizantes y otros productos agroquímicos, evitando al mismo tiempo la contaminación del subsuelo mediante la recirculación de la solución de drenaje.

5^a. Los resultados obtenidos deben considerarse preliminares o prospectivos, ya que no se han optimizado las condiciones de cultivo para todos los parámetros que intervienen en el proceso y ciclo productivo, lo que sin duda evidencia que éstos son todavía mejorables.

5. NUEVAS TÉCNICAS PARA EL AHORRO DE AGUA ENERGÍA EN LA AGRICULTURA

5.1. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en muchas zonas áridas y semiáridas del mundo y en especial en el Sureste español obliga a estudiar nuevos sistemas que optimicen el uso del agua en el regadío. En estas zonas el clima es apropiado para el cultivo de gran número de especies, de modo que si hubiera disponibilidad de agua se podrían obtener grandes cosechas en cantidad y calidad. En este trabajo se expondrán datos de consumo de agua obtenidos en la Región de Murcia, donde el clima de la zona de cultivo es semidesértico, con alta evapotranspiración potencial y baja pluviometría. En estas zonas el riego constituye una técnica de cultivo imprescindible, ya que incluso en las zonas en las que ha existido una infraestructura y cultura del regadío, las dificultades para obtener agua en

cantidad y calidad para la agricultura han ido creciendo, no sólo porque se han aumentado las superficies de regadío sino también porque ha aumentado la población, la industria, el turismo, y como consecuencia los problemas de escasez de agua para los regadíos existentes, incluso a pesar de los esfuerzos realizados por las administraciones públicas en el campo de la depuración que ha permitido obtener en algunas zonas volúmenes importantes de agua residual depurada como ocurre en la provincia de Murcia (100 hm³/año), aunque en ocasiones si bien el agua es limpia no siempre es de buena calidad para el regadío por presentar una conductividad eléctrica inadecuada, por lo que para su uso es muy recomendable mezclarla con otras de mejor calidad e incrementar las fracciones de drenaje. Tampoco la desalación será por el momento la solución al problema de falta de agua en la agricultura, salvo en aquellos casos en que las explotaciones puedan estar próximas a las fuentes de agua y sólo para cultivos de alto valor añadido o para la realización de mezclas con agua de peor calidad.

A lo largo de la historia los agricultores y técnicos del sector han ido desarrollando técnicas y comportamientos conducentes al ahorro de este recurso esencial. Así del riego por inundación se pasó al riego por goteo y por microaspersión en los cultivos leñosos, permitiendo optimizar el consumo de agua en los diferentes tipos de suelos y al mismo tiempo cubrir las necesidades de la planta con la mejor respuesta productiva y de calidad; posteriormente se pusieron a punto nuevas técnicas como el riego por exudación y el riego por burbujeo, sin que éstas hayan tenido gran aceptación, siendo hoy el riego por goteo el sistema más extendido en el cultivo de los frutales. Otras técnicas que se han desarrollado a lo largo del tiempo, para evitar las pérdidas por evaporación, han sido las labores de cultivo, que rompen la capilaridad superficial reduciendo el paso del agua a la atmósfera y las cubiertas vegetales o de materiales inorgánicos, aunque hoy se ha impuesto la técnica de “no cultivo” quedando las raíces confinadas en un reducido volumen de suelo en el que reciben el agua y nutrientes; en el cultivo de plantas hortícolas se desarrolló con éxito el uso de cubiertas plásticas, que sin embargo no se extendieron al cultivo de los frutales.

En los últimos años se ha investigado intensamente en la técnica del riego deficitario controlado, técnica que no sólo tiene en cuenta el grado de humedad del suelo sino también el estado fenológico de los frutales, consiguiéndose importantes ahorros de agua

Para optimizar el aprovechamiento del agua, se tiene además la opción de utilizar cubiertas superficiales que pueden ser de tipo sintético (plástico), que resultan altamente eficaces para conservar la humedad en el suelo y para prevenir el desarrollo de malezas así como para mejorar algunas propiedades del suelo.

5.2. OBJETIVOS

En este trabajo se esbozarán algunas ideas sobre algunos ensayos que en la actualidad realiza nuestro grupo de investigación con el objetivo de poner a punto una nueva técnica para el ahorro de agua que permita el mantenimiento de la fruticultura en zonas con gran déficit hídrico como lo es la región del Sureste español, y que sin duda podrá ser aplicada a otras regiones del mundo con escasez de agua.

Los objetivos de esta exposición son dar a conocer otras técnicas que pueden permitir importantes ahorros de agua, de energía e incluso de pesticidas. Estas técnicas, aunque con variantes son básicamente dos:

- 1^a. Uso de cubiertas plásticas en las zonas o franjas de cultivo.

2ª. Uso de productos superabsorbentes en el volumen de suelo ocupado por el sistema radicular.

Dado que en fruticultura no se obtienen resultados a corto plazo, los resultados que se expondrán deberán considerarse preliminares y considerarlos con la prudencia que toda investigación inacabada o en curso merece.

Este trabajo se ha realizado con el objetivo de evaluar la influencia que tiene el uso del acolchado plástico y del cultivo en meseta sobre el crecimiento y la producción del ciruelo.

5.3. MATERIALES Y MÉTODOS

5.3.1. MATERIAL VEGETAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN DE CIRUELOS CON COBERTURA PLÁSTICA

La especie utilizada es *Prunus salicina* Lind, variedad 606 sobre patrón GF 677, procedente de un vivero comercial. Esta variedad es de las más tempranas en la zona de cultivo; su recolección se realiza en el mes de mayo y mediante el sistema de cultivo proyectado se espera no sólo incrementar la producción y la calidad sino también conseguir un adelanto en la época de recolección. Como polinizadores se utilizaron Fortune y Black Diamond, ambas sobre GF 677, utilizando un 12,5% de cada una de ellas frente al 75% de 606. Los resultados de producción se expresan como si se tratase de una única variedad para simplificar la exposición.

La plantación se realizó en julio de 2002, sobre mesetas y sin ellas, con cobertura plástica y sin ella, habiéndose experimentado con diferentes tipos de láminas plásticas. El marco de plantación es de 6 x 2 m.

El sistema de riego es por goteo, utilizándose 2 goteros autocompensantes y antidrenantes de 4 l/h por cada planta. En las plantas testigo y sin cobertura plástica se instalaron 2, 4 y 6 goteros por planta, de 4 l/h, tanto en cultivo con mesetas como sin ellas.

5.3.1.1. Acolchado plástico del suelo en ciruelo

De las diferentes láminas plásticas utilizadas nos referiremos únicamente al denominado film de polietileno negro lineal de 300 galgas de espesor.

5.3.1.2. Equipamiento de control en ciruelo

Sondas de succión para el control de la solución del suelo, lo que permite realizar su análisis en todo momento y es de gran ayuda para optimizar la nutrición del cultivo.

Se realiza un seguimiento del pH y de la conductividad eléctrica tanto del agua de riego como de la solución nutritiva en el bulbo húmedo.

Existen diferentes grupos de tensiometros a distintas profundidades para el control de la tensión de humedad del suelo. Con ello se pretende mantener la misma tensión de humedad en los diferentes tratamientos y en los testigos y utilizar la información para la programación del riego.

El control de la temperatura se realiza mediante sondas a diferentes profundidades y en el ambiente.

5.3.2. PRODUCTOS SUPERABSORBENTES ENSAYADOS EN CIRUELO

La plantación se realizó en suelo desnudo y sin mesetas siendo la variedad elegida la 606/GF677.

Se aplicaron dos dosis diferentes para cada uno de los productos ensayados: $d1$ y $d2 = d1 \times 1,5$.

Los emisores utilizados son de 2 l/h, mientras que los tratamientos testigo tienen goteros de 4 l/h.

Los dos tipos de productos ensayados se distribuyeron de forma uniforme, practicando un hoyo de aproximadamente 80 x 40 x 40 cm donde se mezcló con el suelo la dosis de superabsorbente.

Diseño experimental en cultivo de ciruelo

Tratamiento	Producto superabsorbente	Dosis de superabsorbente aplicada	Agua aplicada	Cantidad de producto aplicada por maceta (g)
T 1280 (80 g)	L-1280	D1	50%	80 g
T 1280 (120 g)	L-1280	D2=1,5xD1	50%	120 g
Testigo	-----	-----	100%	-----
T 1161 (80 g)	L-1161	D1	50%	80 g
T 1161 (120 g)	L-1161	D2=1,5xD1	50%	120 g

Dosis de superabsorbentes: D1= 80 g/planta. Los productos ensayados fueron proporcionados BASF, S.A.

5.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Exponemos únicamente los referidos a consumo de agua y producción.

5.4.1. CIRUELO CON COBERTURA PLÁSTICA

Tabla 4. Consumo de agua y producciones desde 2003 hasta 2007

Año	2003	2004	2005	2006	2007
m ³ /ha-año	1.012,8	806,6	1.486,6	1.488,6	1.600
Producción (t/ha)	0	3.500 ¹	7.163	18.824	17.730 ²

¹: Producción estimada (una parte no se recolectó por pedrisco)

²: La producción se redujo un 50% en el conjunto de la zona de cultivo por fuertes vientos continuados durante el cuajado del fruto.

En la Tabla 4 se observa que en 2003 el agua aportada al cultivo fue superior a la utilizada en 2004, lo que se debió a un mejor manejo del sistema en 2004.

La técnica descrita podría mejorarse utilizando técnicas complementarias a ésta, bien mediante el uso de productos capaces de retener la humedad en el suelo (superabsorbentes), o bien utilizando productos que facilitan la penetración del agua en el mismo (surfactantes), así como los fundamentos del riego deficitario controlado.

Cuando se utilizan aguas con un elevado contenido salino, se ha comprobado la progresiva salinización del suelo, aunque también se ha podido recuperar el nivel salino de éste dando adecuados riegos de lavado.

Otro aspecto de gran interés es la precocidad en la cosecha, especialmente en el cultivo de variedades tempranas como es el caso de ciruela 606, cuya recolección finaliza en la última decena de mayo con esta técnica y en las condiciones descritas, produciéndose un adelanto de unos 15 días respecto al testigo.

Como puede comprobarse el ahorro de agua con la nueva técnica y en las condiciones de estudio supera el 70%, en relación a los testigos (6.000 m³/ha).

5.4.2. CIRUELOS CON SUPERABSORBENTES APLICADOS AL SUELO

En este ensayo se pudo comprobar que el consumo de agua en todos los tratamientos fue del 50% respecto al testigo, lo que conlleva un ahorro energético

del 50% en el sistema de filtrado y bombeo. El consumo anual en el segundo año fue de 1.900 L/planta (1.265 m³/ha) en las plantas testigo y de 950 L/planta (633 m³/ha) en las tratadas con productos superabsorbentes, sin que se obtuvieran diferencias significativas entre los tratamientos.

5.5. CONCLUSIONES

1^a. El sistema de cobertura plástica del suelo ha demostrado la posibilidad de reducir drásticamente los consumos de agua de riego en fruticultura, aunque conviene seguir estudiándolo a más largo plazo.

2^a. El sistema descrito permite utilizar aguas de peor calidad.

3^a. El acolchado plástico del suelo permite superar periodos con falta de agua con menores repercusiones negativas para la plantación.

4^a. Con este sistema se obtiene mayor crecimiento de las plantas, acortándose el periodo improductivo y mayor precocidad de la cosecha.

5^a. El sistema permite obtener un gran ahorro energético en el sistema de bombeo y filtrado.

6^a La aplicación de productos superabsorbentes reduce el consumo de agua en un 50% aunque sólo se tienen resultados de 2 años y se desconoce cuál será el comportamiento de estos productos en el tiempo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Du C.T.; Wang P.L.; Francis, F.J. 1975. Anthocyanins of pomegranate, *Punica granatum*. J.Food Sci 40 417-418.

El-Shaarawy, M.I. and Nahapetian, A. 1983. Studes of pomegranates seed oil. Fette Seifen Anstrichmittel (1983). 85 (3): 123-126.

García-Viguera, C. y Zafrilla, P. 1998. Zumo de granada, un nuevo colorante natural. I Symposium Internacional sobre el granado. PR-05. Orihuela (Alicante).

Ghosh, D.; Bamdyopadhyay, A. and Sen, S.K. 1988. Indian Agriculturist. 32: 4, 239-243.

Gil, M.I.; García-Viguera,C.; Artés,F.; Tomás-Barberán, F.A. 1995a. Changes in pomegranate pigmentation during ripening. J.Sci.Food Agric. 68,77-81.

Gil, M.I.; Tomás-Barberán, F.A.; Hess-Pierce, B.; Holcroft, D.M. and Kader, A.A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship cith phenolic composition and processing. J. Agric. Food. 48:4581-4589.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1987. Propagación de plantas. Ed. CECSA (Compañía Editorial Continental, S.A.). México.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1987. Propagación de plantas. Ed. CECSA (Compañía Editorial Continental, S.A.). México.

Hernández, F., Melgarejo, P.; Olias, J.M.; Ríos, J.J. y Artés, F. Contenido en grasa y ácidos grasos en las semillas de 3 variedades de granado (*Punica granatum* L.). I Symposium Internacional sobre el granado. PR-01. Orihuela (Alicante).

Holgado, A. 1988. De los trabajos del campo-Lucio Moderato Colmuela. MAPA-Siglo veintiuno de España Editores, S.A. elgar. 339 pp.

Kawamata, M.;Ohara, H.; Ohkawa, K.; Marata, Y.; Takahashi, E. Y Matsui, H. 2002. Double cropping of fig hydroponic culture. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 71:1, 68-73.

Legua, P.; Melgarejo, P.; Martínez, M.y Hernández, F. 1998a. Evolución del contenido de antocianos en 4 clones de granado (*Punica granatum* L.) durante el desarrollo del fruto. I Symposium Internacional sobre el granado. MV-O7. Orihuela (Alicante).

Maestre, J.; Melgarejo, P.; Tomás-Barberan, F. y García-Viguera, C. 1998. Obtención de nuevos alimentos a base de granada. I Symposium Internacional sobre el granado. PR-04. Orihuela (Alicante).

MAPA. 2007. Anuario de estadística agroalimentaria. MAPA. Madrid.

- Melgarejo P. y Martínez R. 1989.** El granado. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Murcia. 111 pp.
- Melgarejo P.; Martínez, J.; Martínez, J.J.; Martínez Valero R. y Amorós, A. 1998.** Estudio de la capacidad de enraizamiento de once clones de granado (*Punica granatum* L.), utilizando la técnica de acolchado en el suelo. I Symposium Internacional sobre el granado. TC-04. Orihuela. (Alicante).
- Melgarejo, P. 2000.** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas vol. I. El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal. Mundi-Prensa y AMV Ediciones. Madrid. 382 pp.
- Melgarejo, P. 2005.** Nuevas técnicas para el ahorro de agua en fruticultura. Conferencia. Universidad Miguel Hernández.
- Melgarejo, P. y Martínez, R. 1992.** El granado. C.O.I.A. de Murcia. Murcia.
- Melgarejo, P. y Martínez, R. 1992.** El granado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 163 pp.
- Melgarejo, P. y Salazar, D.M. 2001.** El cultivo del granado. AMV, Ediciones. Madrid
- Melgarejo, P.; Hernández, F.; Martínez, J.; Artés F. y Tomás-Barberán, F. 1998.** Evolución de los antocianos en el zumo de granada durante el proceso de maduración en los clones ME16, VA1 y BA1. I Symposium Internacional sobre el granado. MV-P3. Orihuela (Alicante).
- Melgarejo, P.; Hernández, F.; Martínez, J.J.; Salazar, D.M. y Maciá, F.V. 2001.** Propagación de granado mediante estaquillas herbáceas. IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Cáceres.
- Melgarejo, P.; Martínez, J. y Amorós, A. 1998.** Estudio de la capacidad de enraizamiento de diez clones de granado (*Punica granatum* L.). I Symposium Internacional sobre el granado. TC-03. Orihuela (Alicante).
- Melgarejo, P.; Martínez, J.; Martínez, J.J.; Martínez Valero, R. y Amorós, A. 1998.** Estudio de la capacidad de enraizamiento de once clones de granado (*Punica granatum* L.), utilizando la técnica de acolchado del suelo. I Symposium Internacional sobre el granado. Orihuela (Alicante).
- Melgarejo, P.; Martínez, J.; Martínez, J.J.; Martínez-Valero, R. y Amorós, A. 1998.** Estudio de la capacidad de enraizamiento de once clones de granado (*Punica granatum* L.) utilizando la técnica de acolchado del suelo. I Symposium Internacional sobre el granado. TC-04. Orihuela (Alicante).
- Melgarejo, P.; Martínez, J.J.; Hernández, F.; Salazar, D.M. y Martínez, R. Preliminary results on fig soil-less culture. 2007.** Scientia Horticulturae. 11, 255-259.
- Sánchez Blanco, M.J. y Torrecillas, A. 1995. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos.** Colección cuadernos Value 1. Mundi Prensa/Unión europea, pp.43-46.
- Van den Heede y Lecourt, M. 1981.** El estaquillado. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.