

INFORME DE ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE NUEVAS TÉCNICAS ECOEFICIENTES PARA EL CULTIVO DE CÍTRICOS



Región de Murcia
Consejería de Agricultura y Agua



ÍNDICE

1. OBJETIVOS	3
2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	3
2.1. Introducción	3
2.2. Antecedentes	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
5.1. Material vegetal y características principales de la plantación.....	7
5.2. Invernáculo	7
5.3. Acolchado plástico del suelo.....	8
5.4. Sistema de riego.....	8
5.5. Equipamiento de control	8
2.1. Metodología estadística utilizada y diseño experimental	9
3. RESULTADOS	10
3.1. Desarrollo del árbol.....	10
3.2. Producción de frutos bajo malla con y sin acolchado plástico.	11
3.3. Producción de frutos bajo malla sin acolchado plástico y producción de frutos en el exterior y sin acolchado plástico.	11
3.3. Características de los frutos	12
3.6. Consumo de agua	13
3.7. Consumo de energía eléctrica	13
3.8. Consumo de herbicidas.	14
3.9. Consumo de pesticidas.....	15
3.10. Labores de cultivo.....	15
3.11. Emisiones de CO ₂ a la atmósfera	16
3.12. Consumo de fertilizantes	19
4. CONCLUSIONES.....	21
5. BIBIOGRAFÍA	23



1. OBJETIVOS

Los objetivos propuestos en el Proyecto son:

- a) Realizar un estudio bibliográfico sobre técnicas de ahorro de agua y energía aplicables a los cultivos de agríos de la Región de Murcia mediante sistemas de cultivo de árboles con cobertura plástica del suelo y sistemas de cultivo de árboles bajo mallas.
- b) Realizar ensayos concretos con la mandarina *Clemenrubí*, que permitan observar la aplicación práctica de los sistemas de cultivo ecoeficientes indicados en el apartado anterior.
- c) Preparar un documento resumen con los resultados obtenidos y las ventajas de las nuevas técnicas de cultivo ecoeficientes.

2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

2.1. Introducción

Dada la escasez de agua existente en la Región de Murcia y en muchas ocasiones la mala calidad de las aguas utilizadas en los regadíos, se ha considerado la posibilidad de abordar un sistema innovador para el cultivo de cítricos, utilizando para ello una nueva variedad de mandarino conocida con el nombre de Pri-23 o Clemenrubí. La idea se basa en combinar el efecto beneficioso de la cobertura mediante mallas en el cultivo de los cítricos y la utilización de la cobertura del suelo mediante una lámina de polietileno negro. Con el ambiente obtenido en la parte aérea de las plantas se persigue incrementar el desarrollo de éstas y la producción de frutos, esperándose obtener un crecimiento superior al normal y una mayor cantidad y calidad de la cosecha, y con el ambiente que se obtendrá en la zona radicular se persigue obtener un óptimo desarrollo del sistema radicular, reducir al máximo la evaporación de agua y la presión osmótica, obteniéndose no sólo unas



condiciones óptimas para el desarrollo del sistema radicular sino que además se espera conseguir un ahorro de más del 50% del agua necesaria para el cultivo. Al mismo tiempo, la combinación de ambas técnicas de cultivo permitirán, además de las ventajas citadas, la reducción tanto de plagas como de enfermedades, con el consiguiente ahorro en pesticidas, el ahorro en el uso de herbicidas al existir una cubierta que evita el crecimiento de malas hierbas en la zona de cultivo y una reducción importantísima de la erosión, al no tener que realizar labores de cultivo y al estar el suelo cultivado protegido por una cubierta plástica; todo esto constituye no sólo una alternativa medioambientalmente ecosostenible, que reduce considerablemente el uso de plaguicidas y de herbicidas, sino que además consigue un ahorro energético considerable por el gran ahorro de agua que se obtendrá, agua que no tendrá que ser bombeada hasta la finca y que tampoco tendrá que ser bombeada en la propia finca, lo que unido a un ahorro en fertilizantes supone un importante ahorro energético.

Asimismo al estar el cultivo protegido se eliminan los riesgos de daños por granizo, quemaduras por el sol y rozaduras por viento, reduciéndose considerablemente los riesgos de daños por heladas.

En consecuencia, el proyecto presentado se considera absolutamente innovador en la citricultura española y mundial, y los resultados obtenidos podrán no sólo extenderse al cultivo del mandarino sino también a otros frutales, lo que resulta del máximo interés para el desarrollo de la fruticultura de la Región de Murcia y en general para cualquier zona árida como la nuestra.

2.2. Antecedentes

Las distintas situaciones de sequía que se han sufrido y vienen sufriendose en distintas partes del territorio nacional, así como la marcada escasez de agua que existe en el Sureste español, ha hecho que haya aumentado el interés, tanto por parte de las administraciones como por parte de la comunidad científica, por estudiar y mejorar la eficiencia del agua en la agricultura.



Son varios los estudio/ensayos que en los últimos años se han iniciado para buscar técnicas de cultivo que impliquen o bien un ahorro de agua o bien una mayor eficiencia de la misma.

Si bien el uso de los materiales plásticos en agricultura, como cortavientos, defensa contra pedrisco, heladas, acolchado en cultivos hortícolas con la finalidad de forzar la producción, etc. es una técnica que ha sido ampliamente utilizada desde hace muchos años, su uso en fruticultura no está tan extendido. Las mallas de plástico en el cultivo de frutales y vid se empezaron a utilizar como defensa ante el granizo y otros accidentes meteorológicos.

Son escasos los trabajos publicados sobre el uso de cobertura plástica del suelo como técnica de ahorro de agua en cultivos arbóreos y del cultivo de frutales bajo malla.

En **cítricos**, algunos autores como Richardson y Mooney (1992), estudiaron el efecto del acolchado con PE negro en una plantación de mandarina Satsuma, obteniendo como resultado del ensayo una reducción en la pérdida de agua y un aumento de la densidad radicular.

Nakhalla y Ghali (1996), estudiaron el efecto del acolchado en W. Navel, concluyendo en su estudio que el acolchado producía un aumento en cosecha y tamaño de los frutos.

Mostert (1993) en un ensayo realizado sobre la variedad Valencia Late, en el que cubría con plástico unos 20 m² por árbol, consiguió un ahorro anual de agua del 24%, viéndose la producción escasamente reducida y no resultando afectado el tamaño del fruto.

Trénor, *et al.*(1998), en un ensayo realizado sobre el cultivo de las variedades Marisol y Oronules bajo cubierta de malla pone de manifiesto que ambas variedades cultivadas bajo malla presentaron frutos de mayor peso y diámetro. Además de observarse que las caídas de junio fueron menores. No presentaron los frutos obtenidos variaciones importantes en cuanto al contenido en sólidos solubles, acidez, índice de madurez y color.



El equipo de citricultura, del IMIDA, está llevando a cabo un proyecto de investigación sobre “Técnicas de cultivo para la mejora de la calidad en limonero y pomelo” bajo la dirección del Dr. Porras, en el cual se pone de manifiesto que en el cultivo del limonero Chaparro injertado sobre *C. macrophylla*, bajo malla, en una plantación de dos años de edad, se ha obtenido una primera cosecha de 24,9 kg/árbol, frente a los 13,4 kg/árbol que presentaron los árboles testigo (fuera de la malla).

Ferrer *et al.*(2004), en un ensayo realizado sobre la mandarina Oronules injertada sobre Citrange Carrizo, con meseta corrida y cobertura plástica negra (PE de 300 galgas) constataron, tras 4 años de estudio, un mayor crecimiento del patrón, un crecimiento más rápido de la parte correspondiente al injerto, un anticipación, en la menos un año, de la entrada en producción y una mayor producción en cada uno de los años que se evaluó.

El IRTA, también ha iniciado en este año 2008, estudios para mejorar la eficiencia del agua en agricultura en el cultivo de **melocotonero**. Para ello está ensayando mallas de sombreado y mallas reflectantes, no disponiendo todavía de datos publicados.

En la finca Experimental “Agua Amarga”, en Cieza, se está llevando a cabo un ensayo de variedades de **mecolotón y nectarina** bajo malla, con el fin de conseguir una mayor eficiencia del agua de riego.

Melgarejo *et al.* (1999), estudian la capacidad de enraizamiento de once clones de granado con cobertura plástica del suelo, concluyendo que además de obtener plantas con mayor crecimiento, los costes totales se redujeron en un 37%, de los que una buena parte se debían al gasto de agua y al control de malas hierbas.

Finalmente, en 2005 se realiza un proyecto de investigación para la plantación y ejecución de las obras necesarias para la implantación del nuevo sistema de cultivo bajo mallas y con cobertura plástica del suelo, plantación en la que actualmente se han realizado los estudios objeto de este informe (Martínez, 2005).



3. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Material vegetal y características principales de la plantación

La especie a utilizar es mandarina, ensayándose el cultivar Clemenrubí. Esta variedad pertenece al grupo de las clementitas y es la más temprana de este grupo en la actualidad, siendo de reciente obtención; su recolección se viene realizando en el mes de septiembre.

El cultivo en el proyecto citado se realiza sobre mesetas y con acolchado plástico; el marco de plantación es de 5 x 3 m, el sistema de riego es por goteo, utilizándose 2 goteros autocompensantes y antidrenantes de 4 l/h por cada planta en árboles del interior del invernáculo y con cobertura plástica y 4 goteros por planta en los que no tienen cobertura plástica. En los árboles del exterior, utilizados como testigo (sistema tradicional) también se han utilizado 4 goteros por planta.

5.2. Invernáculo

El invernáculo está construido mediante tubo de acero galvanizado y mallas blancas, cuyas características fundamentales son:

- Tubo exterior del perímetro de diámetro 90 mm y 3 mm de espesor de pared, con 5 m de altura total y 4,5 m sobre la superficie del terreno con hoyos de hormigonado de unos 2 m de profundidad y separación de 5 m entre ellos.

- Tubo interior de semicentros de diámetro 76 mm y 2 mm de espesor de pared, con 6 m de altura total y 5,5 m sobre la superficie del terreno con hoyos de hormigonado de unos 0,8 m de profundidad, separados 5 m en las calles y 8 m en las filas.

- Tubos de 76 x 2 mm de diámetro y espesor de pared, para laterales de bandas, colocados verticalmente y separados 10 m entre sí, soldados a los de



90 mm del perímetro indicados anteriormente y a los de 76 mm de semicentros también citados anteriormente.

- Puertas correderas.

- Malla del 6 x 6 mosquitera blanca para techo y del 6 x 9 mosquitera blanca para bandas. Las mallas de las bandas podrán elevarse hasta una altura de 4 m.

La superficie cubierta por el invernáculo será de unas 2,5 ha.

5.3. Acolchado plástico del suelo.

El acolchado de las mesetas de cultivo se realizará mediante lámina de polietileno negro lineal de 400 galgas de espesor, utilizando rollos de 3,7 m de anchura.

5.4. Sistema de riego

El sistema de riego utilizado será el riego por goteo, que dispone de 2 sectores de riego que serán controlados desde una caseta existente donde se instalarán el cuadro eléctrico, cabezal de fertirrigación y automatismos del sistema.

5.5. Equipamiento de control

Se instalaron sondas de succión para el control de la solución del suelo, utilizadas en nuestro caso para conocer tanto la existencia de solución nutritiva a nivel radicular como su pH y CE.

Diferentes grupos de tensiometros a distintas profundidades para el control de la humedad del suelo. Con ello se pretende realizar el seguimiento de la humedad del suelo y utilizar la información para la programación del riego. Se han instalado grupos de tensiometros a 30 y 60 cm de profundidad, realizando un control semanal de la humedad del suelo.



2.1. Metodología estadística utilizada y diseño experimental

Una vez obtenidos los datos en campo o en laboratorio, se tabulan para posteriormente introducirlos en un programa informático estadístico.

Para cada una de las variables y antes de proceder a su análisis se ha efectuado una depuración de datos, para comprobar si hay algún error en la toma de datos o en la tabulación de los mismos (una de las herramientas utilizadas para ello ha sido el gráfico box and whisker).

A continuación se ha procedido a efectuar un análisis estadístico de tipo descriptivo, calculando algunas medidas de posición (fundamentalmente medias) y también de dispersión (especialmente desviación típica, y a partir de ésta y de la media el coeficiente de variación). También se han realizado algunos gráficos del tipo histograma, box and whisker, etc. Con este tipo de análisis descriptivo además de resumir los datos, adquirimos una idea de cómo se distribuyen y se comportan las variables estudiadas.

El siguiente paso fue proceder a efectuar inferencia estadística mediante análisis de la varianza (ANOVA). Para efectuar el análisis de la varianza previamente se ha testado el comportamiento de las variables dependientes a analizar, fundamentalmente mediante comprobación de la normalidad y homocedasticidad de los datos. En general, se cumplen los requisitos necesarios para que pueda aplicarse un ANOVA. El nivel de confianza utilizado es del 95%.

Respecto al diseño experimental ha sido el siguiente:

a) Parámetros medidos en los árboles: altura, diámetro medio de la copa, diámetro medio del tronco.

Comparación de los árboles cultivados (n=30) bajo malla y con acolchado plástico (T1) frente a árboles (n=10) cultivados en el exterior sin acolchado plástico (T2). Permite analizar el efecto del acolchado plástico y de la malla.



b) Comparación dentro del invernáculo de árboles cultivados con acolchado plástico (T1) (8 repeticiones y cada repetición 7 árboles) frente a árboles cultivados sin acolchado plástico (T2) (8 repeticiones y cada repetición 7 árboles). Se han realizado 3 recolecciones. Permite apreciar el efecto de la presencia/ausencia del acolchado plástico bajo malla.

c) Comparación de árboles, cogidos en diagonal, dentro del invernáculo sin acolchado plástico, T1 (n=16) y árboles en el exterior sin acolchado plástico, T2 (n=10). Se han realizado tres recolecciones. Permite apreciar el efecto de la presencia de acolchado plástico bajo malla. Debe tenerse en cuenta que en este tratamiento la cobertura plástica existió desde la plantación en abril de 2005 hasta hace 7 meses en que se diseñó este experimento.

3. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados de los datos obtenidos, agrupados en tratamientos según los objetivos planteados.

3.1. Desarrollo del árbol

A continuación se exponen los valores medios obtenidos para los parámetros altura del árbol, diámetro medio del tronco y diámetro medio de la copa. Estas medidas se han realizado el día 11/11/2008.

Tabla 1. Desarrollo del árbol (11/11/2008)

Tratamiento	D. medio de tronco (mm)	Altura media del árbol (m)	D. medio de copa (m)
T1	72,39±6,06 a	1,93±0,10 a	2,59±0,19 a
T2	52,42±4,78 b	1,43±0,11 b	1,59±0,18 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.



De la tabla anterior se deduce que la técnica de cultivo bajo malla con acolchado plástico del suelo induce un crecimiento significativamente superior a la técnica de cultivo tradicional sobre mesetas.

El crecimiento del diámetro medio de tronco con esta nueva técnica de cultivo se ha incrementado en un 27,59%. La altura media del árbol con la nueva técnica se ha incrementado en un 25,85% y el diámetro medio de copa en un 38,65%.

3.2. Producción de frutos bajo malla con y sin acolchado plástico

En la Tabla 2 se exponen los resultados referentes al peso total de frutos recolectados en cada repetición y tratamiento, así como la producción acumulada en los dos tratamientos ensayados.

Tabla 2. Producción de frutos bajo malla con y sin acolchado plástico

Tratamiento	Producción media por repetición (Kg)	Producción acumulada (Kg)
T1	292,38±31,95 a	2.339,07
T2	287,70±40,51 a	2.301,60

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza.

No existen diferencias significativas entre los dos tratamientos.

3.3. Producción de frutos bajo malla sin acolchado plástico y producción de frutos en el exterior y sin acolchado plástico

En la Tabla 3 se exponen los resultados referentes a la producción media por árbol en cada tratamiento.



**Tabla 3. Producción acumulada de frutos por árbol y tratamiento
(11/09/2007)**

Tratamiento	Producción media por árbol (Kg)
T1	41,10 a
T2	34,50 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

La producción por hectárea, el consumo de agua por hectárea y la eficiencia productiva del agua utilizada se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Producción de fruta y eficiencia del agua. Año 2008

Tratamiento	Producción (Kg/ha)	Gasto de agua (m ³ /ha)	Eficiencia del agua (Kg/m ³)
Bajo malla+plástico	26.733	1.969,36	13,57
Bajo malla sin plástico	26.304*	3.497,58	7,52
Sin malla ni plástico	23.000	3.978,72	5,84

*: A este tratamiento se le quitó la cobertura plástica en abril de 2008

3.3. Características de los frutos

Aunque no forma parte de los objetivos de este estudio, la información obtenida del análisis de frutos pone de manifiesto que los frutos en el interior del invernáculo consiguen alcanzar el tamaño e índice de madurez adecuado con antelación a los que se cultivan en el exterior. Asimismo, los frutos obtenidos de árboles cultivados en el interior del invernáculo con cobertura plástica alcanzan su tamaño comercial e índice de madurez unos días antes que los frutos de árboles sin cobertura plástica.



3.6. Consumo de agua

En la Tabla 5 se expone el consumo anual de agua durante el año 2008, teniendo en cuenta que en el mes de diciembre se ha estimado el gasto en función de la programación existente.

Tabla 5. Gasto de agua (m³/ha). Año 2008

Sistema de cultivo	Gasto de agua (m³/ha)
Cultivo bajo malla y con acolchado plástico	1.969,36
Cultivo bajo malla y sin acolchado plástico	3.497,58
Cultivo al aire libre sin acolchado plástico	3.938,72

3.7. Consumo de energía eléctrica

El agua es generalmente impulsada desde los ríos y embalses (pantanos) hasta los embalses de las propias fincas o de las comunidades de regantes. En esta operación existe un consumo de energía que depende de la altura manométrica de la elevación.

El bombeo de agua en la propia explotación agraria es variable, dependiendo de la orografía y del diseño del sistema de riego.

Por tanto el agua utilizada para el riego a presión ha de ser impulsada dos veces en la mayoría de los casos.

El consumo energético en la explotación agrícola normal, que utilice sistemas de riego a presión, será proporcional al consumo de agua. Del ensayo realizado y observando los resultados de gasto de agua expuestos en la Tabla 5, se deduce que el consumo energético en el cultivo tradicional de mandarina Clemenruby (al aire libre y con mesetas de cultivo) es el doble que en el nuevo sistema de cultivo (bajo mallas y con cobertura plástica), mientras que en el cultivo bajo mallas y sin cobertura plástica el consumo energético es el un 11,20% inferior al cultivo tradicional.



Las cifras del consumo energético reales medidas en el ensayo, considerando únicamente la parte del consumo energético que figura en el recibo de la empresa suministradora son las siguientes:

Tabla 6. Consumo eléctrico anual

Tratamiento	kW h	Ahorro respecto al cultivo tradicional (kW h)	Ahorro respecto al cultivo tradicional (%)
Invernáculo+acolchado plástico	964,5	964,5	50
Invernáculo sin acolchado	1.712,9	216,0	11,2
Cultivo tradicional	1.929,0	0,0	0,0

3.8. Consumo de herbicidas

Como ya se indicó anteriormente, el marco de plantación es el de 3 x 5 m y la plantación tanto en el interior del invernáculo como en el exterior está realizada sobre mesetas de cultivo, y éstas tienen una base de 2,5 m. De lo expuesto se deduce que las mesetas de cultivo dejan una calle libre de 2,5 m.

Por tanto en el nuevo sistema de cultivo (mallas y cobertura plástica parcial del suelo), existe una franja de terreno de 2,5 m en la que al estar protegida por el film plástico no se produce el crecimiento de malas hierbas, razón por lo que no es necesario realizar tratamientos herbicidas en esta zona. En consecuencia, si la técnica de cultivo habitual para la eliminación de malas hierbas es la escarda química, el nuevo sistema permite ahorrar un 50% de herbicidas.

Además de lo indicado, la cubierta plástica reduce considerablemente la evaporación de agua tanto de la superficie del suelo como a través de la vegetación espontánea, como se indica en la Tabla 5.

La utilización del nuevo sistema unido al sistema de no laboreo del suelo presenta ventajas adicionales como son: reducción del tiempo necesario para



entrar en la parcela de cultivo tras una lluvia así como una reducción en el uso de productos herbicidas a medida que transcurren los años.

3.9. Consumo de pesticidas

El nuevo sistema de cultivo resulta muy eficaz para la protección del cultivo frente a plagas, habiéndose comprobado durante el año 2008 la nula incidencia de plagas en los árboles cultivados bajo malla, a excepción de un foco de araña roja existente con anterioridad y que todavía no ha sido eliminado. En consecuencia, en el invernáculo sólo se han realizado 2 tratamientos contra este ácaro, mientras que en el exterior se realizaron 2 tratamientos contra ácaros y 2 contra pulgones y cochinillas.

La plaga más temible en este momento para la mandarina es la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* L.), y en este caso su incidencia ha sido nula en el interior del invernáculo, ya que las mallas dificultan o impiden que el insecto entre en el interior. Este aspecto ha quedado demostrado por la colocación de 50 mosqueros por hectárea, provistos de cebo e insecticida; en ellos se ha comprobado un nivel de capturas despreciable, frente al nivel de capturas encontrado en los mosqueros de los árboles situados en el exterior, y aunque en ningún caso fue preciso realizar otros tratamientos, ha quedado demostrado que el número de mosqueros en el interior del invernáculo para prevenir el ataque a los frutos podría reducirse notablemente frente al número necesario en el exterior, aspecto que podría ser estudiado en próximos años, no sólo como una medida de ahorro económico, sino también como una medida de ahorro energético, ya que la fabricación del propio mosquero, del insecticida y del cebo conlleva un consumo de energía.

3.10. Labores de cultivo

En el cultivo tradicional donde se realiza el laboreo del suelo suelen darse 2-4 pasadas de cultivador para mantener las calles libres de malas hierbas, además de utilizar herbicidas en la zona de mesetas (en las filas) para



eliminar las malas hierbas, y también para reducir la evaporación de agua del suelo.

En el cultivo tradicional, cuando se opta por el no laboreo se han de tratar las calles y las filas (las mesetas) con herbicidas. Sin embargo, en el nuevo sistema de cultivo, en el que se ha optado por el no laboreo, la superficie de suelo tratado con herbicidas es el 50% de la superficie de cultivo, tal como se ha expuesto en 3.8.

El hecho de que se opte por el no laboreo en el nuevo sistema de cultivo presenta una doble ventaja; por un lado la zona de las mesetas no precisan tratamiento herbicida alguno y la zona de las calles (50% de la superficie) no precisan labranza alguna, con lo que se obtienen beneficios añadidos, como son: la práctica eliminación de la erosión del suelo (una parte protegida por el film plástico y otra no labrada) y la reducción de las labores de cultivo en las calles. Ambos beneficios suponen ventajas medioambientales importantes.

En este caso, la eliminación de las labores de cultivo supone un importante ahorro energético y por ende evitan las emisiones de CO₂ que la combustión del gasoil origina.

Además en este experimento se ha optado por triturar la leña de poda para evitar su quema y consecuente emisión de CO₂ a la atmósfera, consiguiendo además los beneficios adicionales que se indican en el apartado siguiente.

3.11. Emisiones de CO₂ a la atmósfera

La adopción de técnicas de cultivo de conservación en los sistemas agrícolas pueden reducir las emisiones de CO₂ por parte del suelo a la atmósfera, minimizando las pérdidas de carbono y mitigando el efecto invernadero.

La agricultura es responsable del 11-15% de las emisiones a la atmósfera de gases efecto invernadero. A escala mundial, el sector agrícola



produce sólo la quinta parte de los gases de invernadero, siendo el metano y óxido nítrico los causantes del 50 al 70% de las emisiones y el CO₂ del 5% (Cole, 1996).

Cuanto menos se labra el suelo, absorbe y almacena más carbono y por consiguiente sintetiza más materia orgánica, lo que a largo plazo aumenta su capacidad productiva, a la vez que se disminuye el CO₂ que se libera a la atmósfera.

Es por ello que el acolchado plástico que se ha utilizado en este ensayo, así como el no laboreo y la trituración de la leña de poda, son dos técnicas de cultivo que disminuyen la emisión de CO₂ a la atmósfera.

La técnica de acolchado plástico en el ensayo realizado cubre la mitad del suelo cultivado, siendo la superficie libre el 50% restante.

Se ha estimado el consumo de gasoil por hora de trabajo a partir del criterio establecido por el ASAE (2001) y para el caso de **laboreo** del suelo mediante cultivador, se ha utilizado un tractor de 80CV de potencia en la toma de fuerza. Por lo que si comparamos esta nueva técnica de cultivo con la tradicional obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 7. Estimación de la emisión de CO₂ (Kg/ha), según la técnica de cultivo utilizada para eliminar las malas hierbas.

TÉCNICA DE CULTIVO	Emisión de CO₂ (Kg/ha)
Nueva Técnica mediante acolchado plástico	
Sin laboreo	0
Con laboreo (entre 2 y 4 pases de cultivador)	79,38-158,77
Cultivo tradicional con laboreo en toda la superficie (entre 2 y 4 pases de cultivador)	158,77-317,54

A la vista de la tabla anterior se aprecia que con esta nueva técnica de cultivo la disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera debido al laboreo del



suelo es del 25-50% en el caso de practicar el laboreo, o bien la disminución es del 100% si se practica el no laboreo.

Respecto a la leña podada se tienen dos alternativas, o bien se quema o se tritura. La primera opción conlleva una importante emisión de CO₂ a la atmósfera, además de un despilfarro de materia orgánica que podría incorporarse al suelo para aumentar su contenido. La segunda alternativa, es decir la trituración de la leña de poda supone una menor emisión de CO₂ a la atmósfera, a la vez que un aumento del contenido en materia orgánica del suelo, con todas las ventajas físicas, químicas y biológicas que eso conlleva para el suelo agrícola. Además de estas ventajas, existen otras nada despreciables como son la creación de una capa de restos de poda (mulching) que reduce las pérdidas de agua del suelo, disminuye el crecimiento de malas hierbas y dificulta la erosión del suelo.

A continuación se muestra una comparación, en cuanto a la emisión de CO₂ a la atmósfera, entre las dos alternativas indicadas, es decir, entre la quema de la leña y la trituración. Se ha considerado para estimar la emisión de anhídrido carbónico las mismas hipótesis que en el caso anterior, con la excepción de que ahora se ha utilizado un tractor de 100CV de potencia en la toma de fuerza, ya que el apero que realiza el triturado exige mayor potencia.

Tabla 8. Estimación de la emisión de CO₂ (Kg/ha), según la técnica de eliminación de la leña de poda elegida.

Técnica de cultivo	Emisión de CO₂ (Kg/ha)
Triturado de la leña de poda	79,41
Cultivo tradicional con quema de leña de poda	1.110,56

Como se observa en la Tabla 8, la quema de restos de poda (habitual en nuestra agricultura) supone una emisión de CO₂ a la atmósfera 14 veces superior a la de la técnica de triturado.

La materia orgánica existente en el suelo se transforma en humus mediante el proceso denominado humificación, y éste sufre a su vez el proceso



de mineralización, dando como resultado elementos minerales, H₂O, NO₃⁻, CO₂, etc. Uno de los factores que influye en la velocidad de humificación y mineralización es el laboreo, por lo que éste contribuye a incrementar la oxidación del carbono existente en el suelo y por lo tanto aumenta la liberación de CO₂. Sin embargo, resulta difícil cuantificar cual es ese incremento, ya que, en cada caso afectan distintos factores y con diferente intensidad.

3.12. Consumo de fertilizantes

Los fertilizantes utilizados en la plantación durante el año 2008 han sido los siguientes: nitrato amónico, sulfato amónico, nitrato cálcico, nitrato potásico, sulfato potásico, ácido fosfórico y quelatos de Fe (6%), Zn (10%) y Mn (13%).

Las unidades fertilizantes (UF) de los macronutrientes aportados figuran en la tabla siguiente:

Tabla 9. Unidades fertilizantes aportadas

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
UF/ha	177,3	124,8	107	21,2

Aunque el experimento corresponde a un solo año, y con la cautela que se debe tener por ello, haremos una observación de gran importancia considerando tanto los valores expuestos en la tabla anterior como las aportaciones normales en nuestros suelos para obtener una cosecha de unas 30 t/ha; para esta producción, que está próxima a la obtenida con el nuevo sistema de cultivo estudiado (mallas y cobertura plástica del suelo) las necesidades de N se cifran en al menos 220 UF/ha, y en este caso el ahorro en este nutriente ha sido del 24%, lo que se atribuye al propio sistema, siendo esto de gran interés tanto por el aspecto económico como por el posible efecto negativo de los nitratos sobre la contaminación de los acuíferos y por el ahorro de energía que se obtiene en su fabricación, disminuyendo por este motivo las emisiones de CO₂ que se producirían en la misma.



Además los análisis foliares realizados (6/11/08) en 16 muestras obtenidas de la parcela con el nuevo sistema de cultivo nos indican que los niveles foliares de N, P₂O₅ y K₂O alcanzan niveles medios altos, lo que indica que la fertilización realizada es suficiente para el tamaño de las plantas y la cosecha obtenida. Cosecha que es superior en un 16,2% a la obtenida en el sistema de cultivo tradicional y con los mismos aportes de fertilizantes, aunque en este último caso se gastó el doble de agua.

Los quelatos indicados contienen una riqueza del 6%, 10% y 13%, respectivamente, y la aportación por hectárea de los elementos quelatados es la que se expone en la tabla siguiente:

Tabla 10. Aplicación de quelatos

	Dosis (Kg/ha)	Riqueza (%)	Total elemento (Kg/ha)
Zitrilon 10 N	2,0	6	0,06
Disper Mn	2,0	10	0,10
Disper Fe	2,0	13	0,13

Las aportaciones de quelatos en los cítricos, especialmente los indicados, resultan esenciales para obtener árboles sanos y cosechas adecuadas. En este caso, los aportes realizados resultan prácticamente insignificantes, tal como se observa en la Tabla 10. Sin embargo, los análisis foliares realizados en árboles con el nuevo sistema de cultivo, indican que el Zn se encuentra en un nivel normal-bajo, lo que denota que habrá que aumentar ligeramente la dosis de este elemento durante la próxima primavera, que el nivel de Mn es normal y que el nivel de Fe es alto, poniendo de manifiesto que este elemento, que suele causar problemas de déficit en suelos calizos, como los nuestros, al igual que en otros ensayos realizados por nuestro equipo, incrementa su porcentaje en la forma asimilable por la planta (Fe⁺⁺) gracias a las condiciones reductoras que se producen en el nuevo sistema de cultivo. Este aspecto resulta del máximo interés no sólo por el coste de este elemento en forma quelatada sino por la influencia que tanto éste como los anteriores



microelementos citados pueden tener sobre la producción y el estado vegetativo de los árboles.

4. CONCLUSIONES

1. El diámetro medio de tronco con esta nueva técnica de cultivo se ha incrementado en un 27,59%. La altura media del árbol con la nueva técnica se ha incrementado en un 25,85% y el diámetro medio de copa en un 38,65%.

2. No se han encontrado diferencias medias significativas en la producción de frutos en cultivo bajo malla con y sin acolchado plástico, aunque este aspecto habrá que comprobarlo en años sucesivos ya que el que el plástico en el segundo tratamiento fue retirado en el mes de abril de 2008 y durante los dos años anteriores tuvo esta cobertura.

3. La producción con el nuevo sistema de cultivo es superior a la del cultivo tradicional en un 16,2%, obteniéndose además mayor precocidad de la cosecha, aspecto de gran interés en variedades tempranas.

4. El sistema tradicional consume el doble de agua (3.938,72 m³/ha) que el nuevo sistema de cultivo (1.969,36 m³/ha), en el que además se obtienen mayores producciones. De aquí se deduce que en la Región de Murcia se podrían obtener grandes ahorros de agua y energía implantando esta nueva técnica en las plantaciones frutales.

5. El ahorro del nuevo sistema de cultivo frente al tradicional fue del 50% en el año 2008.

6. El consumo de pesticidas y de herbicidas en el nuevo sistema de cultivo es significativamente inferior al del cultivo tradicional.

7. Con la nueva técnica de cultivo se evita el laboreo del suelo, lo que conlleva una eliminación de las emisiones de CO₂ a la atmósfera por este concepto, mientras que en el cultivo tradicional éstas se han estimado entre 158,77 y 317,54 Kg de CO₂/ha.



8. Con la nueva técnica de cultivo la leña de poda no se quema, sino que se tritura y se deja en el suelo, formando un mulching. Con ello la emisión de CO₂ se reduce 14 veces frente al sistema tradicional de cultivo.

9. Con la nueva técnica de cultivo se ha obtenido un ahorro de nitrógeno del 24% frente a las UF recomendadas en el sistema de cultivo tradicional, lo que supone importantes ventajas económicas y ecológicas.

10. Con el nuevo sistema de cultivo el contenido hierro foliar se incrementa notablemente debido a las condiciones reductoras generadas, lo que supone una importantísima ventaja para la nutrición frutal en suelos calizos como los de la Región.



5. BIBIOGRAFÍA

- Agroinformación.com. Noticias. Jornadas sobre melocotonero y agua. 24/10/2008.
- Amorós, M. 1995. Producción de agrrios. E. Mundi-Prensa. 286 pp. Madrid.
- ASAE. 2001. Agricultural Engineers Yearbook. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph. Michigan.
- Cole, C.V. 1996. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. Chapter 23 p. 745-771. In "Climate change 1995: Impacts, adaptation and mitigation of climate change: Scientific Technical analyses", IPCC Working Group II, Cambridge University Press, UK.
- Domínguez, A. 1993. Fertirrigación. E. Mundi-Prensa. 217 pp. Madrid.
- Ferrer, P.J., Villalba, D y García, A. 2004. Efectos en el cultivo de los cítricos del acolchado del suelo con plástico negro. Fruticultura profesional, nº 140 págs: 35-40.
- Legaz, F. Primo, E. 1988. Normas para la fertilización de los cítricos. Fullñet divulgació nº 5-88. 29 pp. Generalidad Valenciana.
- Martínez, J.J. 2005. Nuevo sistema de cultivo de cítricos bajo mallas y con cobertura plástica del suelo en la alquibla, t.m. de Ojós (Murcia). Proyecto de Investigación. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Melgarejo, P.; Martínez, J.J.; Martínez, R.; Martínez Valero, R. y Amorós, A. 1990. Study of the rooting capacity of eleven pomegranate (*Punica granatum* L.) clones, using plastic to cover the soil. Options méditerranéennes. CIHEAM. 169-173-
- Memoria de actividades I+ D 200-2001. Centro de Investigaciones y Desarrollo Agroalimentario.
- Mostert, P.G. 1993. Mulching in citrus culture. Inligtingbulletin Instituut vir Tropiese en Subtropiese Gewase, South Africa. Special Edition, 11-14.
- Nakhalla, F.G. y Ghali, M.N. 1996. Evaluation of perforated polyethylene Munch on loamy sand soli under drip irrigated orange trees. 2. Soil



Región de Murcia

Consejería de Agricultura y Agua

Fomento de Medio Ambiente y Cambio Climático

termal regime and moisture, root distribution and tree productivity. *Annals of Agricultural Science*. Egypt, 1099-1116.

Richardson, A.C. y Money, P.A. 1992. Efect of modified soil and canopy temperatures on Satsuma mandarin. *Proceedings of the International Society of Citriculture*. Volume 1. 7TH International Citrus Congress. Catania. Italy. 435-438.

Trenor, I., Zaragoza, S. Cortés de Lacour P. y Clarí, A. 1998 Cultivo de variedades Marisol y Oronules bajo cubierta de malla. *Revista Comunitat Valenciana Agraria* N° 11 pág 3-11.