



Análisis Financiero del Riego Deficitario Controlado en frutales

Proyecto Final de Carrera

Cartagena, octubre de 2017

Autora:

Isabel Ruzafa Abellaneda

Director:

Francisco José Alcón Provencio

Este proyecto ha sido posible gracias a la financiación del Proyecto LIFE_IRRIMAN. LIFE ENV/ES/000539.

Resumen

El uso y gestión del agua constituye un gran desafío en zonas de escasez hídrica. La agricultura es una de las actividades que más agua consume, y por ello es necesario diseñar estrategias para un uso eficiente de este recurso en regadío. El riego deficitario controlado (RDC) es una de las estrategias usadas para ahorrar agua en agricultura. Esta estrategia se basa en aportar una menor cantidad de agua a la planta dependiendo de la fase de cultivo en la que se encuentre sin que el rendimiento se vea alterado de forma considerable. Pero para que estas estrategias sean adoptadas por los agricultores han de ser técnica y económicamente rentables.

En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es evaluar económicamente el uso de RDC en peral y frutales de hueso como el melocotonero, albaricoquero y paraguay. Para alcanzar el objetivo se han utilizado los datos obtenidos en un experimento de campo en el cual se comparan tres tratamientos de riego. Un tratamiento aplicado por el agricultor, otro que satisface el 100% de la ETc y el último de riego deficitario controlado donde se aportaba un 100% del agua necesaria para el cultivo excepto en algunas fases que no perjudican la producción final del frutal.

Los resultados indican que el ahorro de agua en los tratamientos de RDC es hasta del 6% sin mermas significativas de producción o calidad. Además, se han estimado menores costes de producción en los tratamientos RDC. Por ello, al precio actual del agua de riego, los tratamientos con RDC son más rentables.

En la evaluación económica de la inversión en el cultivo se ha obtenido que el margen bruto es mayor en los tratamientos RDC y que la productividad económica del agua (EWP) es muy superior en los tratamientos RDC frente al control. Del análisis de sensibilidad se extrae que la rentabilidad de la inversión se vería afectada en menor medida si sube el precio del agua en los tratamientos de RDC.

Índice

| | |
|---|-----|
| Índice..... | iii |
| Índice de figuras | v |
| Índice de tablas..... | vi |
| Capítulo 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Justificación del proyecto | 2 |
| 1.1.1 Escasez de agua en el mundo..... | 2 |
| 1.1.2 Escasez de agua en España y regiones mediterráneas..... | 3 |
| 1.1.3 Escasez de agua en la Región de Murcia | 5 |
| 1.1.4 El agua y la agricultura | 7 |
| 1.2 El riego deficitario controlado (RDC) | 9 |
| 1.2.1 Fundamentos del RDC | 10 |
| 1.2.2 Estudios previos | 13 |
| 1.3 Objetivos | 15 |
| Capítulo 2. Metodología..... | 17 |
| 2.1. Metodología del trabajo de campo..... | 18 |
| 2.1.1. Material vegetal..... | 18 |
| 2.1.2 Descripción del experimento..... | 23 |
| 2.1.3 Estrategias de RDC aplicadas | 25 |
| 2.1.4 Aparatos de medida..... | 26 |
| 2.2. Metodología del análisis económico | 28 |
| 2.2.1. Estructura del análisis económico | 28 |
| 2.2.2. Costes fijos | 29 |
| 2.2.3. Costes variables | 30 |

| | |
|--|----|
| 2.2.4. Precios..... | 37 |
| 2.2.5. Análisis de inversiones..... | 38 |
| Capítulo 3. Resultados..... | 42 |
| 3.1 Albaricoquero Pepito | 43 |
| 3.1.1 Análisis financiero Albaricoquero Pepito | 43 |
| 3.1.2 Análisis sensibilidad Albaricoquero Pepito | 46 |
| 3.2 Melocotonero Baby Gold | 47 |
| 3.2.1 Análisis financiero Melocotonero Baby Gold | 47 |
| 3.2.2 Análisis sensibilidad Melocotonero Baby Gold | 50 |
| 3.3 Peral Ercolini | 51 |
| 3.3.1 Análisis financiero Peral Ercolini | 51 |
| 3.3.2 Análisis de sensibilidad de Peral Ercolini | 54 |
| 3.4 Paraguayo UFO 3 | 55 |
| 3.4.1 Análisis financiero paraguayo UFO 3..... | 55 |
| 3.4.2 Análisis de sensibilidad de Paraguayo UFO 3..... | 58 |
| Capítulo 4. Conclusiones | 60 |
| Bibliografía..... | 63 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Evolución de la precipitación anual en la Región de Murcia Fuente: Geoportal del agua (2014)..... | 5 |
| Figura 2: Evolución de la temperatura media anual en la Región de Murcia Fuente: Geoportal del agua (2014) | 6 |
| Figura 3: Función de productividad de agua de los cultivos (CWP) tolerantes a la sequía (a) y sensibles a la sequía (b) | 11 |
| Figura 4: Pera Ercolini Fuente: Mapama..... | 18 |
| Figura 5: Melocotón Baby Gold 6 Fuente: Mapama | 20 |
| Figura 6: Albaricoque Pepito Fuente: Frutería el Vergel..... | 21 |
| Figura 7: Paraguayo UFO 3 Fuente: IRTA | 22 |
| Figura 8: Vista aérea de Site 1. Finca Miraflores Paraje Alberciales y distribución de las parcelas experimentales | 23 |
| Figura 9: Vista aérea de Site 2. Finca Frutas Vargas Paraje La Cañada y localización de las parcelas experimentales | 24 |
| Figura 10: Detalle de sectorización para los distintos tratamientos de riego. | 25 |
| Figura 11: Detalle de unidad experimental para el control del estado hídrico del suelo y la planta | 28 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Características de los frutales estudiados | 23 |
| Tabla 2: Ejemplo Valor de inversión melocotonero Baby Gold..... | 30 |
| Tabla 3: Costes y rendimientos albaricoquero Pepito | 33 |
| Tabla 4 Costes y rendimientos melocotonero Baby Gold..... | 34 |
| Tabla 5: Costes variables y rendimientos de peral Ercolini | 35 |
| Tabla 6: Costes variables y rendimientos en paraguay UFO 3..... | 36 |
| Tabla 7: Índices de precios percibidos | 37 |
| Tabla 8: Precios medios de la fruta sin actualizar | 37 |
| Tabla 9: Promedio precios de fruta actualizados..... | 37 |
| Tabla 10: Costes variables Albaricoquero Pepito..... | 44 |
| Tabla 11 Ratios en Albaricoquero Pepito..... | 45 |
| Tabla 12: VAN y TIR de los tres tratamientos en Albaricoquero Pepito..... | 45 |
| Tabla 13: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en Albaricoquero Pepito | 46 |
| Tabla 14: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en Albaricoquero Pepito | 46 |
| Tabla 15: Costes variables en Melocotonero Baby Gold..... | 48 |
| Tabla 16: Ratios en melocotonero Baby Gold..... | 49 |
| Tabla 17: VAN y TIR de los tres tratamientos en Melocotonero Baby Gold..... | 49 |
| Tabla 18: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en Melocotonero Baby Gold..... | 50 |
| Tabla 19: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en Melocotonero Baby gold..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20: Costes variables en Peral Ercolini..... | 52 |
| Tabla 21: Ratios en peral Ercolini | 53 |
| Tabla 22: VAN y TIR de los tres tratamientos en peral Ercolini | 53 |
| Tabla 23: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en Peral Ercolini..... | 54 |
| Tabla 24: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en Peral Ercolini..... | 54 |
| Tabla 25 Costes variables en paraguay UFO 3..... | 56 |
| Tabla 26 Ratios en paraguay UFO 3..... | 57 |
| Tabla 27: VAN y TIR de los tres tratamientos en paraguay UFO 3 | 57 |
| Tabla 28: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en paraguay UFO 3 | 58 |
| Tabla 29: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en paraguay UFO 3 .. | 58 |

Capítulo 1. Introducción

1.1 Justificación del proyecto

La progresiva escasez de agua obliga a buscar estrategias para hacer un uso más eficiente de este necesario recurso. Para obtener una alta eficiencia de uso de agua es necesario optimizar la gestión y uso en todas sus vertientes.

Es imprescindible optimizar el uso de agua en la agricultura ya que es aquí donde se destina gran parte este recurso. Para lograr esta optimización del uso del agua en los últimos años han sido planteadas distintas estrategias de riego basadas en la disminución del aporte de agua de riego.

En este capítulo se comentan algunos puntos de interés que justifican el desarrollo de este proyecto dentro de la necesidad de ahorrar de agua en zonas de escasez hídrica finalizando con la exposición de los objetivos del mismo.

1.1.1 Escasez de agua en el mundo

La escasez de agua es un fenómeno tanto natural como inducido por la intervención humana. A pesar de que hay suficiente reserva de agua dulce para satisfacer las necesidades de la población mundial, su distribución no es equitativa y en algunos casos es desperdiciada, contaminada o afectada por una gestión inapropiada produciendo efectos perjudiciales para las comunidades. Como resultado, un gran número de regiones sufren escasez de agua en el mundo actual.

Cerca de una quinta parte de la población mundial (1.200 millones) habita en áreas que enfrentan escasez de agua, y otro cuarto de la población mundial (1.600 millones) enfrenta recortes en el suministro de agua por insuficiencia de infraestructura para abastecerse de agua de los ríos y acuíferos (ONU, 2005).

Además, la escasez de agua puede empeorar a causa del cambio climático y fenómenos como la acelerada urbanización, el incremento en la intensidad de las actividades agrícolas, afectando así la disponibilidad de los recursos de agua dulce. El deterioro de la calidad del agua la vuelve no apta para el consumo humano disminuyendo su abundancia y provocando efectos nocivos en la salud de quienes la consuman en esas condiciones.

Por estas razones, es de suma importancia la implementación de programas que apunten a la protección del medio ambiente natural, la conservación de los recursos hídricos y su eficiente gestión. El PHI puede contribuir de forma significativa a la comprensión y manejo de la calidad del agua en el mundo en vías de desarrollo a través del apoyo a la mejora de la gobernanza, planeación y uso eficiente de los recursos hídricos. Además, promoviendo instrumentos de participación y toma de conciencia de las partes interesadas orientados a la resolución de conflictos (UNESCO 2014).

De acuerdo a información de la ONU, mil 800 millones de personas utilizan agua contaminada con materia fecal, lo que desarrolla enfermedades como el cólera, la disentería, el tífus y la polio; esto causa más de 842 mil muertes al año.

A pesar que nuestro planeta tiene una superficie de 71 por ciento de agua, tan solo el 2 por ciento es potable, por lo que debe ser utilizada a conciencia y no promover el desperdicio, ya que alrededor de mil 600 millones de personas viven en escasez absoluta, mientras que 663 millones viven sin un suministro cercano.

Si el desperdicio y la contaminación del agua continúan, para el 2025, mil 800 millones de personas vivirán en zonas de escasez de agua.

La conservación del agua forma parte del Objetivo de Desarrollo número 6 de la ONU, con lo que buscan 'garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, incluye una meta de reducir a la mitad la proporción de agua dilapidada y aumentar su reciclaje (Excelsior 2017).

1.1.2 Escasez de agua en España y regiones mediterráneas

El agua es un recurso cada vez más escaso, y la situación en la región mediterránea empieza a ser preocupante. Casi 490 millones de personas viven en los 22 países de la cuenca Mediterránea, cinco de África, seis en Asia y once países en Europa. En términos de suministro a las poblaciones, la distribución de los recursos hídricos es desigual: entre los 10.000 m³/año per cápita en Albania, Croacia o Montenegro, a menos de 100 m³/año per cápita en Gaza o Malta.

A nivel mundial, la disponibilidad media de agua per cápita es de 7.000 m³ / persona / año, mientras que en la región es sólo 1,200 m³ / persona / año. Muchos países mediterráneos no llegan al mínimo. Israel tiene cerca de 276 m³ por persona/ año. Jordania apenas llega a los 150 m³. La mitad de la población de la región vive en condiciones de estrés hídrico. Además, se espera que aumente la población en 150 millones de personas en la orilla sur y oriental, lo que significa que la disponibilidad de agua per cápita se reducirá a la mitad en 2050.

El 75% de los puestos de trabajo en el mundo dependen del agua. Por tanto, la escasez de agua y los problemas de acceso pueden limitar el crecimiento económico en numerosos países en los próximos años. La mayor amenaza que enfrenta el planeta durante la próxima década es una crisis mundial de agua: una sequía en las tierras agrícolas más productivas del mundo, o cientos de millones de personas sin acceso al agua potable.

El 70% de la superficie del planeta Tierra es agua, pero solo un 4% de esa agua es dulce. El sur del Mediterráneo, solo tiene sólo el 3,4%. El agua, nos conecta, no nos separa, una crisis regional del agua se convertiría rápidamente en un problema global, afectando a las economías de todos los tamaños, Su escasez provocará, conflictos o guerras derivados del control de las bolsas que existan en el territorio.

Europa se enfrenta a nuevos retos a la hora de proteger uno de sus activos económicos más valiosos, el Mediterráneo. El crecimiento previsto en los próximos años del turismo, el tráfico marítimo, la acuicultura o la búsqueda de hidrocarburos requieren medidas para ordenar estos usos y conseguir que este mar siga conservando su enorme riqueza biológica.

Es necesario aprovechar las tecnologías más adecuadas para lograr mejores ratios de consumo energético

Y hay que tener en cuenta la cuestión del cambio climático. En el contexto mundial, la región del Mediterráneo se caracteriza por la enorme asimetría existente entre sus diferentes zonas, y por un débil dinamismo económico, aunque dispone de activos tan importantes como el turismo, su cultura, y su historia. La región del Mediterráneo se caracteriza por la enorme asimetría entre las diferentes zonas. Es una eco-región con un patrimonio único, cultura, historia; y unas características particulares, Pero su futuro depende de que los patrones de desarrollo sean sostenibles en toda la zona.

Las amenazas de seguridad, la inestabilidad política y la emigración están condicionando a Europa y las relaciones políticas y económicas en el mediterráneo. El deterioro medioambiental, el cambio climático y la escasez de agua acrecentaran el impacto de los diferentes conflictos.

Hasta el momento, no se han utilizado los recursos de manera adecuada, por lo que la relativa indolencia económica que caracteriza a la región ha afectado gravemente al desarrollo de muchos de sus países, así como a la calidad del medio ambiente

La demanda de agua crecerá en un 20% en 2025 en la región Mediterránea, Es imprescindible el uso de las tecnologías más adecuadas con mejores ratios de consumo energético, una mayor regulación, y el tratamiento de aguas residuales para su uso en la agricultura o la industria. Facilitaría el desarrollo sostenible de la región, y crearía puestos de trabajo

El mediterráneo será una de las zonas más afectadas por el aumento de población y la falta de agua (Economía digital 2017)

1.1.3 Escasez de agua en la Región de Murcia

La Región de Murcia está ubicada dentro de la Cuenca del Segura. Muestra gran disparidad climática y contraste: heladas, sequías, inundaciones y elevadas temperaturas. En definitiva a lo largo de toda la geografía murciana se aprecian grandes diferencias climáticas.

La zona del Segura tiene una precipitación media anual de 321 mm, caracterizada por un régimen de precipitaciones con grandes desequilibrios espacio-temporales y un claro contraste entre las zonas de cabecera: Mundo y Segura hasta su confluencia, y las partes medias y bajas de la cuenca: vegas y zonas costeras.

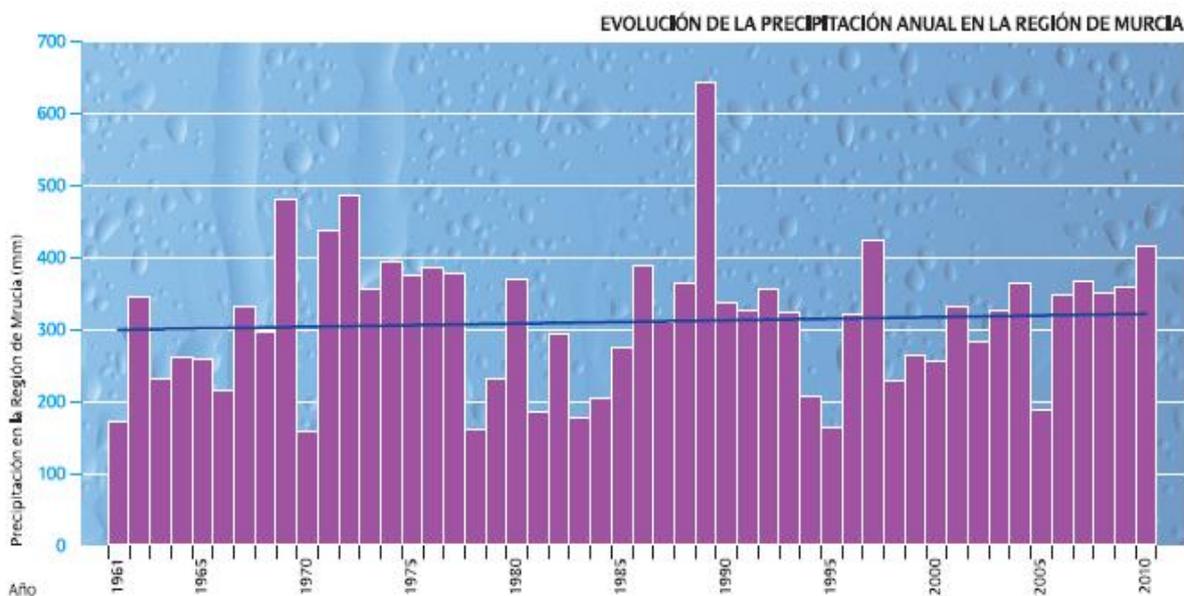


Figura 1: Evolución de la precipitación anual en la Región de Murcia **Fuente:** Geoportal del agua (2014)

La temperatura media regional es de 16,3 °C. Las zonas más frías, en la Comarca del Noroeste, corresponden a las más altas, donde en altitudes superiores a 900 metros las temperaturas medias anuales son inferiores a 13 °C. El mínimo regional se encuentra en el Pico Revolcadores, cumbre de la Región, con valores en torno a 9 °C (IMIDA 2014)

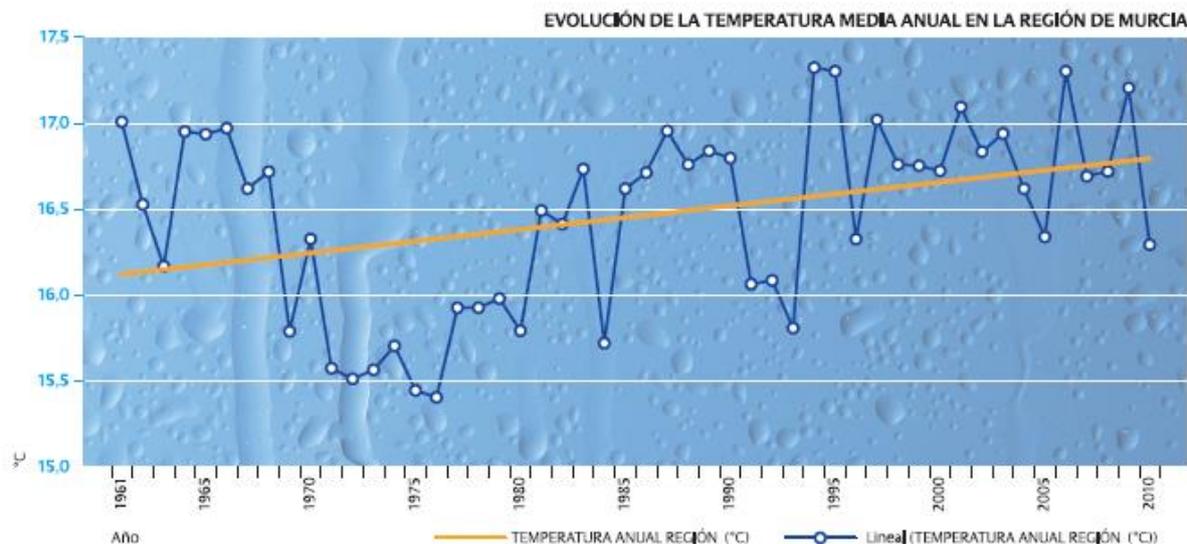


Figura 2: Evolución de la temperatura media anual en la Región de Murcia **Fuente:** Geoportal del agua (2014)

El clima suave y templado, con una evapotranspiración potencial media del orden de 700 mm y una escorrentía media total del orden del 15% de la precipitación media total, siendo la más baja de la península (CHS, 2008). La ETo según Penman Monteith FAO para el año 2016 en Jumilla oscila entre 1200 y 1300 mm

Todo el territorio de la cuenca presenta grandes contrastes climáticos, frecuentes sequías, lluvias torrenciales y frecuentes inundaciones, elevadas temperaturas y heladas.

La Cuenca del Segura, y dentro de ella la Región de Murcia, constituye un marco idóneo para el análisis de las áreas hidrológicamente deficitarias, pues presenta los peores indicadores y relaciones del conjunto de las cuencas peninsulares.

En primer lugar destacan la escasa precipitación media anual y menor capacidad de aprovechamiento natural debido al alto índice de evapotranspiración que reduce la lluvia útil al 15% en la Cuenca y al 10% en la Región en el mejor de los casos. Por otro lado la dotación en recursos subterráneos es limitada, viéndose minorada por un intenso proceso de sobreexplotación que reduce su potencial futuro e incrementa el elevado déficit hídrico acumulado. En segundo lugar, la calidad del recurso es deficiente y tiende a empeorar con efectos importantes en el consumo agrario como descenso de la eficiencia y salinización de suelos.

1.1.4 El agua y la agricultura

El agua es un elemento imprescindible en nuestras vidas, necesario para la supervivencia tanto del hombre como del ecosistema. También esencial para la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Al tratarse de un recurso natural, el cambio climático y nuestros hábitos de vida están haciendo que las reservas de agua estén disminuyendo a un ritmo alarmante. Debemos tener en cuenta que tan solo el 2,5% del agua presente en la tierra es dulce. De esta, más del 2% se concentra en glaciares, por lo que el agua apta para el consumo es una mínima parte.

Una proporción importante del consumo hídrico se realiza en la producción de los alimentos. Como indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se necesitan entre 2000 y 5000 litros de agua para producir los alimentos consumidos por una persona en un día. Y teniendo en cuenta que la población mundial alcanzará los diez mil millones de personas en 2050, se espera que la demanda de alimentos aumente un 50%, con el consiguiente incremento de necesidad de agua.

Para conseguir atender esta demanda, actualmente se están investigando nuevas maneras de conseguir esta agua dulce. Trasvases de zonas con mayor cantidad de esta y desalación son la principal fuente de suministro a zonas que cuentan con ella. Hoy en día, cualquiera de estas dos técnicas genera un impacto social, económico y medioambiental que no deja indiferente a nadie.

En Europa, el sector agrícola consume un tercio de las reservas de agua, según datos de la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). Si a esto sumamos el incremento de la demanda de usos particulares por nuestro estilo de vida y el descenso de precipitaciones por el cambio climático, es probable que, en un futuro, encontremos dificultades para satisfacer las necesidades hídricas en todos los ámbitos, incluida la agricultura. Y que los ecosistemas hidrodependientes sufran la falta de agua no solo es perjudicial para ellos, que pueden sufrir daños irreversibles, sino que nos llegará a afectar a todos. En especial en España, las previsiones no son muy alentadoras, ya que se ha incluido a nuestro país como uno de los más castigados por el déficit hídrico para el año 2040.

Por este motivo, son esenciales unas prácticas correctas, acompañadas de unas políticas que las apoyen, para conseguir importantes mejoras en la eficiencia hídrica de la agricultura.

Sin embargo, el mayor problema es en las zonas semiáridas. Aquí es donde se concentra la mayor cantidad de producción, ya que cuenta con unas condiciones climáticas de más de 300 días al año de sol. La falta de agua ha hecho que el avance tecnológico en el ámbito del regadío haya sido exponencial, con el fin de aprovechar hasta el último recurso disponible.

No obstante, sigue siendo insuficiente. La necesidad de nuevas investigaciones para conseguir agua es abrumadora, ya que de esta dependen no solo millones de puestos de trabajo, sino economías sustentadas en ella y el poder abastecer a la población mundial de alimentos. La investigación para la obtención de agua no es crearla como tal, sino mejorar las técnicas actuales hacia otras más rentables, económicas y medioambientalmente, propiciando una economía circular total.

Según la AEMA (agencia europea de medio ambiente) se pueden tomar medidas y pautas de actuación para el uso racional del agua en el cultivo de alimentos

1.- Regadío eficiente. En los países de condiciones áridas y semiáridas (como los del sur de Europa y Francia meridional), el regadío puede suponer un altísimo porcentaje (hasta un 80%) del consumo de agua para la agricultura. Sin embargo, este consumo puede no ser tan elevado con mejoras como las siguientes:

- Mejorar la red de transporte de agua, para que llegue mayor cantidad al campo
- Aplicación hídrica eficiente en la agricultura
- Tarificación del agua de tal forma que favorezca a los usuarios eficientes
- Eliminación de subvenciones agrícolas desfavorables
- 2.- Nuevas praxis:
 - Programas de formación e intercambio de conocimientos
 - Utilización de fertilizantes y plaguicidas inorgánicos y orgánicos para evitar contaminación del agua provocada por la agricultura
 - Modificación de la rotación de cultivos
 - Franjas de contención a lo largo de los cursos fluviales

3.- Usos de aguas residuales depuradas para la agricultura

4.- Políticas favorables al uso eficiente de los recursos hídricos

La escasez de agua es un reto para la FAO que también apunta algunas otras medidas importantes para luchar contra la escasez del agua en la agricultura:

- Elección de cultivos, ya que, dependiendo del producto, puede variar considerablemente la cantidad de agua que necesitan.
- Reutilizar el agua dulce.
- Reducir el desperdicio de alimentos, en los que se ha invertido cantidades de agua que también se pierden. “Cada año, un tercio de la producción mundial de alimentos se pierde o desperdicia, lo que se traduce en un volumen de agua usada en la agricultura totalmente desperdiciada, lo que equivale a tres veces el volumen del lago de Ginebra”. Al tirar un alimento, desperdiciamos los recursos que se utilizaron para hacerlo.

Básicamente, el objetivo es *“asegurar que el uso del agua en la agricultura se haga de forma más eficiente, productiva, equitativa y respetuosa del medio ambiente. Se trata de producir más alimentos utilizando menos agua, aumentar la resiliencia de las comunidades agrícolas para hacer frente a las inundaciones y las sequías, y la aplicación de tecnologías limpias que protejan el medio ambiente”*.

Es indiscutible que el agua es un factor esencial para la agricultura y para el desarrollo sostenible. Por eso es necesario actuar y tomar las medidas oportunas para garantizar la conservación de este recurso para futuras generaciones (Orizont 2017).

1.2 El riego deficitario controlado (RDC)

El estrés hídrico sucede cuando la demanda de agua es mayor que la cantidad de agua disponible para el cultivo durante un periodo determinado de tiempo. Las plantas cultivadas se ven sometidas a diferentes grados de estrés en alguna etapa de su crecimiento. Un cultivo con estrés hídrico rápidamente pierde potencial de rendimiento.

En épocas de sequía los agricultores deben utilizar distintas técnicas que les permitan sacar adelante su producción. Una de ellas es el Riego Deficitario Controlado (RDC), que consiste en aplicar sólo una parte del agua que se pierde a través de la evapotranspiración. Esta reducción del aporte hídrico se realiza en un estado fenológico de la planta en el cual no se afecte su desarrollo ni la calidad de la cosecha.

El objetivo de este riego es disminuir al máximo posible el crecimiento vegetativo para favorecer el crecimiento productivo.

Hoy en día se están centrando los esfuerzos en la evaluación del riego deficitario controlado, ya que, debido a la creciente situación de escasez de agua, se pretende conseguir las máximas producciones con la menor cantidad de agua.

El control del riego permitirá controlar el tamaño del fruto, la densidad de vegetación y luz, disposición de nutrientes, fotosíntesis, turgencia y concentración de sólidos.

Para aplicar de manera eficaz esta técnica es imprescindible tener un control estricto del riego y esto es posible sólo cuando se utilizan técnicas de riego avanzadas, como es el riego por goteo, además de ser muy importante la utilización de sensores que permita monitorizar el agua disponible en la zona radicular.

El agricultor tiene que tener en cuenta varios factores a la hora de utilizar este tipo de riego, entre los cuales destacan: follaje, suelo y condiciones climáticas, sobre todo la lluvia caída (cantidad y momento), retención de agua y la evapotranspiración.

El ahorro de agua que se puede obtener dependerá de la combinación clima, suelo y especie, y según estudios previos estará en torno al 20-30%.

Esta técnica se debe utilizar en épocas de escasez de agua, ya que hay tener en cuenta que hay que buscar la etapa más adecuada en la que se producirá menos daño por el estrés hídrico sufrido (miRiego 2017).

1.2.1 Fundamentos del RDC

Según Zapata et al (1995) para la elaboración de estrategias de RDC hay que considerar una serie de factores que pueden comprometer de forma importante la viabilidad de estas estrategias (Sánchez-Blanco y Torrecillas, 1995). Los factores son los siguientes:

- Periodos críticos de cultivo. Son aquellos estados fenológicos en los que el déficit hídrico puede afectar al desarrollo del fruto y con ende condicionar la producción y/o calidad de la cosecha de esa temporada.
- Crecimiento vegetativo y del fruto. Uno de los objetivos del RDC en cultivos como el melocotonero, es evitar un exceso de vigor. Un aspecto de interés es el crecimiento compensatorio que experimentan algunos frutos tras reanudar el riego después un periodo de déficit hídrico.
- Características del suelo y sistema de riego. Es necesario controlar tanto el déficit de agua en el suelo como la recarga de agua. Por esta razón se recomiendan suelos poco profundos con baja capacidad de retención hídrica, igualmente volúmenes reducidos de suelo humectados favorecen sistemas radiculares concentrados que van a facilitar el agotamiento y la recarga del agua en el suelo de manera rápida y precisa mediante riego localizado.
- Clima. Las condiciones climáticas van a condicionar la aplicación y el desarrollo del RDC, normalmente se practica en zonas de escasez de agua y por tanto de precipitaciones escasas.
- Resistencia a la sequía. La capacidad de adaptación de los cultivos a situaciones de déficit hídrico es otro aspecto relevante. Algunos cultivos arbóreos poseen mecanismos para extraer agua de horizontes profundos, pueden realizar ajuste osmótico e incluso el déficit de agua en el suelo puede provocar en las raíces la emisión de señales químicas hacia las hojas para inducir un cierre estomático mayor y evitar la deshidratación.

Otro mecanismo de resistencia a la sequía puede ser la defoliación parcial para disminuir las pérdidas de agua por transpiración. Esta defoliación puede no ser recuperable durante el ciclo de cultivo si es muy severa y, aunque el árbol sobreviviera a ésta, la productividad resultaría afectada.

Unos de los principales objetivos de la utilización de estrategias de RDC es mantener la productividad del agua (WP) para los cultivos a largo plazo en zonas de escasez de agua (Geerts S. y Raes D. 2009).

La WP de los cultivos es un método clave para evaluar estrategias. Se mide en kg de producto comercial (Y) por cada m³ de agua utilizado para su producción, que normalmente equivale a la evapotranspiración el cultivo (ET).

$$WP = Y/ET \quad (1)$$

Los cultivos con WP elevada deberían ser preferibles en zonas con escasez de agua aunque éste no es el único factor. En cultivos de alta energía o alto valor proteico la WP absoluta puede ser baja pero su valor nutricional es mayor, por lo tanto debería considerarse a la hora de evaluar estos temas en regiones propensas a la sequía. También es necesario aclarar si el denominador de la expresión 1 incluye el agua de lluvia o tan solo los aportes derivados del riego, en tal caso los valores de WP serán diferentes. De esta manera, el efecto del agua de riego sobre el rendimiento del cultivo puede ser analizado a través de la función de productividad del agua de los cultivos (CWP) (Figura 3), donde la evapotranspiración relativa definirá el rendimiento relativo del cultivo, donde:

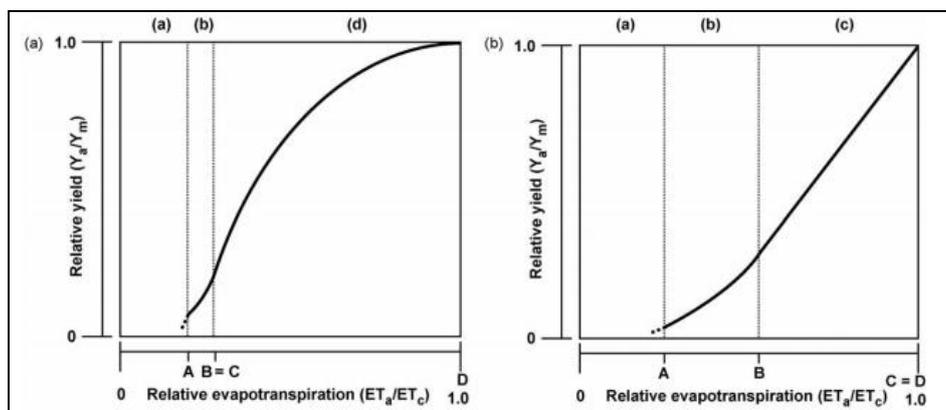


Figura 3: Función de productividad de agua de los cultivos (CWP) tolerantes a la sequía (a) y sensibles a la sequía (b)

Ya=rendimiento actual. Ym=rendimiento potencial. ETa=cantidad real de agua evapotranspirada. ETc=requerimientos hídricos del cultivo. Fuente: Geerts y Raes (2009)

Las características de cada una de las secciones de la CWP son:

- Sección A: Si se aplica la una cantidad de agua insuficiente durante el ciclo del cultivo, la cosecha no se desarrollará plenamente, lo que resulta en un rendimiento de baja calidad o incluso una pérdida total de rendimiento (Yazar y Sezen, 2006).

- Sección B: Una vez que se garantiza una cantidad mínima de agua (A) garantizada por la lluvia y/o riego, los rendimientos, y por tanto la WP, empieza a aumentar con el aumento de los niveles de agua. Esta sección tiene una forma cóncava: ya que al aumentar el suministro de agua siempre resultará en un aumento de WP de A a B.
- Sección C: Con la aplicación adicional de agua, la función de producción puede ser casi lineal, con una pendiente que va desde leve a elevada.
- Sección D: Al igual que muchos de los cultivos, la pendiente de la CWP a menudo disminuye una vez ETa/ETc está cerca de 1. Hacia el límite superior de ETa/ETc , el aumento de rendimiento proporcional por unidad ET, se va nivelando. La sección D puede ser bastante grande, para cultivos como alfalfa, remolacha azucarera (Doorenbos y Kassam, 1979), trigo (Kang et al., 2002; Zhang et al., 2008; Sun et al., 2006) o algodón (Henggeler et al., 2002; Kanber et al., 2006; Detar, 2008), mientras que puede ser casi nula por otros cultivos, como el maíz (Kipkorir et al., 2002; Farre' y Faci, 2006; Payero et al., 2006).
- Sección E: La aplicación de más agua que la requerida por la ETc no aumenta el rendimiento, ya que el agua se pierde a través del suelo improductivo, evaporación y/o percolación profunda. Si se aplica demasiada agua el rendimiento incluso podría disminuir como resultado de la acumulación de agua o lixiviación de los nutrientes de la zona de la raíz (Sun et al., 2006; Cabello et al., 2009). En esta sección, por lo tanto no se requiere de riego, a menos que la zona de la raíz debe existir una fracción de lavado para reducir la salinidad.

En incremento de la productividad de agua para los cultivos se atribuye a las siguientes cuestiones:

- La pérdida de agua mediante evaporación disminuye
- El efecto negativo de la sequía en determinados estados fenológicos, aquellos que canalizan la producción de biomasa hacia zonas vegetativas o reproductivas, se evita. Esto permite estabilizar o aumentar el número de órganos reproductivos y/o su masa individual (llenado de frutos).
- La productividad del agua para la asimilación de biomasa aumenta debido a la sinergia entre el riego y la fertilización. Esto incluye los casos en los que se reduce el riego si los niveles de fertilizantes y fertilidad natural son bajos.
- Se pueden evitar ciertas condiciones agronómicas negativas como plagas, enfermedades y condiciones anaerobias en la zona radicular debido a la acumulación de agua (Geerts, S., Raes, D. 2009).

1.2.2 Estudios previos

Chalmers y Mitchell (1981) fueron los primeros investigadores en evaluar el comportamiento de diferentes cultivos en Australia con RDC.

Mitchell et al (1984), Mitchell et al (1989), realizaron un estudio en peral con tres tratamientos de riego: un control con aportes del 100% de la evaporación de cubeta clase A, durante todo el ciclo de cultivo y dos tratamientos deficitarios con aportes del 23 y 46% durante la fase de crecimiento vegetativo (que coincide con la fase de crecimiento lento del fruto) seguidos de riego al 100% en fase de rápido crecimiento del fruto. Estos estudios mostraron que el crecimiento vegetativo disminuyó de forma proporcional al déficit hídrico pero la calidad y tamaño del fruto aumentaron en los tratamientos de riego deficitario.

A partir de aquí se fueron realizando ensayos de RDC en distintos cultivos leñosos, que sin el objetivo de ser exhaustivos se pueden destacar a modo de ejemplo los siguientes trabajos:

Huguet et al. (1990); Li et al. (1989) llegaron a las mismas conclusiones, señalando la alta sensibilidad al déficit hídrico del melocotón en su última fase de crecimiento. En esta fase se observó una reducción de la producción y el calibre, aunque con una mayor cantidad de sólidos solubles, acidez y mayor conservación post-recolección.

Goldhamer y Shackel (1989) en ensayos similares de RDC en almendro, consiguieron ahorros de agua del 58% mediante la aplicación de una estrategia de RDC, consistente en regar al 80% de la ETc hasta que se completa el tamaño exterior del fruto (mitad de mayo) y finaliza el crecimiento vegetativo, seguido de un 60% de la ETc hasta que se completa el tamaño de la pepita (mitad de junio), para continuar durante la fase de aumento en peso seco de la pepita con un 40% de la ETc hasta finales de junio y un 60% de la ETc hasta la recolección. Las producciones obtenidas fueron similares a las del tratamiento control y vienen a coincidir con las observaciones de Girona (1992).

Domingo et al (1996) realizó ensayos en limonero fino con el objetivo de disminuir los aportes de riego mediante RDC. Redujo los aportes hídricos al 25% de la ETc durante todo el ciclo de cultivo exceptuando la fase de rápido crecimiento del fruto, durante la cual aplicó el 100% de la ETc, frente a otros dos tratamientos: uno regado al 100% de la ETc y otro en el que se redujo el riego al 70% durante el periodo de crecimiento del fruto que coincide con la época de menor disponibilidad de agua para riego. Estos tratamientos deficitarios supusieron un ahorro de agua del 30% en el primer caso y de un 20% en el segundo. Ninguno de los tratamientos supuso una disminución de la

producción pero si un retraso en alcanzar el tamaño comercial con la consiguiente incidencia en el valor de la producción de esta variedad temprana de limonero.

Pérez-Sarmiento et al (2010) estudiaron los efectos del RDC en albaricoqueros (*Prunus armeniaca* L. cv. 'Búlida') de 9 años de edad injertados sobre portainjerto 'Real Fino'. Se establecieron dos tratamientos de riego. Un tratamiento control que se regó para satisfacer plenamente las necesidades de agua del cultivo (100% ETc), un tratamiento RDC, que restringía el agua durante los períodos no críticos de desarrollo del cultivo, reduciendo la cantidad aplicada de agua de riego a: a) 40% de ETc desde la floración hasta el final de la primera fase de crecimiento del fruto; b) el 60% de la ETc durante la segunda etapa de crecimiento del fruto y c) el 50% y el 25% de la ETc durante el último período de post-cosecha (que comienza 60 días después de la cosecha), durante los primeros 30 días y hasta el final de la defoliación del árbol, respectivamente. Los resultados indicaron que el árbol de albaricoquero es una especie adecuada para aplicar RDC gracias a la clara separación entre su crecimiento vegetativo y reproductivo, y por su capacidad para producir crecimientos compensatorios en diámetro de la fruta tras la aplicación RDC. Además, se mejoran algunas características cualitativas, tales como el nivel de sólidos solubles, sabor de fruta y el color de la misma. Estas dos razones, junto con el ahorro de agua de riego de 39%, hacen hincapié en las estrategias de I + D +i como una posible solución en zonas con escasez de agua, al igual que en el sureste de España.

Geerts y Raes (2009) realizan una recopilación de cultivos en los que se estaba investigando o se había investigado desde el punto de vista técnico la posibilidad de utilizar el riego deficitario para aumentar la WP para los cultivos de zonas de escasez de agua.

En la actualidad existen multitud de antecedentes de tipo técnico que ofrecen grandes posibilidades a la hora de afrontar con garantías estrategias de RDC, pero estas deben ser tanto técnica como económicamente rentables para llevarse a cabo por el agricultor.

Muchos autores han obtenido buenos resultados al estudiar la viabilidad o rentabilidad de aplicar estas estrategias de riego a distintas especies frutales. García et al. (2004) obtuvieron un mayor beneficio generado por unidad de capital gastado en el proceso productivo al aplicar RDC en almendro y sugieren que esta estrategia puede resultar apropiada en ambientes semiáridos, debido al importante ahorro de agua y a la mayor rentabilidad económica que se consigue en estas condiciones de riesgo. Romero et al. (2005) van un paso más allá e introducen RDC en almendro mediante riego subterráneo apreciando que esta estrategia es económicamente apropiada en zonas semiáridas con escasez de agua ya que aumenta considerablemente la WP.

Los estudios económicos realizados hasta ahora están limitados a ciertos cultivos, García et al. (2012) comparan la rentabilidad de utilizar RDC o riego parcial de la zona

radicular en viñedos concluyendo que para las condiciones edafoclimáticas del sureste español es más rentable el uso de RDC.

Un artículo de Pérez-Pérez et al. (2010) indica que si el precio del agua aumenta a medida que disminuyen los recursos hídricos disponibles, estrategias de RDC en naranjo con porta-injertos *Citrangé carrizo* serán más rentables que utilizando porta-injertos de mandarina 'Cleopatra'. También apuntan que el ratio Beneficio/Coste es mayor utilizando RDC en el cultivo del naranjo, todo esto en la zona de influencia del sureste de España.

Alcón et al. (2013) estudiaron la viabilidad financiera de la implementación de RDC y de riego deficitario sostenido (RDS) durante todo el ciclo en almendro en el sureste de España. Los resultados obtenidos indican que el RDS en su grado más moderado (riego al 75% de ETc y 60% durante toda la etapa de crecimiento) puede ser el tratamiento de riego más rentable en el área de estudio. En este artículo no se compara el riego convencional frente al RDC, sino que ya se comparan distintas estrategias de riego deficitario. Queda patente la importancia que tiene el estudio de este tipo de estrategias.

Egea et al. (2017) realizaron ensayos de rentabilidad de RDC en huertos de alta densidad de olivos de variedad Arbequina. Se proporcionó un 45% de las necesidades del cultivo presentando esta estrategia una alta rentabilidad con una TIR superior a los intereses sobre el capital.

1.3 Objetivo

En este contexto el objetivo principal de este trabajo es evaluar desde el punto de vista económico el uso de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) en distintas especies de frutales en el noreste de la Región de Murcia.

Para alcanzar este objetivo se parte de un experimento que consistió en comparar tres tratamientos de riego (T1: tratamiento efectuado por el agricultor, T2: tratamiento de precisión aportando un 100% de la ETc, y T3: tratamiento utilizando RDC). Esta fase experimental ha proporcionado información técnica que se utilizará para elaborar los costes de producción atendiendo a los precios de mercado. Una vez analizados los costes se realizará una evaluación global de las diferentes estrategias de riego utilizando la metodología de análisis de inversiones.

La consecución del objetivo tiene una finalidad académica y empresarial. Este trabajo contribuirá con el análisis económico de varias especies de frutales. Y aunque existen estudios financieros de la rentabilidad del RDC previos para algunas de ellas, de otras no se tiene conocimiento de su análisis. Esta información se unirá a las publicaciones existentes aportando información relativa al uso de estrategias de ahorro de agua y su viabilidad financiera en el cultivo de frutales adultos como albaricoquero 'Pepito', melocotonero 'Baby Gold' y peral 'Ercolini' en agricultura convencional, así como paraguayo 'UFO 3' adulto y peral 'Ercolini' joven en agricultura ecológica .

Desde el punto de vista empresarial, la aplicación de estrategias de RDC es técnicamente viable y posible en la actualidad pero es necesaria información económica que facilite la aceptación de esta estrategia de riego por los usuarios y es en este último término donde reside el mayor interés de este trabajo.

Capítulo 2. Metodología

2.1. Metodología del trabajo de campo

2.1.1. Material vegetal

A continuación se describe el material vegetal analizado en el experimento de campo.

2.1.1.1 *Pera Ercolini*

Origen

- Fue obtenida en la Toscana (Italia) a finales del s. XVIII, principios del s. XIX. Ascendientes desconocidos.

Morfología árbol

- Vigor: medio-fuerte
- Porte: erguido
- Entrada en producción: algo lenta
- Producción: buena con tendencia a la alternancia (vecería)
- Formas a las que se adapta: formas en eje central y planas
-

Morfología fruto

- Calibre: medio, a veces pequeño si la cosecha es excesiva
- Forma: piriforme y regular
- Epidermis: lisa, de color verde claro, amarillo pajizo a madurar y con chapa rosada en la cara soleada
- Pulpa: blanco crema, fina y jugosa, dulce y ligeramente perfumada. De buen sabor.
- Cavidad calicina: muy abierta y plana, característica.



Figura 4: Pera Ercolini **Fuente:** Mapama

Floración

- Precoz y abundante. Presenta una elevada germinación del polen por lo que puede ser útil como polinizadora de aquellas variedades con las que coincida en floración.
- Son buenos polinizadores de esta variedad las siguientes: Abate Fetel. Agua de Aranjuez (Blanquilla), Buena Luisa de Avranches y Magallón.

Recolección y conservación

- Recolección: tercera semana de julio
- Conservación: en frío entre 2 y 3 semanas
- Transporte y manipulación: buena aptitud

Valoración agronómica

- Poca afinidad con membrillero.
- Produce brindillas coronadas y lamburdas sobre madera de dos años.
- Poda larga y de renovación, necesaria para regularizar producciones y mejorar calibres.

2.1.1.2 Melocotonero Baby Gold 6

Origen

- País de procedencia: Estados Unidos, New Jersey

Morfología árbol

- Vigor: fuerte
- Porte: puede alcanzar 6 m de altura
- Entrada en producción: rápida
- Producción: buena

Morfología fruto

- Calibre: grande-muy grande
- Forma: ligeramente aplastado
- Epidermis: amarillo-naranja con pubescencia
- Pulpa: firmeza media, color amarillo-naranja, textura fibrosa
- Hueso: adherido a la pulpa

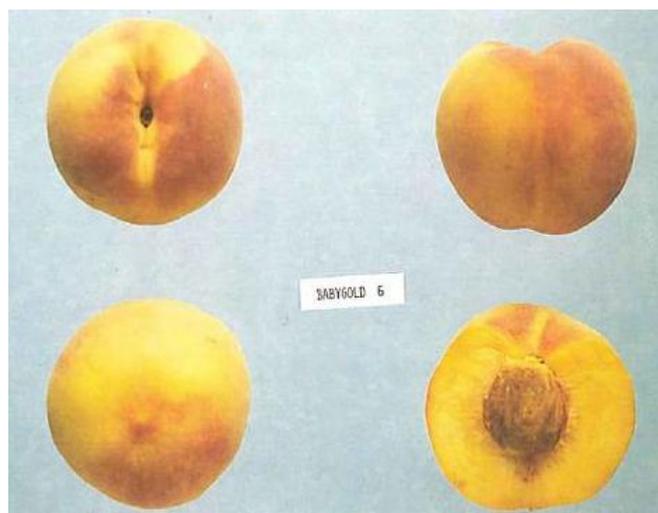


Figura 5: Melocotón Baby Gold 6 **Fuente:** Mapama

Floración y recolección

- Buena pero dura poco tiempo
- Los polinizadores no son indispensables, aunque favorecen la formación del fruto
- Recolección: finales de julio principios de agosto

Valoración agronómica

- Requerimiento horas frío: de 400 a 800 horas frío
- Sensible a asfixia radicular
- Baja densidad de plantación
- Poda en vaso o palmeta
- Aclareo manual

2.1.1.3 Albaricoquero Pepito

Origen

- Asia

Morfología árbol

- Vigor: medio-bajo
- Porte: de 3 a 10 m de altura con copa redondeada y amplia
- Entrada en producción: rápida
- Producción: buena

Morfología fruto

- Calibre: grande
- Forma: esférica u oval
- Epidermis: amarilla con coloración rosada donde le da el sol
- Pulpa: amarilla
- Hueso: poco o nada adherido a la pulpa



Figura 6: Albaricoque Pepito **Fuente:** Frutería el Vergel

Recolección

- Recolección: sobre el 15 o 25 de julio

2.1.1.4 Paraguay UFO 3

Origen

- Italia

Época de maduración

- Recolección: tercera semana de Junio

Morfología fruto

- Calibre: medio a pequeño
- Epidermis: color favorecido por la iluminación
- Pulpa: consistencia media con hueso semi-adherido
- Calidad gustativa: buena, sabor dulce y medianamente aromático



Figura 7: Paraguay UFO 3 **Fuente:** IRTA

Morfología árbol

- Vigor: elevado
- Porte: semi-abierto
- Época de floración: media
- Floribundidad: muy alta
- Cuajado: muy elevado, necesita aclareo
- Producción: buena

Puntos fuertes y puntos débiles

- Puntos fuertes: precocidad y calidad gustativa
- Puntos débiles: Calibre respecto a variedades de recolección posterior, sensibilidad a oídio

Valoración agronómica

- Una de las primeras variedades introducidas a escala comercial.
- Destaca por la precocidad de la recolección y, al mismo tiempo, aporta una buena presentación y calidad.
- Ha sido y sigue siendo la variedad de referencia en la época temprana, con un calibre superior a UFO-1 y a UFO-2, pero claramente inferior a UFO-4.
- Actualmente, dada la diversidad de zonas de producción, su interés se limita únicamente a zonas tempranas o muy tempranas.

2.1.2 Descripción del experimento

El experimento ha sido llevado a cabo en el año 2016 en 5 parcelas experimentales pertenecientes a la Comunidad de Regantes Miraflores, los principales cultivos son peral, melocotonero y albaricoquero con 45, 32 y 12% de la superficie regable respectivamente. Las características de los frutales estudiados vienen recogidas en la Tabla 1

Tabla 1: Características de los frutales estudiados

| Especie | Varietal | Patrón | Edad | Sistema de cultivo |
|---------------|-------------|--------|------|--------------------|
| Albaricoquero | Pepito | Franco | 7 | Convencional |
| Peral | Ercolini | BA-29 | 6 | Convencional |
| Melocotón | Baby Gold 6 | GF-677 | 3 | Convencional |
| Paraguay | UFO3 | GF-677 | 5 | Ecológico |

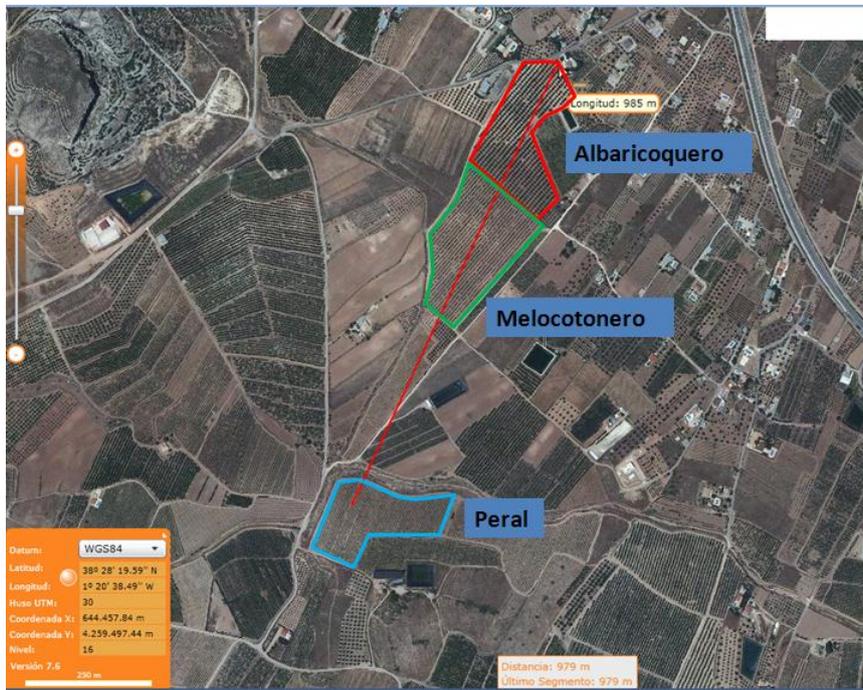


Figura 8: Vista aérea de Site 1. Finca Miraflores Paraje Alberciales y distribución de las parcelas experimentales

En la finca Miraflores del paraje los Alberciales, se establecieron 3 parcelas experimentales:

Parcela de albaricoquero CV. Pepito sobre patrón Real Fino, de 7 años de edad, regados con doble manguera de riego por fila de árboles con emisores integrados de 3.75 L H^{-1} a 0.75 m . Se establecieron 3 tratamientos de riego, con tres repeticiones por tratamiento, de tres filas y 6 árboles por fila, con los que se dispone de 4 árboles en cada repetición para la realización de medidas y establecimientos de punto de control.

Parcela melocotonero CV. Baby Gold 6 sobre patrón GF677, de 3 años de edad, regados con una única manguera de riego por fila de árboles, con emisores integrados de 3.75 L H^{-1} a 0.75 m . Se establecieron 3 tratamientos de riego, con 3 repeticiones por tratamiento, de tres filas y 6 árboles por fila, con los que se dispone de 4 árboles en cada repetición para la realización de medidas y establecimientos de punto de control.

Parcela peral CV. Ercolini sobre patrón BA-29, de 6 años de edad, regados con una única manguera de riego por fila de árboles, con emisores integrados de 3.75 L H^{-1} a 0.75 m . Se establecieron 3 tratamientos de riego, con 4 repeticiones por tratamiento, de cuatro filas y 5 árboles por fila, con los que se dispone de 6 árboles en cada repetición para la realización de medidas y establecimientos de punto de control.



Figura 9: Vista aérea de Site 2. Finca Frutas Vargas Paraje La Cañada y localización de las parcelas experimentales

En la finca Frutas Vargas del paraje la Cañada, se establecieron 2 parcelas experimentales:

Parcela paraguayo CV. UFO3 sobre patrón GF677, de 5 años de edad, regados con una doble manguera de riego por fila de árboles, con emisores integrados de 3.75 L H^{-1} a 0.75 m . Se establecieron 3 tratamientos de riego, con 4 repeticiones por tratamiento, de tres filas y 6 árboles por fila, con los que se dispone de 4 árboles en cada repetición para la realización de medidas y establecimientos de punto de control.

Parcela peral CV. Ercolini sobre patrón BA-29, de 2 años de edad, regados con una doble manguera de riego por fila de árboles, con emisores integrados de 3.75 L H^{-1} a 0.75 m . Se establecieron 3 tratamientos de riego, con 4 repeticiones por tratamiento, de cuatro filas y 5 árboles por fila, con los que se dispone de 6 árboles en cada repetición para la realización de medidas y establecimientos de punto de control.



Figura 10: Detalle de sectorización para los distintos tratamientos de riego.

En todas las parcelas experimentales se han establecido 3 tratamientos de riego, tratamiento **T1, Riego del Agricultor**, tratamiento **T2, Riego de precisión**, donde se regará a fin de satisfacer las necesidades hídricas del cultivo a partir de la información registrada por los sensores de suelo y planta y **T3, Riego Deficitario Controlado**, donde se regará por debajo de las necesidades hídricas del cultivo en los periodos fenológicos no críticos.

2.1.3 Estrategias de RDC aplicadas

- Albaricoquero: Regado al 100% de las necesidades hídricas durante todo el año, excepto en la fase II de crecimiento del fruto (mes de marzo hasta finales de abril) con riego al 60% de las necesidades hídricas y Fase de Postcosecha Final (desde finales de julio hasta fin de campaña de riego) con riego al 50% de las necesidades.

- Melocotonero y Paraguayo: Regado al 100% de las necesidades hídricas durante todo el año, excepto en la fase II de crecimiento del fruto (mes de mayo) y postcosecha (finales de julio hasta final de campaña de riego), donde se regó al 50% de sus necesidades hídricas.
- Peral. Riego al 100% de las necesidades hídricas durante todo el año, excepto en postcosecha (Finales de julio hasta fin de campaña de riego) donde se rego al 50%.

2.1.4 Aparatos de medida

Para la realización del experimento se ha contado con sensores de suelo y planta como apoyo, estos han ayudado a controlar el tratamiento que riega al 100% de la ETc:

2.1.4.1 Sensores de desplazamiento lineal tipo LVDT

Un L.V.D.T (Linear Variable Differential Transformer) es un transformador que produce una tensión proporcional al desplazamiento de un núcleo ferromagnético (núcleo móvil separado). Este tipo de transductor consiste en un bobinado primario alimentado por una señal de C.A. y dos bobinados secundarios.

El núcleo es una aleación de hierro y níquel, y está laminado longitudinalmente para reducir las corrientes de Foucault. El vástago que lo arrastra no debe ser magnético. Todo el conjunto puede apantallarse magnéticamente para hacerlo inmune a campos externos. Cuando el núcleo se desplaza al interior de estas bobinas genera voltajes inductivos (V1) y (V2) en cada bobina secundaria, proporcionales a su desplazamiento.

Los dos bobinados secundarios secundarios están conectados en serie y en fases opuestas, de modo que la señal de salida es la diferencia entre estos voltajes. En esta configuración, el voltaje de salida es cero cuando el núcleo se encuentra en el centro y las dos tensiones (V1) y (V2) se anulan. Cuando el núcleo se desplaza hacia las extremidades del captador la diferencia aumenta más y más. La señal de salida se rectifica con el fin de obtener una tensión continua, representativa de la posición del núcleo.

Características y ventajas

- Extremadamente preciso
- Alta resolución
- Resistencia de envejecimiento (larga vida)
- Insensible a las interferencias
- Resistencia a los ambientes difíciles (humedad, polvo, etc)
- Robusto
- Resistencia a la aceleración
- Precio favorable
- Fácil instalación (Guemisa)

2.1.4.2 Sondas SM1

La sonda SM1 de Adcon es un sistema flexible de medición de humedad de suelos basado en capacitancia y permite también el monitoreo de la temperatura. Las longitudes oscilan entre 30 y 150 cm con un sensor de humedad del suelo cada 10 cm. Se instalan en el suelo dentro de un tubo de PVC sellado de 32 mm de diámetro. La esfera de influencia de los sensores es de aproximadamente 10 cm de radio alrededor del tubo.

Dependiendo de la longitud de la sonda, hasta 4 sensores de temperatura pueden estar disponibles. Las sondas tienen su primer sensor de temperatura ubicado a los 15 cm y cada sensor adicional con una separación de 30 cm.

Todas las señales de los sensores se envían a través del protocolo SDI-12. Se incluye un cable de 5 metros.



Figura 11: Detalle de unidad experimental para el control del estado hídrico del suelo y la planta

2.2. Metodología del análisis económico

2.2.1. Estructura del análisis económico

La estructura del análisis económico está basada en el desarrollo realizado por Caballero et al. (1992). A partir de este trabajo diversos autores como García et al. (2004) y Alcón et al. (2013) han propuesto adaptaciones a sus trabajos sobre RDC en almendro en el sureste de España y sobre la evaluación económica del uso de aguas regeneradas en cultivos de mandarinos, respectivamente.

El análisis económico se dividirá, por un lado, en costes fijos, y por otro, en costes variables. Posteriormente, se realizará un análisis de precios a lo largo del tiempo; y finalmente se realizará un análisis de inversiones donde se expondrán los parámetros que definen una inversión de este tipo.

2.2.2. Costes fijos

Los costes fijos, son aquellos que no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad de una empresa, sino que permanecen invariables ante esos cambios.

Para poner en marcha cualquier explotación agrícola de frutales será necesario un movimiento de tierras y acondicionamiento del terreno, un material vegetal adecuado, un embalse de regulación para el riego, una instalación de riego, maquinaria en propiedad e impuestos y seguros, a pesar de la necesidad de todo esto para empezar a producir en este trabajo se considera que la maquinaria es alquilada y el agua no procede de un embalse sino que el agricultor es abastecido directamente por la comunidad de regantes. Todos estos costes no estarán ligados directamente a la unidad de producción (García, 2007), simplemente serán necesarios para que se den las condiciones necesarias para producir. A esto es a lo que llamaremos costes fijos. Otra forma de definir los costes fijos es teniendo en cuenta todo aquello que exista en la explotación, que suponga un coste, que tenga una vida útil mayor de un año.

En este caso la estimación de costes fijos se ha obtenido mediante el análisis de presupuestos solicitados a empresas suministradoras. A continuación se explica más detalladamente la estimación de costes fijos.

Cabezal y red de riego: la infraestructura que comprende el cabezal de riego incluye la bomba de riego, las tuberías de admisión e impulsión, batería de filtros, equipo de fertirrigación, caseta de mampostería, cuadro de control electrónico, etc. La red de riego incluye todas las tuberías que abastecen de agua a la finca. El coste estimado se ha cifrado en 2.584,87 €/h y una vida útil estimada de 10 años. Su valor residual es de 258,48 €.

Movimiento de tierras: este activo incluye el acondicionamiento del terreno, desmontes, terraplenes, zanjas para tuberías, construcción de caminos y vías de acceso, etc. Se estima su coste en 1.800 €/ha y una vida útil a efectos de cálculo de 15 años. Su valor residual es nulo.

Plantación: el coste estimado es de 1.750 €/ha en melocotonero Baby Gold, de 1.500 €/ha en albaricoquero Pepito, de 1.250 €/ha en peral Ercolini y de 1.625 €/ha en paraguayo UFO 3 e incluye el material vegetal y su trasplante a la finca con la maquinaria adecuada. Su vida útil es de 15 años.

A continuación se muestran una tabla ejemplo donde se reflejan los costes fijos utilizados para el análisis financiero. Los datos referentes al riego (cabezal y red de riego) así como el movimiento de tierras referidos a una hectárea son iguales en todos los frutales. El valor de las plantaciones difiere entre cultivos por el valor de las plantas y por los diferentes marcos de plantación.

Tabla 2: Ejemplo Valor de inversión melocotonero Baby Gold

| Activos | Valor de adquisición (€) | Valor residual (€) | Vida útil (años) |
|------------------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| Cabezal y red de riego | 2584,865 | 258,4865 | 15 |
| Movimiento de tierras | 1800 | 0 | 15 |
| Plantación | 1750 | 0 | 15 |
| Total (€) | 6134,865 | | |

2.2.3. Costes variables

Los costes variables son todos aquellos asociados al proceso productivo y a la producción anual. Sin asumir estos costes no sería posible producir o llevar a cabo el ciclo productivo.

Costes variables son la mano de obra necesaria en la explotación, el agua consumida, los fertilizantes, los productos fitosanitarios, la energía eléctrica consumida, la maquinaria propia o alquilada necesaria, la mano de obra, etc.

En la bibliografía (García et al. 2004 y Alcón et al. 2013) se adoptan distintas estructuras de costes variables dependiendo del tipo de proyecto del que se trate. En este caso se ha adoptado la estructura de Alcón et al. (2013) entendiendo que es la que mejor se adapta a nuestro proyecto.

Materias primas: agua, energía, fertilizantes, abonos foliares, fitosanitarios y otras materias primas.

Mano de obra: riego, poda, tratamientos, aclareo, labores y otras.

Maquinaria: tratamientos, recogida de poda, laboreo, asistencia a la recolección y otras.

La toma de datos asociada a estos costes se ha realizado acorde con los datos obtenidos del experimento, estimándose los costes en función de los precios de mercado. El procedimiento de estimación de costes para cada factor de producción o variable de entrada se detalla a continuación.

Materias primas

- Agua. Los datos de consumo de agua se han obtenido en el experimento de campo. Se ha fijado un precio de 0,23 €/m³ que corresponde con el precio de la Comunidad de Regantes de Miraflores que abastece a la finca objeto del experimento. Al estar comparando estrategias de RDC, éste será un coste variable dependiendo de la cantidad de agua utilizada.
- Fertilizantes. Se ha utilizado la misma cantidad de fertilizantes para cada tratamiento, por lo tanto no existirán diferencias de costes asociados a este parámetro. Los precios de los fertilizantes se han obtenido mediante consulta a distribuidores y agricultores.
- Productos fitosanitarios. En este apartado se han incluido todos los productos utilizados para combatir plagas y enfermedades del cultivo. Los precios de cada uno de los productos se han obtenido mediante consulta de facturas de los proveedores y presupuestos.

Maquinaria

Toda la maquinaria necesaria para el ciclo productivo de la explotación ha sido alquilada con un coste de 30 €/h. Los rendimientos dependen de la labor y el frutal, aunque será la misma para los tres tratamientos.

- Trituración y quemar restos de poda. Se ha establecido un rendimiento de 1,5 h/ha y 1 h/ha respectivamente. Todos los tratamientos requieren el mismo trabajo porque, aunque con estrategias de RDC pueden existir diferencias mermas en la producción de biomasa, en este experimento no se han apreciado diferencias.
- Tratamientos. Se han tenido en cuenta todos los tratamientos fitosanitarios, herbicidas y aplicaciones de abonos foliares existentes en cada ciclo de cultivo.
- Labores. Al igual que con la aplicación de fitosanitarios, herbicidas y abonos este coste no difiere en función de la estrategia de riego adoptada, siendo una vez más la maquinaria empleada para tal fin alquilada a 30 €/h y cuyos rendimientos variarán en función de la labor a desarrollar.

Mano de obra

La mano de obra tiene un coste de 60 €/jornal y los rendimientos varían según la labor y el frutal.

- Riegos. Será necesario estimar los costes asociados a la revisión mensual de la red de riego, de la sectorización de las parcelas, de las tareas de fertirrigación (rellenar los tanques con los abonos correspondientes), etc. Para la realización de estas tareas se han contabilizado 2h/ha y mes.
- Poda. El rendimiento de poda en melocotonero y paraguay se cifra en 45 árboles/jornal, en 80 árboles/jornal en peral y en 40 árboles/jornal en albaricoquero.
- Tratamientos. En cuanto a la mano de obra asociada a los tratamientos fitosanitarios, herbicidas o fertilización foliar, en este caso se tiene en cuenta los tratamientos en los que el trabajador realiza un tratamiento con mochila, puesto que en el caso de conducción del tractor el coste del operario está incluido en el alquiler de la maquinaria.
- Aclareo de frutos. El coste del aclareo de frutos se ha estimado tomando un rendimiento de 20 árboles/día en melocotonero y paraguay y de 80 árboles/día en albaricoquero.

Todo lo anteriormente descrito viene reflejado en las siguientes tablas, una por cada cultivo. En ellas se muestran los datos asociados a costes variables del tratamiento del agricultor que han sido obtenidos mediante encuestas en las parcelas objeto del ensayo. Los costes que sean diferentes en los tres tratamientos como la mano de obra de recolección, o el consumo de agua son expresados en el apartado de resultados

Análisis Financiero del Riego Deficitario Controlado en Frutales

Tabla 3: Costes y rendimientos albaricoquero Pepito

| Fase/mes | Operación/labor | Maquinaria | | | Materia prima | | | Trabajo | | |
|-----------------------------------|--|--|-------------------------|---------------------------|---|---------------------|---------------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | Denominación | Horas | Coste | Denominación | Uds. | Coste | H. propias | H. externas | Coste |
| Labores iniciales/poda | | | | | | | | | | |
| Agosto | Riego localizado pasar cuchilla con rulo | tractor+rulo | 1,125 | 33,75 | | | | 2 | | 15 |
| Septiembre | Riego localizado tratamiento foliar | Mochila | | | Tomahawk (herbicida) | 0,3 | 8,4 | 2 | | 15 |
| Octubre | Riego localizado Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | cobre y aceite | 12 | 60 | 2 | | 15 |
| Noviembre | Riego localizado labrar | tractor+arado | 1,563 | 46,875 | | | | 2 | | 15 |
| Diciembre | poda triturar leña quemar leña | tijeras tractor tractor | 1,500 1 | 45,000 30 | | | | | 125 | 937,5 |
| Inicio-floración | | | | | | | | | | |
| Diciembre | Riego localizado | | | | | | | 2 | | 15 |
| Enero | abonado cobertera riego localizado | Tractor+remolque | 0,25 | 7,5 | estiercol | 720 | 21,6 | 2 | 8 | 60 15 |
| Febrero | Abonado Tratamiento foliar Riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | Nitrofosca aceite | 26 12 | 18,72 23,76 | 2 | | 15 |
| Floración-fructificación | | | | | | | | | | |
| Marzo | Tratamiento foliar Abonado riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | cobre quelato de hierro | 3 100 | 30 850 | 2 | | 15 |
| Fructificación-recolección | | | | | | | | | | |
| Abril | reparar goteros labrar pasar rulo con cuchilla Tratamiento foliar Tratamiento foliar Tratamiento foliar riego localizado | tractor+arado tractor+rulo tractor+cuba con atomizador tractor+cuba con atomizador Mochila | 1,375 1,25 1 1 | 41,25 37,5 30 30 | Piriprosifen imidacloprid Glifosato | 0,4 0,5 2 | 9,328 8,225 8 | 1 2 2 | | 7,5 15 15 |
| Mayo | riego localizado Tratamiento foliar Abonado Tratamiento foliar pasar rulo con cuchilla | tractor+cuba con atomizador tractor+cuba con atomizador tractor+rulo | 1 1 1,25 | 30 30 37,5 | Iprodiona Basplant orange (N,P,K) Espirotetramato | 1,5 20,8 0,75 | 75 37,44 105 | | | |
| Junio | reparar gomas y goteros pasar trajilla riego localizado Tratamiento foliar Tratamiento foliar riego localizado | tractor+trajilla Mochila tractor+cuba con atomizador | 0,3125 1 | 9,375 30 | Glifosato imidacloprid | 2 0,5 | 8 8,225 | 1 2 | | 7,5 15 |
| Julio | Abonado Tratamiento foliar limpiar gomas y goteros Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador tractor+cuba con atomizador | 1 1 | 30 30 | urano organ(m.o) Azufre | 50,752 2 | 27,91 1 | 2 | | 15 |
| Julio | recolección | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | imidacloprid | 0,5 | 8,225 | 1 | | 7,5 |
| Julio | recolección | tractor+remolque | 2,18125 | 65,4375 | | | | | 87,25 | 5235 |

Análisis Financiero del Riego Deficitario Controlado en Frutales

Tabla 4 Costes y rendimientos melocotonero Baby Gold

| Fase/mes | Operación/labor | Maquinaria | | | Materia prima | | | Trabajo | | |
|-----------------------------------|---|--|------------|--------------|----------------------------|----------|----------------|------------|-------------|---------|
| | | Denominación | Horas | Coste | Denominación | Uds. | Coste | H. propias | H. externas | Coste |
| Labores iniciales/poda | | | | | | | | | | |
| Agosto | Riego localizado pasar cuchilla con rulo | tractor+rulo | 1,125 | 33,75 | | | | 2 | | 15 |
| Septiembre | Riego localizado tratamiento foliar | Mochila | | | Tomahawk (herbicida) | 0,3 | 8,4 | 2 | | 15 |
| Octubre | Riego localizado Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | cobre y aceite | 12 | 60 | 2 | | 15 |
| Noviembre | Riego localizado labrar | tractor+arado | 1,563 | 46,875 | | | | 2 | | 15 |
| Diciembre | poda triturar leña quemar leña | tijeras tractor tractor | 1,500 1 | 45,000 30 | | | | | 266,66 | 1999,95 |
| Inicio-floracion | | | | | | | | | | |
| Diciembre | Riego localizado | | | | | | | 2 | | 15 |
| Enero | abonado cobertera Riego localizado | Tractor+remolque | 0,25 | 7,5 | estiercol | 720 | 21,6 | | 8 | 60 |
| Febrero | Abonado Tratamiento foliar Riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | Nitrofosca aceite | 26 12 | 18,72 23,76 | 2 | | 15 |
| Floración-fructificación | | | | | | | | | | |
| Marzo | Tratamiento foliar Abonado riego localizado | tractor +cuba con atomizador | 1 | 30 | cobre quelato de hierro | 3 100 | 30 850 | 2 | | 15 |
| Fructificación-recolección | | | | | | | | | | |
| Abril | reparar goteros labrar | tractor +arado | 1,375 | 41,25 | | | | 1 | | 7,5 |
| | pasar rulo con cuchilla | tractor+rulo | 1,25 | 37,5 | | | | | | |
| | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | Piriprosifen | 0,4 | 9,328 | | | |
| | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | imidacloprid Mochila | 0,5 2 | 8,225 8 | 1 | | 7,5 |
| Mayo | riego localizado | | | | | | | 2 | | 15 |
| | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | Iprodiona | 1,5 | 75 | | | |
| | Abonado | | | | Basplant orange (N,P,K) | 50 | 90 | | | |
| | Tratamiento foliar pasar rulo con cuchilla Aclareo | tractor+cuba con atomizador tractor+rulo | 1 1,25 | 30 37,5 | Espirotetramato | 0,75 | 105 | | | |
| Junio | reparar gomas y goteros pasar trajilla | tractor+trajilla | 0,3125 | 9,375 | | | | | 113,5 | 851,2 |
| | riego localizado | | | | | | | 1 | | 7,5 |
| | Tratamiento foliar | Mochila | | | Glifosato | 2 | 8 | 2 | | 15 |
| Julio | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | imidacloprid | 0,5 | 8,225 | 1 | | 7,5 |
| | riego localizado | | | | | | | 2 | | 15 |
| | Abonado | | | | urano organ(m.o) | 122 | 67,1 | | | |
| | Tratamiento foliar limpiar gomas y goteros Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador tractor+cuba con atomizador | 1 1 | 30 30 | Azufre imidacloprid | 2 0,5 | 1 8,225 | 1 | | 7,5 |
| Recolección | | | | | | | | | | |
| Julio | recolección | tractor+remolque | 1,19166667 | 35,75 | | | | | 47,67 | 2860 |

Tabla 5: Costes variables y rendimientos de peral Ercolini

| Fase/mes | Operación/labor | Maquinaria | | | Materia prima | | | Trabajo | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|--------|--------|-------------------------|-------|--------|------------|-------------|------------|
| | | Denominación | Horas | Coste | Denominación | Uds. | Coste | H. propias | H. externas | Coste |
| Labores iniciales/poda | | | | | | | | | | |
| Agosto | Riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | aceite vegetal | 2,5 | 4,95 | 2 | | 15 |
| | Tratamiento foliar pasar cuchilla con rulo | | 1,125 | 33,75 | | | | | | |
| Septiembre | Riego localizado tratamiento foliar | Mochila | | | Tomahawk (herbicida) | 0,3 | 8,4 | 2 | | 15 |
| Octubre | Riego localizado Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | cobre y aceite | 12 | 60 | 2 | | 15 |
| Noviembre | Riego localizado labrar | tractor+arado | 1,5625 | 46,875 | | | | 2 | | 15 |
| Diciembre | Riego localizado poda quemar leña | tijeras tractor | 1 | 30 | | | | 2 | 376 | 15 2820 |
| Inicio-floración | | | | | | | | | | |
| Enero | abonado cobertera Riego localizado | Tractor+remolque | 0,25 | 7,5 | estiercol | 720 | 21,6 | 2 | 8 | 60 15 |
| Febrero | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | aceite | 12 | 23,76 | 2 | | 15 |
| | Riego localizado | | | | | | | | | |
| Floración-fructificación | | | | | | | | | | |
| Marzo | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | cobre quelato de hierro | 3 | 850 | 2 | | 15 |
| | Abonado riego localizado | | | | | | | | | |
| Fructificación-recolección | | | | | | | | | | |
| Abril | reparar goteros labrar | tractor+arado | 1,375 | 41,25 | | | | 1 | | 7,5 |
| | pasar rulo con cuchilla | tractor+rulo | 1,25 | 37,5 | | | | | | |
| | Tratamiento foliar | Mochila | | | Glifosato | 2 | 8 | 1 | | 7,5 |
| | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | abamectina | 1 | 21 | | | |
| Mayo | Tratamiento foliar riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | fosmet | 1,5 | 30,6 | 2 | | 15 15 |
| | Tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | difenoconazol | 0,5 | 4,5 | 2 | | |
| | Abonado | tractor+cuba con atomizador | 1 | 30 | Plymag sol (N,P,K) | 50 | 57,5 | | | |
| | Tratamiento foliar pasar rulo con cuchilla | tractor+rulo | 1,25 | 37,5 | espirotetramato | 0,75 | 105 | | | |
| Junio | reparar gomas y goteros pasar trajilla | tractor+trajilla | 0,3125 | 9,375 | | | | 1 | | 7,5 |
| | riego localizado | | | | | | | 2 | | 15 |
| | tratamiento foliar | tractor+cuba con atomizador | | | aceite | 1,5 | 2,97 | | | |
| Julio | Abonado | | | | sulfato potasico | 112,5 | 101,25 | | | |
| | Tratamiento foliar | Mochila | | | Glifosato | 2 | 8 | 1 | | 7,5 |
| | riego localizado | | | | urano organ(m.o) | 305 | 167,75 | 2 | | 15 |
| | limpiar gomas y goteros | | | | | | | 1 | | 7,5 |
| Recolección | | | | | | | | | | |
| Julio | recolección | tractor+remolque | 1,415 | 42,45 | | | | | 56,6 | 3396 |

Análisis Financiero del Riego Deficitario Controlado en Frutales

Tabla 6: Costes variables y rendimientos en paraguay UFO 3

| Fase/mes | Operación/labor | Maquinaria | | | Materia prima | | | Trabajo | | |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------|-------|---------------|------------|--------|------------|-----------------------------|---------|
| | | Denominación | Horas | Coste | Denominación | Uds. | Coste | H. propias | H. externas | Coste |
| labores iniciales/poda | | | | | | | | | | |
| Julio | Riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1,5 | 45 | aceite | 86,90 | 172,07 | 2 | | 15 |
| | tratamiento foliar | | | | | | | | | 62,0725 |
| | limpiar gomas y goteros | | | | | | | | | |
| Agosto | siega hierba | desbrozadora | | | | | | | 8,65 | 64,905 |
| | triturar hierba | | | | | | | | 1,54 | 11,515 |
| | tratamiento biodinámico | | | | | | | | 0,394 | 2,955 |
| Septiembre | Riego localizado | tractor+culo | 1,5 | 45 | | | | 2 | | 15 |
| | pasar cuchilla con rulo | | | | | | | | | 10,75 |
| | quitar raijos | | | | | | | | | 6,49 |
| Octubre | siega hierba | desbrozadora | | | | | | | 8,65 | 64,905 |
| | triturar hierba | | | | | | | | 1,54 | 11,515 |
| | Riego localizado | | | | | | | | tractor+cuba con atomizador | 1,250 |
| recoger gomas | | 55,1 | | | | | | | | |
| tratamiento foliar | | 62,0725 | | | | | | | | |
| Noviembre | Riego localizado | tractor+arado | 1,00 | 30 | | | | 2 | | 15 |
| | labrar | | | | | | | | | |
| | Riego localizado | | | | | | | | tijeras | 1,75 |
| poda | | 77,19 | | | | | | | | |
| amontonar leña | tractor | 1,500 | 45 | | | | 2 | | | |
| triturar leña | | | | | | | | | | |
| Inicio-floración | | | | | | | | | | |
| Enero | Riego localizado | Tractor+remolque | 2 | 60 | estiercol | 4824,66667 | 144,74 | 2 | | 15 |
| | colocar gomas | | | | | | | | | 15,03 |
| | tratamientos biodinámicos | | | | | | | | | 2,955 |
| Febrero | abonado cobertera | tractor+cuba con atomizador | 1,25 | 37,5 | aceite | 86,90 | 172,07 | 2 | | 15 |
| | Riego localizado | | | | | | | | | 62,0725 |
| | Tratamiento foliar | | | | | | | | | |
| Marzo | colocar mosqueros | tractor+cuba con atomizador | 1,25 | 37,5 | aceite | 86,90 | 172,07 | 2 | | 15 |
| | limpiar gomas | | | | | | | | | 62,0725 |
| | Floración-fructificación | | | | | | | | | |
| Abril | Riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1,25 | 37,5 | aceite | 86,90 | 172,07 | 2 | | 15 |
| | Tratamiento foliar | | | | | | | | | 62,0725 |
| | colocar mosqueros | | | | | | | | | |
| Mayo | limpiar gomas | tractor+remolque | 2,25 | 67,5 | | | | 2 | | 15 |
| | Floración-fructificación | | | | | | | | | |
| | Riego localizado | | | | | | | | tractor+cuba con atomizador | 1,25 |
| abonado | | 62,0725 | | | | | | | | |
| pasar rulo | | | | | | | | | | |
| Junio | aplicar compost | tractor+remolque | 2,25 | 67,5 | | | | 2 | | 15 |
| | tapar compost | | | | | | | | | 6,55 |
| | Fructificación-recolección | | | | | | | | | |
| Julio | Riego localizado | tractor+cuba con atomizador | 1,25 | 37,5 | aceite | 86,90 | 172,07 | 2 | | 15 |
| | reparar goteros | | | | | | | | | 0,85 |
| | colocación feromonas anarsia | | | | | | | | | 8,75 |
| Agosto | aclareo | tractor+remolque | 2 | 60 | estiercol | 4824,66667 | 144,74 | 2 | | 15 |
| | riego localizado | | | | | | | | | 62,0725 |
| | abonado | | | | | | | | | |
| Septiembre | pasar rulo | tractor+culo | 1,25 | 37,5 | | | | 2 | | 15 |
| | riego localizado | | | | | | | | | 62,0725 |
| | pasar trajilla | | | | | | | | | |
| Octubre | Recolección | tractor+trajilla | 1,5 | 45 | | | | 2 | | 15 |
| | Recolección | | | | | | | | | |
| | Recolección | | | | | | | | | |
| Noviembre | recolección | tractor+remolque | 2,5 | 75 | | | | | 147,85 | 1108,88 |

2.2.4. Precios

Para el cálculo de precios se ha establecido el año 2016 como año de referencia, coincidente con el año en el que se han estimado los costes- A partir de los índices de precios percibidos base 2010 se han obtenido unos coeficientes por los que se han permitido obtener unos precios constantes. Los precios utilizados han sido obtenidos de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia CARM (2017). Por último se ha realizado una media desde el año 2012 hasta el 2016.

Tabla 7: Índices de precios percibidos

| Año | Índices de precios percibidos Base 2010 | Base 2016 (%) | Base 2016 |
|------|---|---------------|-----------|
| 2012 | 101,04 | 86,00 | 0,8600 |
| 2013 | 117,67 | 100,15 | 1,0015 |
| 2014 | 104,28 | 88,76 | 0,8876 |
| 2015 | 115,18 | 98,03 | 0,9803 |
| 2016 | 117,49 | 100,00 | 1,0000 |

Tabla 8: Precios medios de la fruta sin actualizar

| Año | Pepito | Baby Gold | Ercolini | UFO 3 |
|------|--------|-----------|----------|-------|
| 2012 | 0,65 | 0,75 | 0,57 | 0,73 |
| 2013 | 0,62 | 0,78 | 0,75 | 0,94 |
| 2014 | 0,65 | 0,47 | 0,73 | 0,64 |
| 2015 | 0,8 | 0,74 | 0,83 | 0,74 |
| 2016 | 0,9 | 0,74 | 0,92 | 0,7 |

Tabla 9: Promedio precios de fruta actualizados

| Precio Base 2016 | Pepito | Baby Gold | Ercolini | UFO 3 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2012 | 0,56 | 0,64 | 0,49 | 0,63 |
| 2013 | 0,62 | 0,78 | 0,75 | 0,94 |
| 2014 | 0,58 | 0,42 | 0,65 | 0,57 |
| 2015 | 0,78 | 0,73 | 0,81 | 0,73 |
| 2016 | 0,90 | 0,74 | 0,92 | 0,70 |
| Promedio | 0,69 | 0,66 | 0,72 | 0,71 |

2.2.5. Análisis de inversiones

Cualquier proyecto de inversión queda caracterizado por una serie de parámetros, ampliamente definidos el sector agrícola (Romero, 1988; Alonso e Iruretagoyena, 1992; Muñoz y Rouco, 1997; García García, 2001), y para otras actividades productivas diversas (Peumans, 1977; Mao, 1986). Estos parámetros son:

1.- Pago de inversión (K). Es el número de unidades monetarias que el empresario desembolsa para poner en marcha el proyecto. Este pago, en principio, se supone desembolsado de una sola vez en el año inicial de la inversión, aunque en determinadas circunstancias y cuando la inversión va poniendo en funcionamiento a lo largo de los años sucesivas unidades de producción, puede fraccionarse. En el caso de inversiones agrícolas, deben incluirse aquí los siguientes conceptos:

- Terrenos y sus posibles mejoras.
- Fincas agrícolas, plantaciones, granjas, etc. y sus mejoras.
- Obra civil: caminos, presas, excavaciones, explanaciones, etc.
- Maquinaria, equipos e instalaciones.
- Bienes inmuebles: naves, edificios.
- Gastos de constitución y establecimiento empresarial, estudios de viabilidad, etc.
- Compra de patentes, licencias, concesiones, marcas, seguros, etc.
- Honorarios de proyecto, estudios de impacto ambiental, licencias de obra, dirección de obra, etc.

El pago de la inversión puede realizarse en un único pago o fraccionarse en unos pocos años, sin embargo si se fracciona en muchos años sucesivos en pequeñas cuotas parece dudoso que se incluyan en el concepto de pago de la inversión. Entonces, para definir este concepto hay que recurrir a un criterio suficientemente preciso, considerando por ejemplo, pagos de inversión a los desembolsos realizados sólo por la adquisición de capital fijo, como aquél que permanece en la explotación varios ciclos de cultivo.

2.- Vida del proyecto (n). Es el periodo de tiempo, medido generalmente en años, durante el cual la inversión seguirá funcionando y rindiendo, a partir del momento inicial y de acuerdo con las perspectivas de flujos de caja que se ha creado el inversor.

Un problema que se presenta al estimar la vida del proyecto tiene su origen en las diferentes expectativas de vida útil de los diferentes elementos que constituyen la inversión; así, en principio la vida del proyecto podría quedar definida por el elemento de duración máxima, por una ponderación de duraciones de diferentes elementos. Ambos tienen el inconveniente de no relacionar la vida del proyecto con el pago de inversión; así, si la vida más larga corresponde a un elemento de escaso peso específico en el pago de inversión, puede resultar desproporcionalmente dilatada en relación con dicho pago. Por ello, al estimar la vida del proyecto, habrá que ponderar la importancia económica de cada elemento o grupo de elementos homogéneos en cuanto a su duración prevista.

Por ello, este parámetro está sometido en su fijación a una gran incertidumbre, pero a pesar de ello es muy importante fijarlo correctamente para el posterior cálculo de los índices que nos van a medir la rentabilidad de la inversión.

3.- Flujo de caja (R). A lo largo de su vida la inversión va a generar una corriente de cobros atribuida a los ingresos que el funcionamiento del proyecto generará: venta de productos obtenidos con los elementos adquiridos con la inversión, por ejemplo. Al mismo tiempo se generará otra corriente de signo opuesto, los pagos inherentes al proceso productivo o al proceso financiero que surge de la inversión: pagos por la compra de materias primas, por salarios, suministro de energía, etc. Las inversiones también generan otros pagos, generalmente de menor cuantía, tales como impuestos, comisiones, etc.

De forma que siendo C_j el total de cobros del año j y P_j los pagos para ese mismo año, se define el flujo de caja R_j como:

$$R_j = C_j - P_j$$

El flujo de caja no se compone sólo de cobros y pagos ordinarios, llamando así a todos los que se originan en cada uno de los ejercicios económicos como consecuencia de la puesta en marcha del proceso productivo de transformación de materias primas, trabajos y otros factores de producción en productos y servicios. Es preciso también añadir los cobros y pagos extraordinarios que proceden especialmente de la renovación parcial de los bienes de equipo, ya que no todos ellos tienen la misma vida útil. El pago de inversión puede ser considerado como el primer pago extraordinario correspondiente al año cero de la inversión; sin embargo por su carácter especial se hace una excepción con él y no se le incluye en el flujo de caja. La distinción entre flujo ordinario y extraordinario debe ser tenida en cuenta, entre otras razones, porque la

periodicidad de unos y otros pagos y/o cobros no es la misma, y porque el flujo extraordinario introduce frecuentemente oscilaciones atípicas cuando se suma al ordinario.

4.- Tasa de actualización o descuento. Es aquélla que posibilita la homogeneización de los parámetros de la inversión al referirlos todos a la misma unidad de tiempo ya que cada flujo de caja se obtiene en un año diferente. Este hecho requiere que se establezca una relación de equivalencia, normalmente con el momento inicial de la inversión, mediante la actualización de los flujos a ese momento inicial, de la siguiente forma:

$$R_j / (1 + i)^j$$

En un primer momento i puede ser considerado como la tasa del coste de oportunidad del inversor, medida ésta como la rentabilidad de una inversión alternativa sin riesgo alguno a tipos usuales de interés de mercado.

Los criterios que se van a utilizar para evaluar la inversión son los siguientes:

Valor neto actualizado (VNA). Este criterio tiene en cuenta la cronología de los flujos de caja generados por cada inversión, aunque no tiene en cuenta el pago de la inversión. Con este criterio, por tanto, no se determina ni la rentabilidad absoluta ni la relativa, sino que únicamente se mide la suma algebraica convenientemente actualizada de los flujos de caja originados por la inversión. Sólo mide la ganancia total del proyecto.

Su expresión es:

$$VNA = \sum_{j=1}^n R_j / (1 + i)^j$$

Valor Actual Neto (VAN). Es un criterio más adecuado que el anterior y es la forma más intuitiva de evaluar la rentabilidad de una inversión. Consiste en restar a la suma, convenientemente homogeneizada, de unidades monetarias que la inversión proporciona al inversor, las unidades monetarias que el inversor ha dado a la misma.

$$VAN = \sum_{j=1}^n R_j / (1 + i)^j - K$$

La expresión anterior corresponde al concepto de valor actual neto de la inversión, llamado también plusvalía o valor capital de la inversión. En definitiva, este concepto indica la ganancia neta generada por el proyecto. Por esta razón, cuando un proyecto tiene un VAN mayor que cero se dice que, para el tipo de interés elegido, resulta viable desde un punto de vista financiero. Por el contrario, si el VAN es negativo, el proyecto no será viable y quedará inmediatamente descartada su ejecución, pues en tal caso el proyecto proporciona al inversor un número de unidades monetarias menor que las que el inversor proporciona al proyecto.

Tasa interna de rendimiento (TIR). Este criterio mide el tipo de interés generado por la inversión. Este tipo de interés constituirá una especie de indicador de la eficacia que ha tenido la inversión para el inversor (Romero, 1988; Alonso, 1992; García García, 2001). Si este tipo de interés fuese λ en caso de que el pago de inversión no estuviese fraccionado, debería satisfacerse la siguiente ecuación:

$$K = \sum_{j=1}^n R_j / (1 + \lambda)^j$$

Si $\lambda < i$, el proyecto no es rentable, resultando así más interesante prestar las K unidades monetarias a devolver en n años al i de interés en tanto por uno.

Si $\lambda > i$, la inversión es rentable en principio y puede ser interesante su ejecución desde un punto de vista financiero (IMIDA)

Capítulo 3. Resultados

Los resultados del análisis financiero del experimento van a ser expuestos para cada uno de los cultivos analizados en el experimento. Concretamente para albaricoquero Pepito, melocotonero Baby Gold y peral adulto Ercolini en agricultura convencional, y en agricultura ecológica para el paraguayo UFO 3 y peral joven Ercolini. De este último cultivo no se ha calculado su rentabilidad puesto que al tratarse de un frutal que no ha llegado a su madurez y plena producción no ha sido aplicado el tratamiento 3 (RDC).

Antes de exponer los resultados resulta de utilidad señalar que se trata de una plantación de árboles frutales y éstos necesitan un periodo de entrada en producción. Como la mayoría de los árboles son adultos se va a asumir que la fruta ya tiene su valor comercial. Esta simplificación se ha realizado para no distorsionar el ensayo.

Las tablas mostradas en este apartado reflejan el flujo de caja de cada uno de los cultivos así como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Los costes variables para cada uno de los tratamientos han sido considerados iguales a excepción de la mano de obra en la recolección y el consumo de agua.

Otro de los parámetros diferentes es la producción, ya que esta se ve afectada por el aporte de agua y repercute en el total de los ingresos.

Una vez han sido calculados los ingresos y costes totales se obtiene el flujo de caja mediante la diferencia de ambos. Con este dato, la producción e inversión (costes fijos) se obtienen el VAN y la TIR que determinan la rentabilidad del cultivo en cuestión. Para el cálculo del VAN y la TIR se ha considerado un interés fijo del 5% y la inversión inicial varía en función del cultivo debido a el coste de plantación.

Cabe destacar que esta rentabilidad varará en función de los precios de mercado (materias primas, mano de obra, etc.) que influyen en los costes variables, pero sobre todo debido al precio del agua y de la fruta.

3.1 Albaricoquero Pepito

3.1.1 Análisis financiero Albaricoquero Pepito

En la siguiente tabla se muestran los costes variables asociados a la producción de albaricoquero Pepito así como los ingresos generados por la producción. De la diferencia de ellos se obtiene el flujo de caja que nos sirve para calcular posteriormente unos ratios de rentabilidad. Los costes variables se dividen en materias primas, mano de obra, maquinaria y otros pagos.

Tabla 10: Costes variables Albaricoquero Pepito

| Tratamiento | Control | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1.- PRODUCCIÓN (kg/ha) | | | |
| 1.1.-Producción (kg/ha) | 34.900,00 | 32.200,00 | 30.700,00 |
| 1.2.-Precio medio (€/kg) | 0,69 | 0,69 | 0,69 |
| TOTAL INGRESOS (€/Ha) | 24.081,0 | 22.218,0 | 21.183,0 |
| 2.1.- Materias primas (€/ha) | | | |
| agua consumo | 6.400,00 | 6.350,00 | 5.400,00 |
| 2.1.1 -Agua de riego | 1.472 | 1.461 | 1.242 |
| 2.1.2.-Fertilizantes | 956 | 956 | 956 |
| 2.1.3.- Fitosanitarios | 353 | 353 | 353 |
| 2.1.4.- Energía eléctrica | | | |
| 2.1.5.- Otras materias primas | | | |
| Total de materias primas (€/ha) | 2.781 | 2.769 | 2.551 |
| 2.2- Mano de obra (€/ha) | | | |
| 2.2.1.- Riegos | 180 | 180 | 180 |
| 2.2.2.- Poda | 938 | 938 | 938 |
| 2.2.3.- Tratamientos | 75 | 75 | 75 |
| 2.2.4.- Recolección | 5.235 | 4.830 | 4.605 |
| 2.2.5.- Labores | 23 | 23 | 23 |
| Total de mano de obra (€/ha) | 6.450 | 6.045 | 5.820 |
| 2.3- Maquinaria (€/ha) | | | |
| 2.3.1.- Tratamientos | 308 | 308 | 308 |
| 2.3.3.- Labores | 281 | 281 | 281 |
| 2.3.2.- Recolección | 65 | 65 | 65 |
| Total maquinaria (€/ha) | 654 | 654 | 654 |
| 2.4.- Otros pagos | 1.059 | 1.059 | 1.059 |
| 2.4.1.- Seguros e impuestos | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 2.4.2.- Conservación y mantenimiento | 59 | 59 | 59 |
| Total Otros (€/ha) | | | |
| TOTAL COSTES | | | |
| VARIABLES(€/ha): | 10.944 | 10.527 | 10.084 |
| Flujo de caja | 13.137 | 11.691 | 11.099 |

En la tabla 10 se muestran tanto los costes variables asociados a la producción de albaricoque Pepito así como los ingresos asociados a su venta. El flujo de caja en el tratamiento uno es de 13137 €, en el tratamiento dos es de 11691 € y en el tratamiento tres de 11099 €.

Tabla 11 Ratios en Albaricoquero Pepito

| | T1 | T2 | T3 |
|-------------------|------|------|------|
| MB/m ³ | 2,05 | 1,84 | 2,06 |
| Cost/kg | 0,31 | 0,33 | 0,33 |
| Kg/m ³ | 5,45 | 5,07 | 5,69 |
| MB/kg | 0,38 | 0,36 | 0,36 |

En la tabla 11 se ve que el margen bruto de beneficio es mayor en tratamiento tres, el coste para producir un kg de producto es prácticamente el mismo, los kg de fruta producidos por metro cúbico de agua son mayores en el tratamiento de RDC y el margen bruto de beneficio por kg es casi igual en los tres tratamientos.

En la tabla 12 se observa que pese a que los tres tratamientos son viables VAN es > 0 y rentables TIR es > 0 el mejor es el tratamiento del agricultor con un 61% de tasa interna de retorno y un valor actual neto de 97370.06 €.

Tabla 12: VAN y TIR de los tres tratamientos en Albaricoquero Pepito

| | T1 | T2 | T3 |
|---------|----------|----------|----------|
| VAN (€) | 97370,06 | 91749,25 | 87096,41 |
| TIR (%) | 61,00 | 58,00 | 56,00 |

3.1.2 Análisis sensibilidad Albaricoquero Pepito

Tabla 13: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en Albaricoquero Pepito

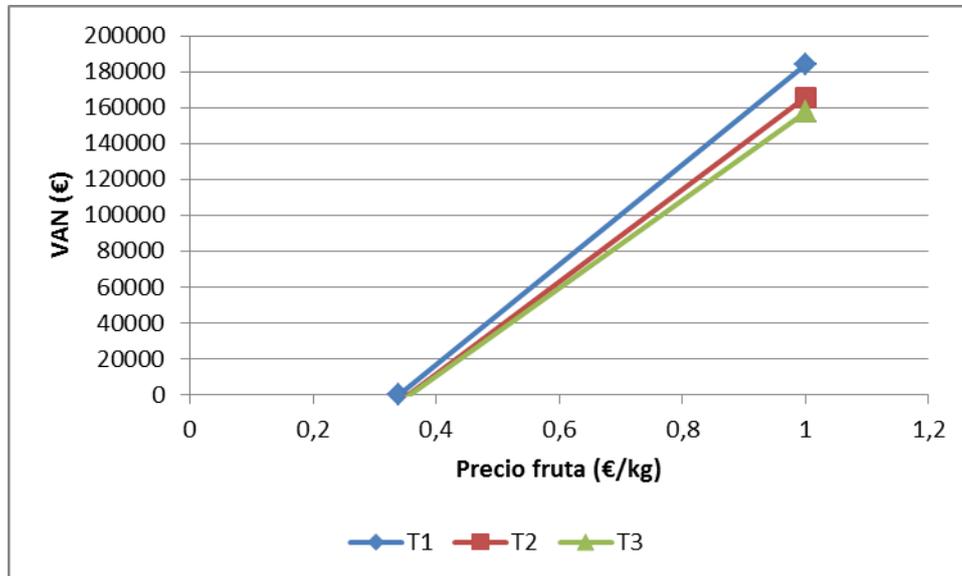
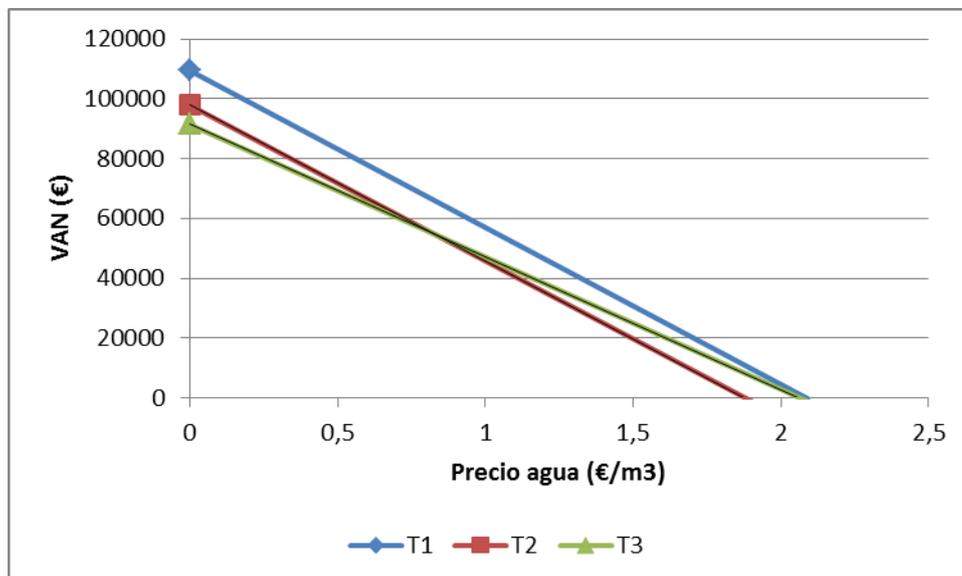


Tabla 14: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en Albaricoquero Pepito



En el análisis de sensibilidad se puede afirmar que el tratamiento uno es el más rentable. Al variar el precio de la fruta e igualando el VAN a 0 vemos que en el tratamiento uno el agricultor empezaría a perder dinero por debajo de 0.34 €/kg frente a los otros dos que perderían dinero con un precio de la fruta más elevado. Si variamos el precio del agua el tratamiento uno vuelve a ser el más rentable ya que para tener pérdidas el precio del metro cúbico de agua debería estar por encima de 2.09 €. En este caso en particular vemos que a pesar de que en un principio el tratamiento dos es mejor que el tres este último pasa a ser más rentable a partir de que el metro cúbico de agua cueste 0.83 €.

3.2 Melocotonero Baby Gold

3.2.1 Análisis financiero Melocotonero Baby Gold

En la siguiente tabla se muestran los costes variables asociados a la producción de melocotonero Baby Gold así como los ingresos generados por la producción. De la diferencia de ellos se obtiene el flujo de caja que nos sirve para calcular posteriormente unos ratios de rentabilidad. Los costes variables se dividen en materias primas, mano de obra, maquinaria y otros pagos.

Tabla 15: Costes variables en Melocotonero Baby Gold

| | Control | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Tratamiento | | | |
| 1.- PRODUCCIÓN (kg/ha) | | | |
| 1.1.-Producción (kg/ha) | 34.900,00 | 32.200,00 | 30.700,00 |
| 1.2.-Precio medio (€/kg) | 0,69 | 0,69 | 0,69 |
| TOTAL INGRESOS (€/Ha) | 24.081,0 | 22.218,0 | 21.183,0 |
| 2.1.- Materias primas (€/ha) | | | |
| agua consumo | 6.400,00 | 6.350,00 | 5.400,00 |
| 2.1.1 -Agua de riego | 1.472 | 1.461 | 1.242 |
| 2.1.2.-Fertilizantes | 956 | 956 | 956 |
| 2.1.3.- Fitosanitarios | 353 | 353 | 353 |
| 2.1.4.- Energía eléctrica | | | |
| 2.1.5.- Otras materias primas | | | |
| Total de materias primas (€/ha) | 2.781 | 2.769 | 2.551 |
| 2.2- Mano de obra (€/ha) | | | |
| 2.2.1.- Riegos | 180 | 180 | 180 |
| 2.2.2.- Poda | 938 | 938 | 938 |
| 2.2.3.- Tratamientos | 75 | 75 | 75 |
| 2.2.4.- Recolección | 5.235 | 4.830 | 4.605 |
| 2.2.5.- Labores | 23 | 23 | 23 |
| Total de mano de obra (€/ha) | 6.450 | 6.045 | 5.820 |
| 2.3- Maquinaria (€/ha) | | | |
| 2.3.1.- Tratamientos | 308 | 308 | 308 |
| 2.3.3.- Labores | 281 | 281 | 281 |
| 2.3.2.- Recolección | 65 | 65 | 65 |
| Total maquinaria (€/ha) | 654 | 654 | 654 |
| 2.4.- Otros pagos | 1.059 | 1.059 | 1.059 |
| 2.4.1.- Seguros e impuestos | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 2.4.2.- Conservación y mantenimiento | 59 | 59 | 59 |
| Total Otros (€/ha) | | | |
| TOTAL COSTES VARIABLES(€/ha): | 10.944 | 10.527 | 10.084 |
| Flujo de caja | 13.137 | 11.691 | 11.099 |

En la tabla 15 se muestran tanto los costes variables asociados a la producción de melocotón Baby Gold así como los ingresos asociados a su venta. El flujo de caja en

el tratamiento uno es de 13137 €, en el tratamiento dos es de 11691 € y en el tratamiento tres de 11089 €.

Tabla 16: Ratios en melocotonero Baby Gold

| | T1 | T2 | T3 |
|-------------------|------|------|------|
| MB/m ³ | 1,52 | 1,61 | 2,52 |
| Cost/kg | 0,36 | 0,34 | 0,31 |
| Kg/m ³ | 5,11 | 4,98 | 7,22 |
| MB/kg | 0,30 | 0,32 | 0,35 |

En la tabla 16 se ve que el margen bruto de beneficio es muy superior en el tratamiento tres, el coste para producir un kg de producto presenta muy pocas diferencias, los kg de fruta producidos por metro cúbico de agua son mayores en el tratamiento de RDC y el margen bruto de beneficio por kg vuelve a ser mayor en el último tratamiento 0.35 €/kg frente a 0.32 €/kg en el T2 y 0.3 €/kg en el T1.

Tabla 17: VAN y TIR de los tres tratamientos en Melocotonero Baby Gold

| | T1 | T2 | T3 |
|---------|----------|----------|----------|
| Van (€) | 60195,40 | 75468,86 | 89355,50 |
| TIR (%) | 46,45 | 52,40 | 57,61 |

En la tabla 17 se muestra que los tres tratamientos son viables y rentables pero el mejor resulta ser el de riego deficitario controlado con 89355.5 € de VAN y un 57.61% de TIR.

3.2.2 Análisis sensibilidad Melocotonero Baby Gold

Tabla 18: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en Melocotonero Baby Gold

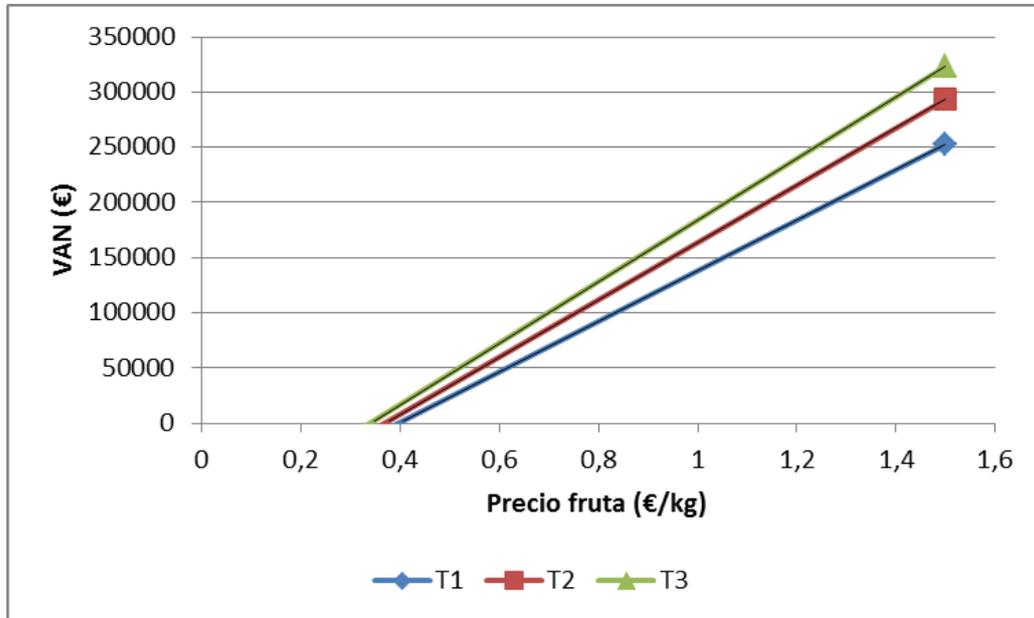
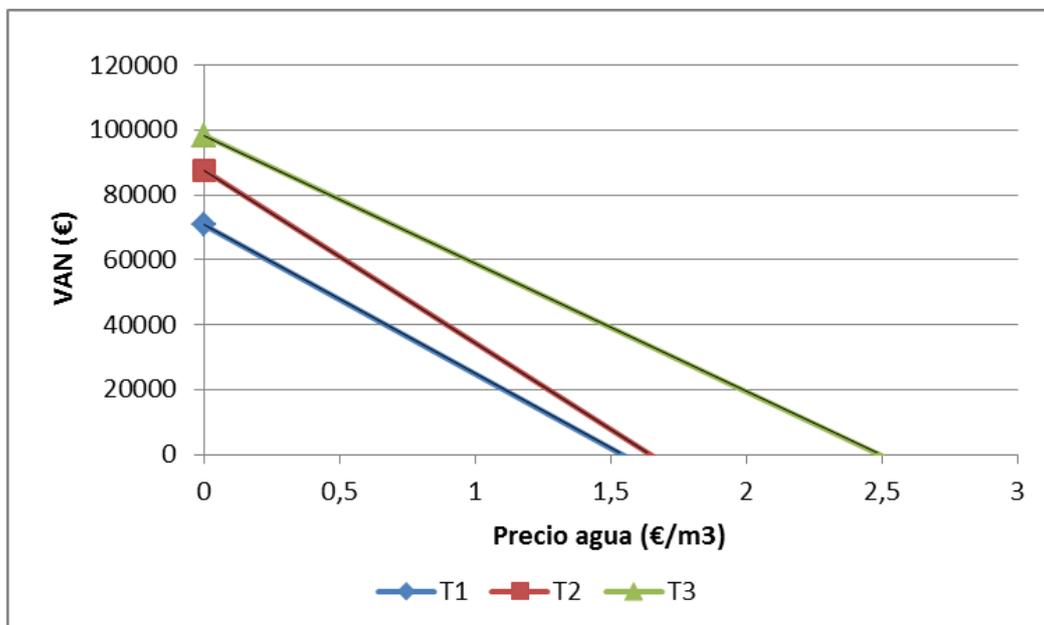


Tabla 19: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en Melocotonero Baby gold



En el análisis de sensibilidad se puede afirmar que el tratamiento más rentable es el relativo al RDC. Al variar el precio de la fruta en el tratamiento tres el agricultor empezaría a perder dinero por debajo de 0.33 €/kg frente al dos 0.37 €/kg y el tres 0.40 €/kg. Si variamos el precio del agua el tratamiento tres vuelve a ser el más rentable ya que para tener pérdidas el precio del metro cúbico de agua debería estar por encima de 2.50 €, en el tratamiento dos por encima de 1.65 € y en el uno por encima de 1.54 €.

3.3 Peral Ercolini

3.3.1 Análisis financiero Peral Ercolini

En la siguiente tabla se muestran los costes variables asociados a la producción de peral Ercolini así como los ingresos generados por la producción. De la diferencia de ellos se obtiene el flujo de caja que nos sirve para calcular posteriormente unos ratios de rentabilidad. Los costes variables se dividen en materias primas, mano de obra, maquinaria y otros pagos.

Tabla 20: Costes variables en Peral Ercolini

| | Control | | |
|--|------------------|-----------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Tratamiento | | | |
| 1.- PRODUCCIÓN (kg/ha) | | | |
| 1.1.-Producción (kg/ha) | 28.300,00 | 37.800,00 | 32.100,00 |
| 1.2.-Precio medio (€/kg) | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| TOTAL INGRESOS (€/Ha) | 20.376,00 | 27.216,0 | 23.112,00 |
| 2.1.- Materias primas (€/ha) | | | |
| agua consumo | 7.500,00 | 6.100,00 | 5.500,00 |
| 2.1.1 -Agua de riego | 1.725 | 1.403 | 1.265 |
| 2.1.2.-Fertilizantes | 1.198 | 1.198 | 1.198 |
| 2.1.3.- Fitosanitarios | 307 | 307 | 307 |
| 2.1.4.- Energía eléctrica | | | |
| 2.1.5.- Otras materias primas | | | |
| Total de materias primas (€/ha) | 3.230 | 2.908 | 2.770 |
| 2.2- Mano de obra (€/ha) | | | |
| 2.2.1.- Riegos | 165 | 165 | 165 |
| 2.2.2.- Poda | 2.820 | 2.820 | 2.820 |
| 2.2.3.- Tratamientos | 68 | 68 | 68 |
| 2.2.4.- Recolección | 3.396 | 4.536 | 3.852 |
| 2.2.6.-Labores | | | |
| Total de mano de obra (€/ha) | 6.449 | 7.589 | 6.905 |
| 2.3- Maquinaria (€/ha) | | | |
| 2.3.1.- Tratamientos | 248 | 248 | 248 |
| 2.3.3.-Labores | 236 | 236 | 236 |
| 2.3.2.- Recolección | 42 | 42 | 42 |
| Total maquinaria (€/ha) | 526 | 526 | 526 |
| 2.4.- Otros pagos | | | |
| 2.4.1.- Seguros e impuestos | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 2.4.2.- Conservación y mantenimiento | 56 | 56 | 56 |
| Total Otros (€/ha) | 1.056 | 1.056 | 1.056 |
| TOTAL COSTES VARIABLES(€/ha): | 11.261 | 12.079 | 11.257 |
| Flujo de caja | 9.115 | 15.137 | 11.855 |

En la tabla 20 aparecen los costes variables de la producción de pera Ercolini así como los ingresos. El flujo de caja en el tratamiento uno es de 9115 €, en el tratamiento dos es de 15137 € y en el tratamiento tres de 11855 €.

Tabla 21: Ratios en peral Ercolini

| | T1 | T2 | T3 |
|---------|------|------|------|
| MB/m3 | 1,45 | 2,71 | 2,39 |
| Cost/kg | 0,34 | 0,28 | 0,31 |
| Kg/m3 | 3,77 | 6,20 | 5,84 |
| MB/kg | 0,38 | 0,44 | 0,41 |

En la tabla 21 se ve que el margen bruto de beneficio es mayor en el tratamiento dos, cuesta más producir un kg de producto con el tratamiento uno, el tratamiento dos también es el que produce más kg por metro cúbico de agua aplicada y su margen de beneficio también es mayor 0.44 €/kg frente a 0.38 €/kg del tratamiento uno y 0.41 €/kg del tratamiento tres.

En la tabla 22 se muestra que los tres tratamientos son viables y rentables pero en este caso el mejor tratamiento es el que satisface el 100% de la ETC con 113418.11 € de VAN y un 67 % de TIR.

Tabla 22: VAN y TIR de los tres tratamientos en peral Ercolini

| | T1 | T2 | T3 |
|---------|----------|-----------|----------|
| VAN (€) | 65343,78 | 113418,11 | 87289,17 |
| TIR (%) | 50,00 | 67,00 | 59,00 |

3.3.2 Análisis de sensibilidad de Peral Ercolini

Tabla 23: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en Peral Ercolini

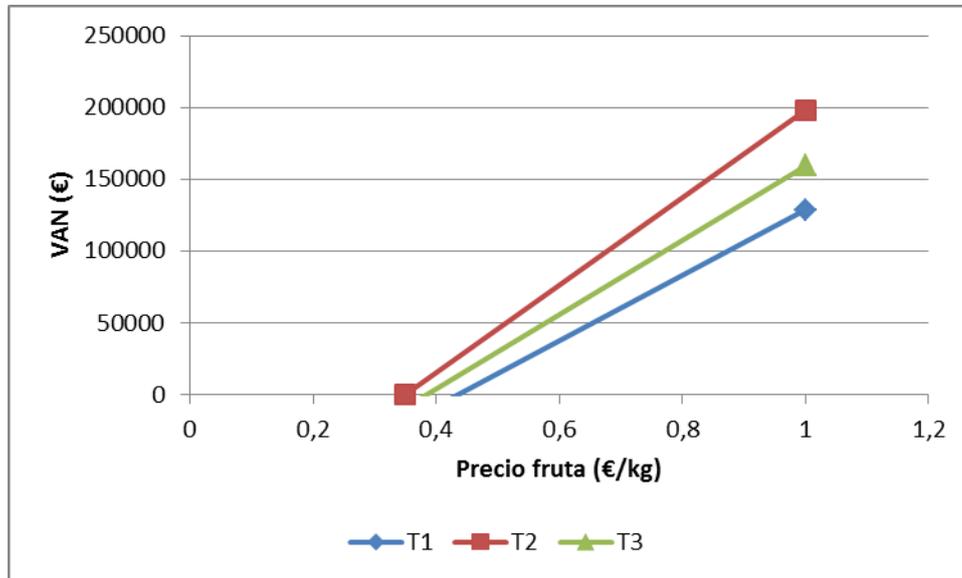
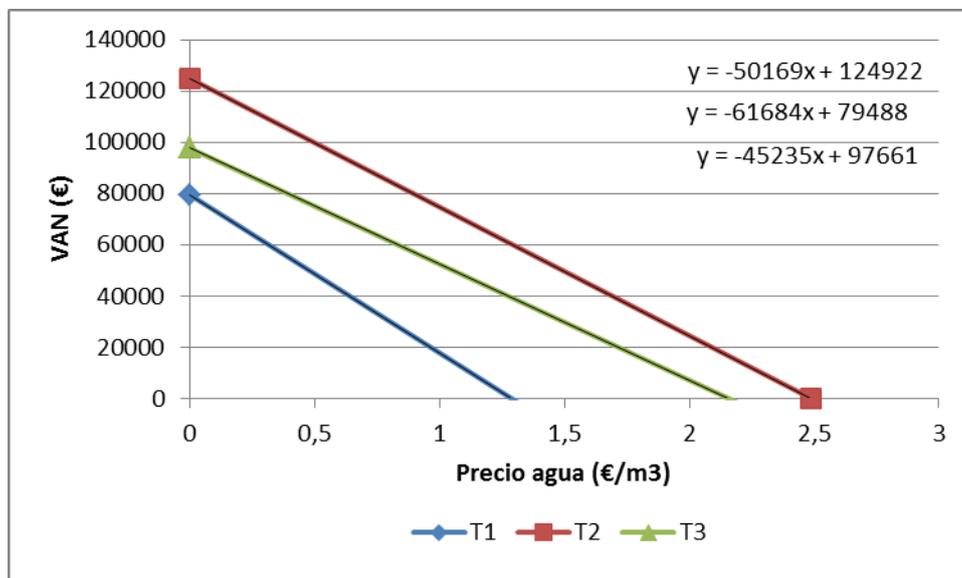


Tabla 24: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en Peral Ercolini



En el caso del peral el tratamiento más rentable es el que satisface el 100% de la ETc. Al variar el precio de la fruta en el tratamiento dos el agricultor empezaría a perder dinero por debajo de 0.35 €/kg frente al tres 0.39 €/kg y el uno 0.42 €/kg. Si variamos el precio del agua el tratamiento dos vuelve a ser el más rentable ya que para tener pérdidas el precio del metro cúbico de agua debería estar por encima de 2.49 €.

3.4 Paraguayo UFO 3

3.4.1 Análisis financiero paraguay UFO 3

En la siguiente tabla se muestran los costes variables asociados a la producción de paraguay UFO 3 así como los ingresos generados por la producción. De la diferencia de ellos se obtiene el flujo de caja que nos sirve para calcular posteriormente unos ratios de rentabilidad. Los costes variables se dividen en materias primas, mano de obra, maquinaria y otros pagos.

Tabla 25 Costes variables en paraguayo UFO 3

| | Control | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Tratamiento | | | |
| 1.- PRODUCCIÓN (kg/ha) | | | |
| 1.1.-Producción (kg/ha) | 12.300,00 | 10.900,00 | 4.550,00 |
| 1.2.-Precio medio (€/kg) | 0,71 | 0,71 | 0,71 |
| TOTAL INGRESOS (€/Ha) | 8.733,00 | 7.739,00 | 3.230,50 |
| 2.1.- Materias primas (€/ha) | | | |
| agua consumo | 5.490,00 | 6.000,00 | 4.550,00 |
| 2.1.1 -Agua de riego | 1.263 | 1.380 | 1.047 |
| 2.1.2.-Fertilizantes | 289 | 289 | 289 |
| 2.1.3.- Fitosanitarios | 738 | 738 | 738 |
| 2.1.4.- Energía eléctrica | | | |
| 2.1.5.- Otras materias primas | | | |
| Total de materias primas (€/ha) | 2.290 | 2.290 | 2.290 |
| 2.2- Mano de obra (€/ha) | | | |
| 2.2.1.- Riegos | 180 | 180 | 180 |
| 2.2.2.- Poda | 466 | 466 | 466 |
| 2.2.3.- Tratamientos | 295 | 295 | 295 |
| 2.2.4.- Recolección | 1.230 | 1.090 | 455 |
| 2.2.6.-Labores | 1.262 | 1.262 | 1.262 |
| Total de mano de obra (€/ha) | 3.432 | 3.292 | 2.657 |
| 2.3- Maquinaria (€/ha) | | | |
| 2.3.1.- Tratamientos | 345 | 345 | 345 |
| 2.3.3.-Labores | 255 | 255 | 255 |
| 2.3.2.- Recolección | 75 | 75 | 75 |
| Total maquinaria (€/ha) | 675 | 675 | 675 |
| 2.4.- Otros pagos | 1.060 | 1.060 | 1.060 |
| 2.4.1.- Seguros e impuestos | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 2.4.2.- Conservación y mantenimiento | 60 | 60 | 60 |
| Total Otros (€/ha) | | | |
| TOTAL COSTES VARIABLES(€/ha): | 7.458 | 7.318 | 6.683 |
| Flujo de caja | 1.275 | 421 | -3.452 |

En la tabla 25 aparecen los costes variables de la producción de paraguayo UFO 3. El flujo de caja en el tratamiento uno es de 1275 €, en el tratamiento dos es de 421 € y en el tratamiento tres de -3452 €.

Tabla 26 Ratios en paraguayo UFO 3

| | T1 | T2 | T3 |
|---------|------|------|-------|
| MB/m3 | 0,23 | 0,07 | -0,76 |
| Cost/kg | 0,61 | 0,67 | 1,47 |
| Kg/m3 | 2,24 | 1,82 | 1,00 |
| MB/kg | 0,10 | 0,04 | -0,76 |

En caso de este frutal no tendría mucho sentido comparar los ratios del tratamiento tres con los del uno y dos debido a la escasa producción del primero. En los cuatro comparadores el mejor tratamiento es el uno con 0.23 € por metro cúbico de agua aplicada, 0.61 € para producir un kg, 2.24 kg por metro cúbico de agua y 0,10 € de beneficio por kg de fruta.

En la tabla 27 se muestra que los tratamientos uno y dos son viables y rentables pero en el caso concreto de este frutal RDC no lo es debido a que ese año la producción fue muy baja, y a ese coste de agua y precio percibido por la fruta el VAN<0.

Tabla 27: VAN y TIR de los tres tratamientos en paraguayo UFO 3

| | T1 | T2 | T2 |
|---------|---------|----------|-----------|
| VAN (€) | 2907,01 | -3906,00 | -34807,87 |
| TIR (%) | 9,00 | 0,00 | 0,00 |

3.4.2 Análisis de sensibilidad de Paraguay UFO 3

Tabla 28: Análisis de sensibilidad del VAN al precio de la fruta en paraguay UFO 3

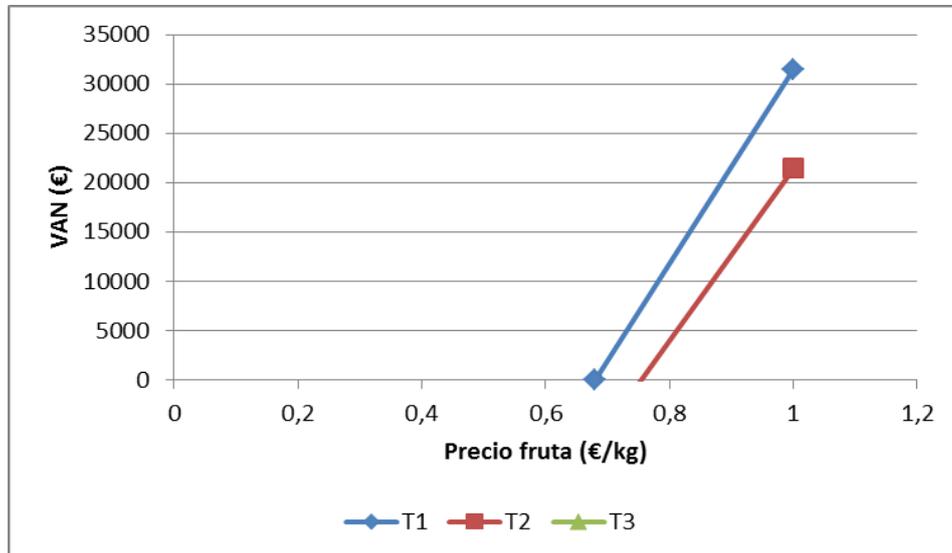
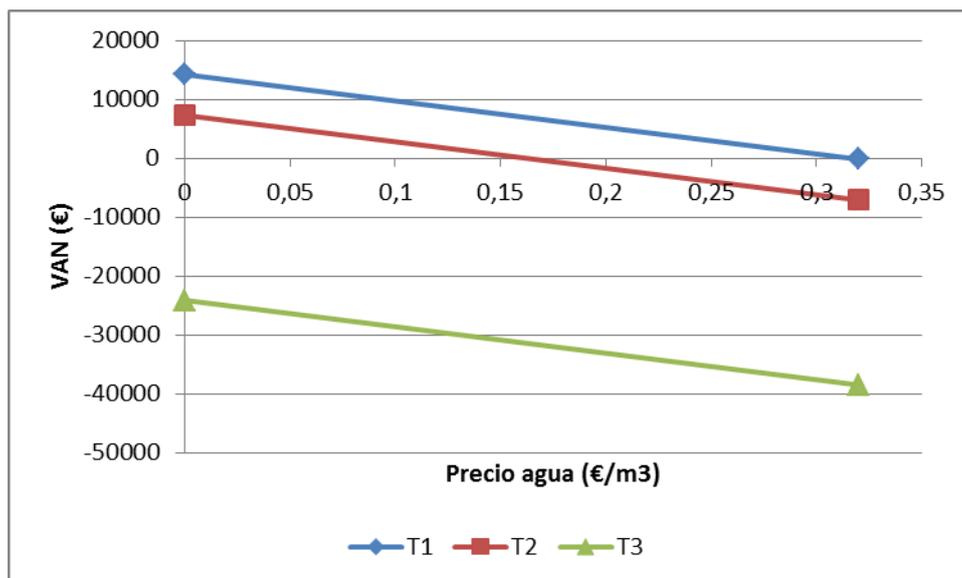


Tabla 29: Análisis de sensibilidad del VAN al precio del agua en paraguay UFO 3



En el caso del peral el tratamiento más rentable es el aplicado por el agricultor. Al variar el precio de la fruta este tratamiento empezaría a perder dinero por debajo de 0.68 €/kg. Si variamos el precio del agua el tratamiento uno vuelve a ser el más rentable ya que para tener pérdidas el precio del metro cúbico de agua debería estar por encima de 0.32 €, en el tratamiento dos por encima de 0.17 €, el tratamiento tres no sería rentable ni con el agua a coste 0.

Estos resultados pueden ser debidos a la baja producción del año 2016 en toda la Región y a que se trata de un cultivo ecológico.

En un año de producción normal, superior a 10000 kg/ha la rentabilidad del RDC podría mostrarse ya que además de un aumento en los ingresos, este tratamiento supone un ahorro de más de 200 €/ha con respecto al riego del agricultor y de más de 300 €/ha con respecto al riego que satisface el 100% de la ETc.

Capítulo 4. Conclusiones

En este capítulo se describen las principales conclusiones extraídas del trabajo.

En albaricoquero se ha conseguido un ahorro de agua entre el 60% fase II de crecimiento del fruto y 50% fase postcosecha. En melocotonero y paraguay el ahorro ha sido de un 50% en las mismas fases, fase II de crecimiento del fruto y postcosecha. En peral se ha ahorrado un 50% en la fase de postcosecha. No ha habido mermas importantes en la producción, en algunos casos ha sido mayor a la del tratamiento del agricultor, caso de peral Ercolini, e incluso superior a los frutales regados al 100% de la ETc, caso de melocotonero Baby Gold. Este hecho puede deberse al crecimiento compensatorio que experimentan los frutos tras el periodo de estrés hídrico. La WP medida en kg/m^3 es muy superior en los tratamientos RDC respecto al control, en peral y en albaricoquero y melocotonero es superior al tratamiento del agricultor y al tratamiento que satisface el 100% de la ETc.

Del análisis de costes se desprende que los costes de los tratamientos de RDC son menores en albaricoquero y paraguay, iguales en peral y mayores en melocotonero. Esto es así porque el consumo y, por tanto, el coste del agua es menor en los tratamientos RDC, así como el coste de la poda y su trituración. El resto de costes es similar en todos los tratamientos.

Del análisis financiero se puede concluir que en albaricoquero el tratamiento más rentable resulta ser el T1 con un VAN=106.052,05€ y una TIR del 65%. En melocotonero el mejor tratamiento es el correspondiente a RDC con un VAN de 89.355,5€ y una TIR del 57%. En el caso de peral es más rentable los mejores resultados los arroja el T2 con 12.2079,60€ de VAN y 71% de TIR. Para el caso de paraguay el T1 tiene un VAN de 11.599,26€ y una TIR de 19%.

Análisis de sensibilidad. En el caso de melocotonero, peral y paraguay los tratamientos más rentables según la evaluación financiera lo son también cuando disminuimos el precio de la fruta percibido o el precio del agua pagado por el agricultor. Sin embargo el albaricoquero se comporta así cuando analizamos el VAN con respecto al precio de la fruta pero no así con el precio del agua en el que el T2 empieza siendo más rentable frente al T3 cosa que varía y hace que este último sea más recomendable a partir de 1.06€/m³.

Dados los resultados obtenidos en el experimento no se podría afirmar con exactitud cuál es el mejor tratamiento ya que varía mucho en función del cultivo, de las producciones y los precios de mercado. Sería interesante evaluar dichos cultivos a lo largo de varios años para tener valores más representativos y poder afirmar cuál de los tres tratamientos es el más adecuado. Por último cabe destacar que siempre habrá que tener en cuenta cuál es el objetivo del agricultor, la rentabilidad económica o el ahorro de agua, aunque en la zona geográfica que se ha realizado el experimento la mejor opción a largo plazo podría ser el menor consumo de agua debido a su escasez

y la creciente promoción de la adopción de RDC ya que fomenta un uso más sostenible de este bien.

Bibliografía

- Alcón, F., Egea, G., Nortes, P.A. (2013). Financial feasibility of implementing regulated and sustained deficit irrigation in almond orchards. *Irrigation Science*; 31: 931-941.
- Alcón, F., Martín-Ortega, J., Pedrero, F., Alarcon, J.J., De Miguel, M.D. (2013). Incorporating non-market benefits of reclaimed water into cost-Benefit analysis: a case study of irrigated Mandarin crops in southern Spain. *Water Resour Manage* 27, 1809-1820.
- Caballero P, de Miguel M^ªD, Juliá JF (1992) 'Costes y Precios en Hortofruticultura.' (Mundi Prensa: Madrid)
- Domingo, R.; Ruiz-Sánchez, M.C.; Sánchez-Blanco, M.J.; Torrecillas, A. (1996). Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrigation Sci.* 16, 115-123.
- Economía digital (2017) Agua, el gran reto del Mediterráneo.
https://ideas.economiadigital.es/analisis-politico-y-social/agua-el-gran-reto-mediterraneo-conflictos-poblacion_406188_102.html
- Egea, G.; Fernández, J.E.; Alcón, F.; (2017) Financial assessment of adopting irrigation technology for plant-based regulated deficit irrigation scheduling in super high-density olive orchards.
- Excelsior (2017) La situación del agua en el mundo.
<http://www.excelsior.com.mx/global/2017/03/22/1153440>
- García García, J. (2007). Evaluación económica y eficiencia del agua de riego en frutales de regadío. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura y Agua.
- García García, J., Martínez-Cutillas, A., Romero, P. (2012). Financial analysis of wine grape production using regulated deficit irrigation and partial-root zone drying strategies. *Irrigation Science* 30:179-188.
- García, J., Romero, P., Botía, P., García, F. (2004). Cost-benefit analysis of almond orchard under regulated deficit irrigation (RDI) in SE Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2 (2), 157-165.
- Geerts, S., Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96, 1275-1282.

- Geerts, S., Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96, 1275-1282.
- Goldhamer, D. A. and Shackel, K. A. (1989). Irrigation cutoff and drought
- Huguet, J.G., Li, S.H., Defrance, H. (1990). 9º Colloque sur les Recherches Fruitières. INRA. Avignon 135-144
- Humedad y temperatura del suelo SMI
<http://www.tecnologiayambiente.com.ar/sensores-adcon/humedad-y-temperatura-del-suelo-sm1/>
- IMIDA (2014) Geoportal del agua <http://www.imida.es/-/geoportal-del-agua-de-la-region-de-murcia>
- Li, S.H., Huguet, J.G., Schoch, P.G., Orlando, P. (1989). Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at various phenological stages of fruit development *J. Hort. Sci.* 64: 541-552.
- Manuel Zapata, Pedro Segura , D.L. 1995 Riego deficitario controlado : fundamentos y aplicaciones
- miRiego (2017) Riego deficitario controlado <https://miriego-blog.com/2017/08/09/riego-deficitario-controlado/>
- Mitchell, P.D., Jerie P.H and Chalmers D.J. 1984. The effects on regulated water deficit on pear tree growth, flowering, fruit grow and Yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (5):604-606.
- Mitchell, P.D., Van de Ende, B., Jerry, P.H. and Chalmers, D. J. 1989. Responses of 'Bartlett' pear to withholding irrigation, regulated deficit irrigation and tree spacing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114 (1):15-19.
- ORIZONT (2017). El problema del agua en la agricultura. <http://www.orient.es/el-problema-del-agua-en-la-agricultura/>
- Pérez-Pérez, J.G., García, J., Robles, J.M., Botía, P., (2010). *Agricultural Water Management* 97, 157-164.
- Perez-Sarmiento, F., Alcobendas, R., Mounzer, O., Alarcon, J., Nicolas, E. (2010). Effects of regulated deficit irrigation on physiology and fruit quality in apricot trees. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8 (S2), 86-94.
- Romero, P., García, J., Botía, P. (2005). Cost-Benefit analysis of a regulated deficit-irrigated almond orchard under subsurface drip irrigation conditions in southeastern Spain. *Irrigation Science*.

TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO LINEAL (LVDT) - Guemisa

www.guemisa.com/articul/pdf/tddd.pdf

UNESCO (2014) Abordar la escasez y calidad de agua.

<http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/ciencias-naturales/water-international-hydrological-programme/escasez-y-calidad-del-agua/>