UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola

TRABAJO
FIN DE GRADO

"Respuesta del olivar en seto (cv. Arbequina) al riego deficitario controlado en otoño. Efecto en la producción y calidad del aceite, y en la floración y cuajado de la campaña siguiente, y su aplicación al seguro del olivar"

AUTOR: *HÉCTOR RODRÍGUEZ MARRERO*

GRADO: INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESPECIALIDAD: *EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS*

CONVOCATORIA: *JULIO 2015*

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible la realización de este trabajo de fin de grado:

Al Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM), por concederme una ayuda de la convocatoria de 2015, de premios para la realización de trabajos fin de carrera sobre gestión de riesgos y seguros agrarios, ganaderos o medioambientales.

Al MAGRAMA por la financiación del proyecto mediante los planes nacionales AGL2010-19201-CO4-03, AGL2013-49047-C2-1-R.

A la finca "Casas de Hualdo" por su gran ayuda en la realización de este ensayo.

A María Gómez del Campo, por la oportunidad de realizar este proyecto y por todo lo aprendido; pero también por su apoyo y esfuerzo durante este tiempo.

A Eduardo Trentacoste, por su incalculable ayuda y por los buenos momentos que pasamos.

A Valeria Albarracín, por su ayuda en la elaboración de este proyecto.

A mis todos mis compañeros, por estos años inolvidables.

A mi familia, especialmente a mis padres Juan Antonio y Rosa Delia, y a mis hermanas Aida y Delia; que son el pilar en el que me apoyo día a día.

RESUMEN

El olivar superintensivo ha experimentado un aumento de superficie importante desde su nacimiento en 1994, y parece que esta tendencia se mantendrá en el futuro, debido a que permite una mayor mecanización de las labores de cultivo, principalmente la recolección, y con ello un descenso en los costes. Debido a que estas plantaciones surgen hace relativamente poco, son pocos los estudios al respecto, y son necesarias más investigaciones en el ámbito de las plantaciones de olivar de alta densidad.

En nuestro país el agua es un bien escaso, es por esto que debemos optimizar al máximo su uso. El olivo en concreto es una especie vegetal resistente a la sequía, y se ha demostrado por medio de numerosas investigaciones que un determinado déficit hídrico, en el periodo adecuado, puede no sólo mejorar las producciones, sino también la calidad del producto final obtenido.

Éste trabajo de fin de carrera estudia tresestrategias de riego deficitario controlado comparadas con un tratamiento de control, en un olivar en seto de la variedad Arbequina durante el periodo de síntesis de aceite, desde agosto hasta recolección. Este es un periodo de alta sensibilidad a la disponibilidad de agua, y coincide con el principio del otoño. El objetivo fue evaluarla producción y calidad del aceite, de la campaña 2013, y posteriormente floración y cuajado de la campaña 2014.

El CEIGRAM (Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales) decidió conceder uno de sus premios a trabajos de fin de carrerasobre gestión de riesgos y seguros agrarios, ganaderos o medioambientales, por lo que otro de los objetivos fue estudiar la aplicación de los resultados de este ensayo al seguro del olivar.

Este ensayo también ha estado financiado por el Plan Nacional (AGL2010-19201-CO4-03, AGL2013-49047-C2-1-R), dependientes del ministerio.

El ensayo está situado en la finca "Casas de Hualdo" ubicada en La Puebla de Montalbán, Toledo (39° 48' N; 04° 27'W; 516 m). El área del estudio se caracteriza por una baja precipitación (395 mm), alta demanda evaporativa (1180 mm) y un largo periodo de heladas.Los ensayos fueron realizados en dos olivares en producción"Cantarranas" y "Las Cañas", ambas con un marco de plantación de 4x2 m.

Dichas parcelas poseen características edafológicas diferentes. Pudimos ver el efecto en la disponibilidad de agua de un suelo poco profundo y con baja capacidad de retención de agua ("Cantarranas"),y otro con un suelo profundo y con mayor capacidad de retención de agua ("Las Cañas").

Durante 2013, se impusieron cuatro tratamientos de riego, en 4 bloques al azar de cada una de las parcelas.

La fecha de inicio del riego deficitario controlado fue el 23 de agosto de 2013 y la fecha de finalización fue el 21 de octubre de 2013.

Las cuatro estrategias de riego aplicadas en las parcelas del ensayo son las siguientes:

- T1 = capacidad de campo del bulbo de humedad durante todo el periodo de riego. Se utiliza como tratamiento de control.
- T2 = Se regó un 70 y 65% del tratamiento T1, en "Las Cañas" y en "Cantarranas", respectivamente
- T3 = Se regó un 40% del tratamiento T1 en ambas parcelas
- T4 =. Se regó un 12-17% del tratamiento T1en "Las Cañas" y en "Cantarranas", respectivamente

Se recogieron muestras de frutos a lo largo del periodo experimental en los bloques de cada uno de los tratamientos, para evaluar su desarrollo. Dichas muestras recogidas, fueron secadas y analizadas con una máquina de resonancia magnéticanuclear en el Laboratorio de Producción Vegetal de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad Politécnica de Madrid.

El estado hídrico de la planta se determinó quincenalmente a partir del potencial hídrico de tallo, en total se realizaron cinco mediciones. En recolección (el 18 y 21 de octubre para "Las Cañas" y "Cantarranas" respectivamente), la aceituna de tres árboles por tratamiento y bloque, se recogió y se pesó para obtener la producción. También se recogieron muestras de cada árbol de control para evaluar las características de la aceituna.

Para obtener la calidad de aceite, se extrajo el aceite de 4 muestraspor tratamientode la parcela de "Cantarranas", con el sistema Abencor, situado en dicha Escuela. Una vez obtenidas estas muestras de aceite, se enviaron a un laboratorio para analizar el perfil de ácidos grasos.

Se estudió también el efecto que tenía el riego aplicado durante la fase de síntesis de aceite en el otoño, sobre la floración y el cuajado de la campaña2014.

En base a los resultados de este trabajo de fin de grado, se concluye:

- Los tratamientos de riego deficitarios aplicados produjeron un estrés hídrico marcado, llegando a valores de potencial hídrico de tallo de -6 MPa.
- En "Cantarranas", debido a las condiciones edáficas diferentes, menor profundidad efectiva que"Las Cañas", el estrés hídrico fue más acusado y la producción de aceituna fue menor.
- Las estrategias de RDC en las que el estrés hídrico fue más acusado,produjeron un adelanto en el pintado de la aceituna, pero no en la madurez del fruto.
- Tratamientos con reducciones de riego de hasta el 60% del tratamiento de control, no produjeron un descenso en la producción de aceituna, pero sí en la producción de aceite, tanto en "Las Cañas" como en "Cantarranas".
- La sensibilidad de la producción de aceituna y de aceite al estrés hídrico fue diferente. La producción de aceituna es más sensible al estado de hidratación del árbol. Las lluvias acontecidas durante la fase final del trabajo experimental, hicieron que los tratamientos con una reducción de hasta 60%, mostrasen una producción de aceituna similar.
    - Un potencial hídrico igual o superior a -2 MPa no produjo un descenso en la producción de aceituna.
    - Un potencial hídrico igual o superior a -2,5 MPa no produjo un descenso en la producción de aceite.

- El estrés hídrico no afectó significativamente a la floración y cuajado de la campaña siguiente.
- La extractabilidad del aceite no se vio afectada significativamente por el estrés hídrico.
- Los dos tratamientos con mayor aporte de agua de riego (T1 y T2), produjeron aceite con mayor contenido en ácido oleico. Sin embargo mostraron menor contenido en ácido linoleico.
- El seguro del olivar solo contempla el aseguramiento de la producción de aceituna. En este trabajo se pone en evidencia que las lluvias de otoño pueden hacer que la producción de aceituna no se vea afectada, sin embargo no se observó tal comportamiento en la producción de aceite. La producción de aceite es, por lo tanto, más sensible al estrés hídrico que la producción de aceituna. Los ingresos del agricultor dependen de la producción de aceite, por lo que se debería evaluar la posibilidad de asegurar la producción de aceite.
- Actualmente la contratación del seguro se inicia el 15 de octubre y finaliza el 15 de diciembre En este trabajo se observó que la disponibilidad de agua hasta principios de noviembre no afecta a la producción de la campaña siguiente, no se dispone de información sobre su efecto en el periodo posterior. Sin embargo, a mediados de diciembre el agricultor tiene una estimación de la producción de esa campaña y la fecha en la que finalizará la recolección. Dado el carácter vecero de la especie, puede prever la producción de la campaña siguiente. Se debería evaluar el adelantar la fecha de finalización del seguro.

Estos resultados han de ser confirmados, pues con una campaña y media de estudio no pueden ser tomados como concluyentes.

ÍNDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES……1

1.1 CULTIVO DEL OLIVO....1

1.2. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO DEL OLIVO....2

1.3. EL OLIVAR EN SETO....4

1.3.1. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE....5

1.3.2. VARIEDADES....6

1.4. EL RIEGO EN EL CULTIVO DEL OLIVO....7

1.5. SENSIBILIDAD DEL OLIVO AL DÉFICIT HÍDRICO....8

1.6. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVO EN SETO....11

1.6.1. EFECTO EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO....12

1.6.2. EFECTO EN LA FLORACIÓN Y CUAJADO....13

1.6.3. EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITUNA....13

1.6.4. EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITE....14

1.6.5. EFECTO EN LA CALIDAD DEL ACEITE....15

2. OBJETIVOS……17

3. MATERIAL Y MÉTODOS……18

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO....18

3.1.1. LOCALIZACIÓN....18

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN....19

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO....20

3.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD ARBEQUINA....25

3.1.5. OPERACIONES DE CULTIVO....26

3.2. ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ENSAYO....30

3.2.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ENSAYO....30

3.2.2. EXIGENCIAS Y ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ENSAYO....35

3.3. ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES EDÁFICAS DEL ENSAYO ……36

3.3.1. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DEL ENSAYO....36

3.3.2. EXIGENCIAS Y ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES EDÁFICAS DEL ENSAYO....41

3.4. ADAPTACIÓN DEL OLIVO AL AGUA DEL RIEGO DEL ENSAYO....45

3.5. PROTOCOLO EXPERIMENTAL....52

3.5.1. TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES....52

3.5.2. DISEÑO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL....53

3.6. PARAMETROS EVALUADOS....56

3.6.1. ESTADO HÍDRICO DEL OLIVO....56

3.6.2. FLORACIÓN Y CUAJADO....57

3.6.3. CARACTERÑISTICAS DE LA ACEITUNA....58

3.6.4. PRODUCCIÓN....60

3.6.5. EXTRACTABILIDAD Y CALIDAD DEL ACEITE....62

3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS....66

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……67

4.1. POTENCIAL HÍDRICO DE TALLO....67

4.1.1. LAS CAÑAS....67

4.1.2. CANTARRANAS....68

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ACEITUNA....70

4.2.1. LAS CAÑAS....70

4.2.2. CANTARRANAS....72

4.2.3. ÍNDICE DE MADUREZ....76

4.3. PRODUCCIÓN DE ACEITUNA Y ACEITE....79

4.3.1. LAS CAÑAS....79

4.4.2. CANTARRANAS....77

4.4. FLORACIÓN Y CUAJADO....82

4.4.1. LAS CAÑAS....82

4.4.2. CANTARRANAS....84

4.5. RELACIÓN DOSIS DE RIEGO Y PRODUCCIÓN....86

4.5.1. LAS CAÑAS....86

4.5.2. CANTARRANAS....88

4.6. RELACIÓN POTENCIAL HÍDRICO DE TALLO Y PRODUCCIÓN....91

4.7. EXTRACCIÓN DEL ACEITE....93

4.7.1. EXTRACTABILIDAD.....93

4.7.2. CALIDAD DEL ACEITE.....94

4.8. APLICACIÓN AL SEGURO DEL OLIVAR.....95

4.8.1. DESCRIPCIÓN DEL SEGURO DEL OLIVAR.....95

4.8.2. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DURANTE EL OTOÑO EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAMPAÑA SIGUIENTE.....96

4.8.3. RESULTADOS APLICABLES AL SEGURO DEL OLIVAR.....97

5. CONCLUSIONES……...99

6. BIBLIOGRAFÍA……...101

ÍNDICE DE TABLAS

1. ANTECEDENTES

Tabla 1.5.1_ Efectos del déficit hídrico en los diferentes estados o etapas fenológicas del cultivo) *10*

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla 3.1.5.1_Análisis foliar del ensayo de riego, Año 2013 *30*

Tabla 3.2.1.1_Datos Climáticos Estación Meteorológica de Toledo. Serie de 30 años *31*

Tabla 3.2.1.2_Datos Climáticos Estación Meteorológica del ensayo. Año 2012 *32*

Tabla 3.2.1.3_Datos Climáticos Estación Meteorológica del ensayo. Año 2013 *32*

Tabla 3.2.1.4_Número medio de días de helada. Estación de Toledo. Serie de 30 años *34*

Tabla 3.2.1.5_Correlación de Mota para los datos climatológicos de una serie de 30 años *35*

Tabla 3.3.1.1.1_Análisis químico de "Las Cañas" *38*

Tabla 3.3.1.1.2_Análisis químico de "Las Cañas" *38*

Tabla 3.3.1.2.1_Horizontes del suelo "Cantarranas" *39*

Tabla 1.3.1.2.2_Análisis químico de los horizontes de suelo de la parcela de "Cantarranas" *41*

Tabla 3.3.1.2.3_Análisis de las bases de cambio de los horizontes del suelo de "Las Cañas" *41*

Tabla 3.3.2.1_Fertilidad-ppm potasio *45*

Tabla 3.4.1_Análisis químico del agua de riego del ensayo *45*

Tabla 3.4.2_Clasificación del agua para riego según su conductividad eléctrica *48*

Tabla 3.4.3_Clasificación de las aguas de riego según el SAR y recomendaciones generales para su empleo (Mateo López, 2003) *49*

Tabla 3.4.4_Dureza del agua *51*

Tabla 3.4.5_Riesgo de obstrucciones por carbonatos *51*

Tabla 3.5.1.1.1_Dosis de agua de la parcela de "Las Cañas" *52*

Tabla 3.5.1.2.1_Dosis de riego para la parcela de "Cantarranas" durante la campaña de 2013 *53*

Tabla 3.6.2.1_Fechas y parámetros evaluados *58*

Tabla 3.6.3.1_Clasificación de las aceitunas según su estado de maduración *59*

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4,1.1.1_Potencial hídrico de tallo (MPa) de los cuatro tratamientos en "Las Cañas" en el periodo de ensayo. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *68*

Tabla 4.1.1.2_Potencial hídrico medio de tallo (MPa) "Las Cañas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *68*

Tabla 4.1.2.1_Potencial hídrico de tallo de los cuatro tratamientos en "Cantarranas" en el periodo de ensayo. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *70*

Tabla 4.1.2.2_Potencial hídrico medio "Cantarranas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *70*

Tabla 4.2.1.1_Características de la aceituna en la parcela de "Las Cañas" en la recolección *71*

Tabla 4.2.2.1_Características de la aceituna en la parcela de "Cantarranas" en la recolección. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *74*

Tabla 4.2.3.1.1_Índice de madurez final para los cuatros tratamientos de riego en la parcela de "Las Cañas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *78*

Tabla 4.2.3.2.1_Índice de madurez final para los cuatros tratamientos de riego en la parcela de "Cantarranas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *78*

Tabla 4.3.1.1_Producción de aceituna de "Las Cañas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *79*

Tabla 4.3.1.2_Producción aceite de "Las Cañas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *79*

Tabla 4.3.2.1_Producción de aceituna de "Cantarranas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *80*

Tabla 4.3.2.2_Producción aceite de "Cantarranas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *80*

Tabla 4.4.1.1_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Las Cañas" en el año 2013. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *83*

Tabla 4.4.1.2_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Las Cañas" en el año 2014. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *84*

Tabla 4.4.1.3_Número de aceitunas/olivo para los cuatro tratamientos de riego en la parcela de "Las Cañas" en la campaña de 2013 *84*

Tabla 4.4.2.1_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Cantarranas" en el año 2013. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *85*

Tabla 4.4.2.2_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Cantarranas" en el año 2014. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *85*

Tabla 4.4.2.3_Número de aceitunas/olivo para los cuatro tratamientos de riego en la parcela de "Cantarranas" en la campaña de 2013 *86*

Tabla 4.5.1.1_Dosis de riego de los diferentes tratamientos de riego durante toda la campaña y producciones de aceituna y aceite en la parcela de "Las Cañas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *87*

Tabla 4.5.2.1_Dosis de riego de los diferentes tratamientos de riego durante toda la campaña y producciones de aceituna y aceite en la parcela de "Cantarranas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *89*

Tabla 4.7.1.1_Extractabilidad del aceite de los tratamientos de riego aplicados durante la fase de síntesis de aceite *94*

Tabla 4.7.2.1_Porcentaje ácidos grasos de los aceites extraídos de los tratamientos de riego deficitario aplicados en "Cantarranas" durante la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05 *94*

ÍNDICE DE FIGURAS

1. ANTECEDENTES

Figura 1.2.1_Olivar tradicional, con un marco de plantación 10m x 10m (sensaove.com) 2

Figura 1.2.2_Olivar intensivo con un marco de plantación 7m x 7m (olimerca.com) 3

Figura 1.2.3_Vendimiadora adaptada a la recolección de olivo en seto 3

Figura 1.2.4_Dimensiones de copa para los distintos sistemas de plantación del olivo (María Gómez del Campo, 2013) 4

Figura 1.3.1.1_Evolución de la superficie de olivar en seto 6

Figura 1.5.1_Diferentes fases en el ciclo del olivo (bianual) (Rallo, 1995) 10

Figura 1.5.2_Relación entre el rendimiento y la aplicación de riego 11

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Figura 3.1.1.1_Foto satélite área de ensayo 18

Figura 3.1.1.2_Foto satélite de "Cantarranas" 18

Figura 3.1.1.3_Foto satélite "Las Cañas" 19

Figura 3.1.2.1_Conducción en seto con formación en candelabro 20

Figura 3.1.3.1_Estación de bombeo 20

Figura 3.1.3.2_Balsa reguladora 21

Figura 3.1.3.3_Cabezal de riego del ensayo 21

Figura 3.1.3.4_Filtros de arena del cabezal de riego 22

Figura 3.1.3.5_Ventosa para la eliminación del airea 22

Figura 3.1.3.6_Filtros de malla del cabezal de riego 23

Figura 3.1.3.7_Derivación cabezal riego-ensayo 23

Figura 3.1.3.8_Programadores que regulan el paso de agua a cada tratamiento 24

Figura 3.1.3.9_Gotero pinchado de 3L/hora del ensayo de riego 24

Figura 3.1.4.1_Frutos de la variedad Arbequina 25

Figura 3.1.5.1_Máquina podadora de bajos para olivo 27

Figura 3.1.5.2_Podadora de discos 27

Figura 3.1.5.3__Seto eje central 28

Figura 3.1.5.4_Restos vegetales provenientes de la poda 28

Figura 3.1.5.5_Depósitos de almacenamiento de fertilizante 29

Figura 3.1.5.6_Bomba inyectora de fertilizante 29

Figura 3.2.1.1_Gráfico de la evolución de las temperaturas medias de una serie de 30 años y de los años 2012-2013 33

Figura 3.2.1.2 _Gráfico de la evolución de las precipitaciones medias de una serie de 30 años y de los años 2012-2013 *33*

Figura 3.3.1.1.1_Calicata "Las Cañas" *37*

Figura 3.3.1.2.1_Vista detallada de la calicata de "Cantarranas" *39*

Figura 3.3.2.1_Ventana de raíces *42*

Figura 3.3.2.2_Ventana de raíces *42*

Figura 3.4.1_Diagrama para la clasificación de las aguas para riego *50*

Figura 3.5.2.1_Esquema de la parcela de "Las Cañas" *53*

Figura 3.5.2.2_Esquema de la parcela de "Cantarranas" *55*

Figura 3.6.1.1_Cámara de presión *56*

Figura 3.6.1.2_Brote de un año cubierto con bolsa de aluminio *57*

Figura 3.6.2.1_Brote marcado *57*

Figura 3.6.3.1_Muestra de ""Las Cañas"", bloque 4, tratamiento 4 *58*

Figura 3.6.3.2_Transporte de las muestras *58*

Figura 3.6.3.3_Muestras de 30g. Antes de ser introducidas en la estufa *59*

Figura 3.6.3.4_Estufa con las muestras *60*

Figura 3.6.4.1_Jalones y mantas colocados para la recolección *61*

Figura 3.6.4.2_"Peine" utilizado para recolección *61*

Figura 3.6.4.3_Pesado y embolsado de muestras *62*

Figura 3.6.5.1.1_Molino de martillos *63*

Figura 3.6.5.1.2_Termobatidora *63*

Figura 3.6.5.1.3_Cazos con el talco *64*

Figura 3.6.5.1.4_Centrifugadora vertical *64*

Figura 3.6.5.1.5_Decantación *65*

Figura 3.6.5.1.6_Filtrado *65*

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 4.1.1.1_Gráfica evolución potenciales hídricos de tallo de "Las Cañas" *68*

Figura 4.1.2.1_Gráfica evolución potenciales hídricos de tallo de "Cantarranas" *69*

Figura 4.2.1.1_Evolución del peso seco/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Las Cañas" *72*

Figura 4.2.1.2_Gráfica del rendimiento graso seco (%) de las muestras recogidas durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Las Cañas" *72*

Figura 4.2.1.3_Evolución del contenido de mg aceite/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcelas de "Las Cañas" *73*

Figura 4.2.2.1_Mismo número de frutos recogidos en la parcela de "Cantarranas" para los cuatro tratamientos de riego aplicados durante la fase de síntesis de aceite *74*

Figura 4.2.2.2_Evolución del peso seco/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Cantarranas" 75

Figura 4.2.2.3_Gráfica del rendimiento graso seco (%) de las muestras recogidas durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Cantarranas " 75

Figura 4.2.2.4_Evolución del contenido de mg aceite/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcelas de "Cantarranas" 76

Figura 4.5.1.1_ Relación entre la producción de aceituna y el riego aportado durante toda la campaña en "Las Cañas" 87

Figura 4.5.1.2_ Relación entre la producción de aceite y el riego aportado durante toda la campaña en "Las Cañas" 88

Figura 4.5.2.1_ Relación entre la producción de aceituna y el riego aportado durante toda la campaña en "Cantarranas" 89

Figura 4.5.2.2_ Relación entre la producción de aceite y el riego aportado durante toda la campaña en "Cantarranas" 90

Figura 4.6.1_Relación entre la producción de aceite y el potencial hídrico de tallo para "Las Cañas" y "Cantarranas". Se establecieron los tratamientos de control (T1), como el 100% de producción 92

Figura 4.6.2_ Relación entre la producción de aceituna y el potencial hídrico de tallo para "Las Cañas" y "Cantarranas". Se establecieron los tratamientos de control (T1), como el 100% de producción 92

Figura 4.7.2.1_Aceites de los distintos tratamientos de riego deficitario aplicados en "Cantarranas" durante la fase de síntesis de aceite 95

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ASAJA:	Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores.
CCAA:	comunidades autónomas.
CEIGRAM:	Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales.
DVP:	déficit de presión de vapor.
ENESA:	Entidad Estatal de Seguros Agrarios.
ETc:	evapotranspiración del cultivo.
HDL:	lipoproteína de alta densidad.
LDL:	lipoproteína de baja densidad.
MAGRAMA:	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
RDC:	riego deficitario controlado.
RMN:	resonancia magnética nuclear.
T1:	tratamiento 1.
T2:	tratamiento 2.
T3:	tratamiento 3.
T4:	tratamiento 4.

1. ANTECEDENTES

1.1 CULTIVO DEL OLIVO

El olivo, pertenece al orden *Oleales*, familia *Oleaceae*, género *Olea L*. y especie *Olea europaea L*.. La familia botánica *Oleaceae*, comprende especies de plantas distribuidas por las regiones tropicales y templadas del mundo. Las plantas de esta familia son mayormente árboles y arbustos, a veces trepadores. Muchas de ellas producen aceites esenciales en sus flores o frutos. De unos 29 géneros de esta familia, los que tienen interés económico u hortícola son *Fraxinus* (fresno), *Jasminum* (jazmín), *Ligustrum* (aligustre), *Phillyrea* (labiérnago), *Syringa* (lilo) y *Olea*.

El olivo es uno de los árboles frutales más cultivados desde la antigüedad. Su cultivo empieza en el Neolítico 3.000-4.000 años a. C. y dura hasta nuestros días. Pero no es hasta la época romana, en los denominados "fundus", cuando se da en exclusiva el cultivo de esta planta. Se tiene constancia de plantaciones de olivar de más de 6.000 árboles, y una densidad menor a 100 olivos/ha. También se encontraron olivares en la Grecia clásica (Foxhall, 2007).

El clima adecuado para el olivo es un clima mediterráneo con veranos calurosos y secos (Agustí, 2010).

El olivo es una especie adaptada al clima mediterráneo. Se concentra entre las latitudes 30° y 45°, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur (Civantos, 2008).

El patrimonio oleícola mundial se estima en unos 1.000 millones de olivos, con una superficie total de 10 millones de hectáreas, de las cuales el 90% está destinado a almazara, y el restante 10% lo es para aceituna de mesa (Civantos, 2008). El olivo es cultivado en muchos lugares del mundo de los cuales la cuenca mediterránea ocupa un 98% de la superficie total, 1,2% en el continente americano, 0,4% en Asia Oriental y otro 0,4% en Oceanía (Civantos, 2008).

A parte de los países tradicionales en el cultivo del olivo, que se llevan las mayores producciones y superficies (España (2.600.000 ha), Túnez (1.540.000 ha), Italia (1.140.000 ha), Turquía (880.000 ha), Grecia (690.000 ha), Marruecos (410.000 ha), Siria (410.000 ha), Portugal (320.000 ha) y Argelia (200.000 ha), los cuales producen el 80% de la producción mundial), aparecen constantemente nuevos países productores como: Egipto, Siria, Australia, Chile, Argentina, Túnez, Irán, India, México, Perú, Uruguay, Brasil, Afganistán, Irak y en EE.UU (Civantos, 2008).

Esto implica que una cuarta parte de la superficie mundial dedicada al olivo se encuentra en España.

Actualmente en España contamos con una superficie dedicada al cultivo del olivo de aproximadamente 2.600.000 ha, según datos del MAGRAMA de 2015. Cabe hacer una distinción entre las hectáreas dedicadas a aceituna de mesa y las dedicadas a almazara, siendo

la superficie final dedicada a almazara de 2.500.000 ha, y de unas 100.000 ha dedicadas a aceituna de mesa.

La producción española representa aproximadamente el 60% de la producción de la UE y el 45% de la mundial. La media de producción en las 6 últimas (2007/08 – 2012/13) ha sido de 1.215.798 t, con un récord de 1.615.000 t en la campaña 2011/12. Es importante destacar que en el último decenio, la producción media se ha incrementado un 23% respecto al anterior periodo que era de 986.654 t (MAGRAMA, 2015).

El cultivo del olivar se caracteriza por su marcado carácter vecero que supone la alternancia de producciones altas y bajas, en unas y otras cosechas. En la pasada campaña 2012/13 se puso en evidencia este comportamiento del olivar, con una producción de 618.107 t, muy inferior a las anteriores (MAGRAMA, 2015).

En total son más de 300 millones de olivos que se cultivan en España, aunque su distribución entre las diferentes comunidades autónomas es muy desigual. El olivar se encuentra, principalmente, en Andalucía donde se dedican al cultivo del olivo cerca de 1.500.000 ha. Además, la productividad de sus plantaciones alcanza las mayores cotas, produciendo más del 80 % de los 7.000.000 t de aceitunas que se recogen en España en años de buena cosecha. Es en Andalucía donde encontramos el mayor número de denominaciones de origen.

1.2. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO DEL OLIVO

El olivo es con diferencia una de los cultivos que menos se ha desarrollado en cuanto a técnicas de cultivo, hasta la década de los 90. Si analizamos el cultivo del olivo tradicional, no presenta grandes variaciones con la forma en que los romanos cultivaban esta planta. Este tipo de cultivos reciben el nombre de tradicional o extensivo, y presentan un marco de plantación de 10x10m o 12x12m, y una densidad de plantación de 80-100 olivos/ha (Figura 1.2.1).

Figura 1.2.1_Olivar tradicional, con un marco de plantación 10m x 10m (sensaove.com).

Las plantaciones denominadas intensivas surgen con la necesidad de modernización y adaptación a los nuevos sistemas de recolección. Tienen un marco de plantación 7x7m y consiguen una densidad de 200 olivos/ha (Pastor y col., 2005) (Figura 1.2.2).

Figura 1.2.2_Olivar intensivo con un marco de plantación 7m x 7m.

(olimerca.com).

Por último surgen a mediados de los años 90, plantaciones con marcos de plantación más pequeños, que van de un ancho de calle de entre 3 y 4 metros, y una distancia entre plantas de 1,3 y 2 metros, consiguiendo así una densidad de plantación de más de 2000 olivos/ha. Estas plantaciones de alta densidad reciben el nombre de superintensivas (Figura 1.2.3).

Figura 1.2.3_Vendimiadora adaptada a la recolección de olivo en seto.

El seto es un sistema de conducción, en el que la vegetación de la copa se distribuye de forma continua a lo largo de la línea de plantación, presenta dos caras verticales o con cierta inclinación. Para conseguir un sistema continuo de vegetación es necesario reducir la distancia de los árboles en la línea. Este sistema de cultivo no sólo supone un incremento en la densidad de plantación, sino un cambio en la geometría de la copa (Figura 1.2.4), que afecta al microclima de las hojas, de los frutos y del suelo, modificando la radiación recibida, temperatura, viento y humedad. Esto provoca grandes cambios en la respuesta del olivo, ya que, la fisiología de los árboles aislados difiere de la fisiología de los olivos conducidos en seto.

Marco: 12 x 12 (69 olivos/ha) SFE: 6.933 m²/ha Volumen copa: 9.244 m³/ha	Marco: 8 x 7 (179 olivos/ha) SFE: 7.588 m²/ha Volumen copa: 10.117 m³/ha	Marco: 4 x 1,3 (1923 olivos/ha) **SFE: 14.999 m²/ha** Volumen copa: 6.250 m³/ha

Figura 1.2.4_Dimensiones de copa para los distintos sistemas de plantación del olivo.

(María Gómez del Campo, 2013)

1.3. EL OLIVAR EN SETO

Desde la década de 1990, el aumento significativo en el consumo de aceite de oliva ha favorecido la expansión de la superficie implantada con olivos, tanto en la cuenca del Mediterráneo, donde tradicionalmente se ha cultivado el olivo, como en nuevos países (superficie total 9,6 millones de hectáreas en 2011; FAOSTAT, 2013). El incremento en el coste de mano de obra ha propiciado un mayor interés sobre la mecanización total del olivar. Esto renovó el interés en el olivar en seto, que fue propuesto por primera vez en 1961 (Morettini, 1972), pero comercialmente sin éxito, debido a problemas no resueltos en la mecanización de la cosecha. Desde entonces, se ha avanzado enormemente en el diseño de máquinas cosechadoras, lo que ha facilitado el desarrollo del olivar en seto (Connor y col., 2014; Rius y Lacarte, 2010; Tous y col, 2010).

Actualmente, el olivar en seto ocupa más de 100.000 hectáreas (1% de la superficie total), utilizando una amplio rango de densidades de plantación y dimensiones (Connor y col, 2014). Dos tipos de setos han surgido adaptados a las cosechadoras cabalgantes disponibles actualmente en el mercado. Los primeros son setos estrechos que se mantienen alrededor de 2,5 m de altura y 1,0-1,5 m de ancho, adaptados a máquinas vendimiadoras modificadas. Estos setos estrechos, son normalmente plantados con alta densidad de árboles (1500-2000 árboles/ha) y conducidos con el sistema de "eje central", usualmente se los conoce como olivar "superintensivo" o super alta densidad (SAD). Los setos estrechos se han expandido en zonas donde el olivo presenta de moderado a bajo vigor vegetativo (España, Chile y Portugal) (León y col., 2007; Rius y Lacarte, 2010). El segundo tipo, son grandes setos mantenidos aproximadamente con 4,5 m de altura y 4,0 m de ancho, usualmente llamados como olivar en seto "intensivo" o alta densidad (AD), plantados con 250 a 500 árboles/ha y formados en un sistema de "vaso" o "eje central" (Connor y col., 2014). Una gran cosechadora llamada "Colossus" fue desarrollada en Argentina para estos setos, que se han expandido en las zonas de producción donde el olivo crece vigorosamente (Noroeste de Argentina y Australia) (Cherbiy-Hoffmann y col., 2012; Ferguson y col, 2010; Ravetti, 2008). Aunque todo parece indicar que los setos estrechos y no muy altos permiten alcanzar altas producciones y pueden ser recolectados con máquinas de menores dimensiones (Connor y col., 2014).

Las ventajas de la mecanización del olivar en seto son evidentes. Las cosechadoras mecánicas cabalgantes sobre el seto reducen la mano de obra y el coste de la recolección, al mismo tiempo que permite una entrega en la almazara más rápida de la fruta cosechada para su transformación. La poda mecánica es una ayuda efectiva y económica para el mantenimiento de las dimensiones deseadas del seto. La aplicación de productos fitosanitarios en setos estrechos puede facilitarse y lograrse con atomizadores más pequeños y de menor coste, que los utilizados en las plantaciones tradicionales en vaso.

En el olivo, la expansión del seto en superintensivo ha estado limitado principalmente por la elevada inversión necesaria para su establecimiento, las pocas variedades de olivo disponibles de bajo a moderado vigor, el coste de las cosechadoras y el insuficiente conocimiento sobre diseño del seto, longevidad, y manejo requerido para mantener productivo el seto y compatible con la cosechadora seleccionada (Freixa y col., 2011).

1.3.1. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE

La información recogida en este punto ha sido recopilada de la publicación: "La revolución del olivar: El cultivo en seto" (Rius y Lacarte, 2010), y de Olint.com.

La primera plantación de olivar en seto en España fue en 1994, en la finca Valonga, Binéfar (Huesca). Se establecieron 6 ha con un marco de plantación de 3m x 1,35m de la variedad Arbequina.

En 1996 se plantó la segunda plantación de estas características en la Hacienda de San Miguel, Alhama de Murcia (Murcia). Ese mismo año se plantaron en distintos lugares de España un total de 90 ha.

La expansión de este sistema de cultivo ha sido creciente desde entonces. El interés en este sistema de cultivo fue en aumento alimentado por la creciente demanda de aceite de oliva y la escasez de mano de obra. España con 40.000 ha es el país con mayor superficie. La mayor concentración de olivar en seto se encuentra en Andalucía y Extremadura.

En Francia, en 1997 una cooperativa de la Provence plantó 600 ha. A pesar del éxito agronómico y la gran rentabilidad económica este sistema de cultivo sigue aun sembrando grandes dudas en este país, pues prefieren cultivar variedades autóctonas, cuya adaptación a este sistema es mala debido a su vigor.

En Portugal, una empresa cordobesa realizó la primera plantación en seto. La superficie en este país ha ido en aumento debido al atractivo precio de la tierra y promovido en numerosas ocasiones por capital español. Tiene un alto potencial de crecimiento en este aspecto, y se pueden observar en la actualidad plantaciones de olivar en seto de grandes dimensiones, recolectados con cosechadoras "Colossus". Portugal cuenta en la actualidad con 10.000 ha de olivar en seto.

El primer productor de aceituna para almazara de África es Túnez. SADIRA proyectó en el año 2000 la primera plantación de alta densidad de olivos. A finales del año 2010 la superficie total de olivar en seto era de 5.000 ha.

En el año 2001 la empresa Via Wine introdujo este sistema en Chile con una plantación de 80 ha. Chile cuenta actualmente con una superficie superior a 10.000 ha.

En Marruecos el rey estableció una nueva política olivícola para el desarrollo de este cultivo en 2003. Se concedieron explotaciones de terreno a empresas privadas, lo que permitió que el número de hectáreas plantadas sea superior a las 4.000 ha en la actualidad.

En 2004 se planta en Italia la primera plantación no experimental de olivo en seto. La modernización de los olivares italianos es escasa. El panorama oleícola italiano se encuentra agitado actualmente por la bacteria *xylella fastidiosa*, que está obligando a quemar numerosos árboles centenarios para frenar su avance al norte y resto de Europa.

Existen numerosos países que actualmente poseen plantaciones de olivo en seto en mayor o menor cantidad: Grecia, Australia, EEUU y Arabia Saudí entre otros.

No cabe duda que en vistas a la tendencia mundial, y a las ventajas que conlleva este tipo de plantaciones, cabe esperar un aumento en la superficie de olivar en seto.

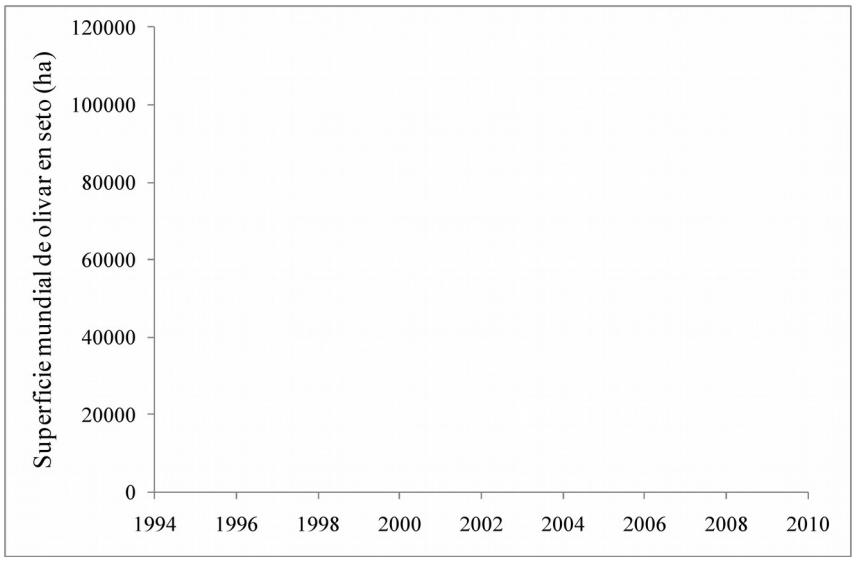


Figura 1.3.1.1_Evolución de la superficie de olivar en seto.

En la Figura 1.3.1.1 se observa como la superficie plantada de olivar de alta densidad muestra una tendencia creciente.

1.3.2. VARIEDADES

En superintensivo es importante considerar la elección de la variedad a cultivar detenidamente, pues no sólo se ha de tener en cuenta la adaptación a factores climáticos, edáficos, situación geográfica y adaptación a la recolección mecánica, sino que también es importante elegir variedades con una rápida entrada en producción, con unos rendimientos elevados y constantes, y con un vigor adecuado al espacio disponible por planta (Gómez del Campo, 2011).

La mayor parte de las plantaciones en seto se han realizado con la variedad Arbequina, debido a su menor porte, a su rápida entrada en producción y a la demanda de aceite que hay de esta variedad.

En relación al rendimiento graso hay que destacar, que el aceite de esta variedad alcanza la mayor calidad cuando la aceituna es recolectada en fechas muy tempranas (Noviembre), por

lo que los rendimientos grasos medios son bastante más bajos (18%) que los registrados en la media nacional (22-24%).

La plantación de mucha superficie con una única variedad supone un problema en el control de la recolección y molienda (Gómez del Campo, 2011). Las variedades Arbequina y Koroneiki son variedades que responden muy bien al cultivo en seto. "Manzanilla Cacereña" puede ser una apuesta de calidad y diferenciación con producciones aceptables en alta densidad, algo que algunas explotaciones pioneras ya practican, y por lo demás, otras variedades pueden ofrecer resultados más erráticos que no recomiendan su cultivo en seto aunque en cualquier caso sería interesante continuar los ensayos con diferentes variedades que nos abran más el abanico de posibilidades ante el reto del cultivo en alta densidad (García y col., 2012).

En un artículo de Miguel Pastor y col. (2005), presentaron los resultados de un ensayo de variedades de olivo en seto. Como conclusiones establecen que la variedad Arbequina es la más recomendable debido a su buen nivel productivo y a su relativo escaso vigor, habiendo mostrado una aceptable aptitud a la recolección con cosechadora.

El IRTA realizo un experimento en La Canonja (Tarragona), de variedades en un marco de plantación 3m x 1,35m. En el que la variedad Arbequina fue también la que obtuvo una mejor adaptación al cultivo del olivo en seto.

Cabe resaltar las peculiaridades de la maduración de las aceitunas de la variedad Arbequina. Tiene una maduración escalonada y no llega a alcanzar la pigmentación del fruto por completo.

1.4. EL RIEGO EN EL CULTIVO DEL OLIVO

El olivo es una especie vegetal resistente a la sequía, dada su naturaleza mediterránea. Pero responde de manera positiva a la aplicación de riego en lugares de clima seco (Morianay col., 2003).

Fereres y Orgaz (2008), señalan que el agua es el factor más limitante del rendimiento en climas con escasa pluviometría.

En el olivar superintensivo la aplicación de riego se presenta fundamental, ya que el olivar en seto en secano es una alternativa poco viable. Además en el caso particular de las plantaciones superintensivas se hace necesaria la aplicación del riego para acelerar el desarrollo de las plantas cuando son jóvenes.

Las necesidades potenciales de agua del cultivo (ETc), dependen de la climatología y tipo de suelo de la zona, así como de la reserva de agua disponible a la salida del invierno. Estos parámetros son fijos a la hora de programar el riego. Sin embargo, para determinadas características edáficas y climáticas, y también el tipo de olivar (marco de plantación y

tamaño de los árboles), influyen sobre las necesidades totales, así como la producción media del olivar (infoagro, 2006). Al aumentar la densidad de plantación, para un determinado volumen de copa por hectárea, aumenta la superficie de suelo cubierta por la copa de los árboles y por lo tanto aumentan las necesidades de agua del cultivo. También aumentará la capacidad productiva de la plantación (infoagro, 2006).

El análisis de la evolución de las superficies nacionales de olivar muestra un aumento de la superficie de olivar en regadío en detrimento de la de secano, debiéndose tanto a nuevas plantaciones de regadío como a la modernización de olivares en producción.

Un olivar bien regado asegura un buen cuajado, desarrollo del fruto y una máxima acumulación de aceite. En cambio el exceso de agua puede ser un problema para los sistemas de plantación en seto, ya que se produce un exceso de vigor en la planta y esto conlleva un problema de iluminación (Rius y Lacarte, 2010).

1.5. SENSIBILIDAD DEL OLIVO AL DÉFICIT HÍDRICO

El olivo es considerado como una especie resistente a la salinidad y la sequía (Barranco y col., 2008), lo que le permite ser cultivado en zonas de secano. Si la pluviometría es baja y el riego aplicado es limitado, el olivo puede experimentar estrés hídrico durante el periodo de crecimiento (Moreno y col., 1999).

El estrés hídrico es una de las principales causas de muerte en plantas, ocurre cuando la transpiración excede el agua absorbida por las raíces (Fernández y col., 1991).

El olivo posee un sistema radicular extenso que en terrenos muy arenosos puede alcanzar más de 10 metros de profundidad y un desarrollo horizontal de 2 o 3 veces el radio de la copa. Sus hojas son coriáceas y sus estomas se sitúan en el envés, por lo que no están expuestos a la radiación directa del sol.

El estado de hidratación del olivo juega un papel importante en el control estomático. Esta regulación en la apertura y cierre de los estomas fue caracterizada por Bongi y Palliotti (1994), como un mecanismo de adaptación a la falta de agua, reduciendo la transpiración cuando es necesario. Los estomas están dispuestos en ligeras depresiones, donde se crea un microclima más húmedo, lo que disminuye la transpiración (Rallo y col., 1998).

Fereres (1984) realizó un ensayo en el que medió el comportamiento de los estomas. El olivo a diferencia de otras especies, abre sus estomas durante las primeras horas del día y los cierra del orden de más del 50% durante las horas centrales del día. También se establece una relación inversa con el déficit de presión de vapor (DPV), pues es mínimo al mediodía.

Se ha comprobado que la falta de agua afecta la productividad y que el riego la aumenta considerablemente (Rallo y col., 1998).

La sensibilidad del olivo varía estacionalmente (Gucci y col., 2009). El olivo y en general todos los frutales, presentan períodos críticos donde el agua no debe faltar, ya que su falta influye seriamente en el desarrollo normal de la planta, la producción y la calidad del fruto.

Para poder comprender el efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento y desarrollo del olivo, hay que entender las sucesivas etapas de su esquema vital (Goldhamer y col., 1994). El olivo es una especie de ciclo bianual. La determinación final de los frutos en cosecha es afectada por un gran número de factores de manejo (poda, estado sanitario, fertilización), fisiológicos y ambientales: radiación, temperatura, vientos, humedad relativa; tanto en el año de cosecha como el año previo a la misma (Al-Shdiefat y Qrunfleh, 2008; Baktir y col., 2004; Fabbri y Benelli, 2000; Lavee y Avidan, 1994; Ulger y col., 2004).

Las yemas vegetativas comienzan a brotar en primavera, manifestándose por la aparición de nuevos brotes terminales y ruptura de yemas axilares, las cuales darán lugar a brotes juveniles (madera) o a inflorescencias (racimos), si es que son inducidas. En el período de un año se observarán dos flujos de crecimiento vegetativo. El primero y más importante ocurre en primavera. El segundo flujo de crecimiento se produce al final del verano o inicios del otoño. El crecimiento de estos últimos brotes se ve muy afectado por la cosecha, ya que los frutos acaparan la mayor parte de los asimilados de la planta, reduciéndose por lo tanto el crecimiento de brotes (Rallo, 1995). Respecto del crecimiento vegetativo, este presenta dos etapas o períodos de crecimiento: inicios de primavera, y finales del verano e inicios de otoño (Figura 1.5.1).

La primera etapa de crecimiento vegetativo tiene su inicio antes del comienzo de la Fase I del crecimiento del fruto y al mismo tiempo que ocurre el proceso de inflorescencia y floración. Esta dualidad de procesos (reproductivo y vegetativo) favorece la presentación de vecería, que es la alternancia de años de alta producción (años de carga) con años de baja producción (años de descarga). Esta alternancia es debida en gran medida a una inhibición de la inducción floral (Lavee y Avidan, 1994 y Rallo, 1995). El crecimiento del fruto del olivo, como el de cualquier otra drupa, está caracterizado por una curva de crecimiento de tipo doble sigmoidea (Rallo, 1995), y consta de tres etapas:

a) Fase I: Donde ocurren procesos de división y expansión celular.

b) Fase II: Endurecimiento del hueso (fines primavera e inicios de verano).

c) Fase III: Elongación celular y ocurre durante el verano.

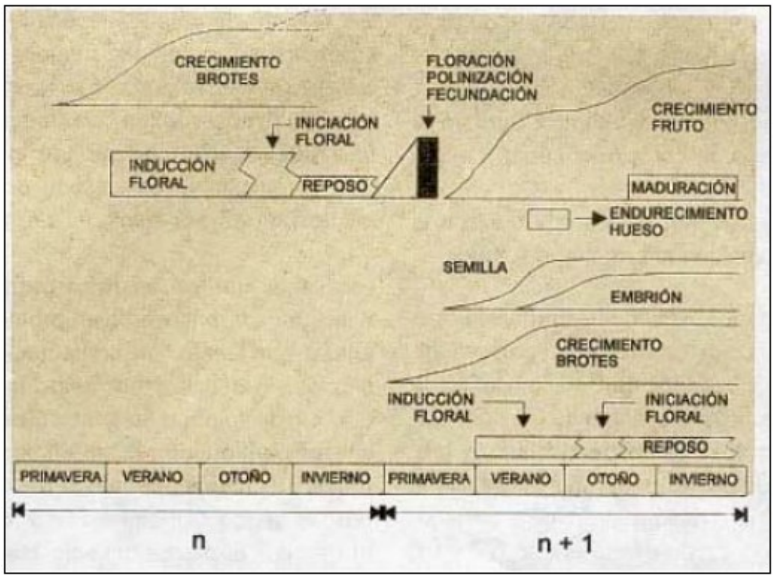


Figura 1.5.1_Diferentes fases en el ciclo del olivo (bianual).

(Rallo, 1995).

El efecto del déficit hídrico en los diferentes estados del olivo se muestra en la tabla 1.5.1, se observa como el déficit hídrico puede afectar de forma negativa a la producción, tanto de la campaña en cuestión, como de la siguiente.

Tabla 1.5.1_ Efectos del déficit hídrico en los diferentes estados o etapas fenológicas del cultivo.

Época	**Estado Fenológico**	**Efecto déficit Hídrico.**
Septiembre	Diferenciación de yemas en flor Desarrollo de yemas de flor Brotación yemas de madera Comienzo crecimiento de brotes	Aumento proporción flores incompletas Aborto ovárico Reducción de crecimiento de los brotes
Mayo-Junio	Floración Cuajado de frutos Crecimiento de frutos (aumento número de células) Crecimiento de brotes	Reducción de N° de frutos cuajados Reducción del crecimiento de frutos Reducción del crecimiento de los brotes y aumento de la alternancia de producción
Julio	Crecimiento de frutos (aumento tamaño de células) Inducción floral	Reducción tamaño frutos Caídas de frutos Reducción permanente de tamaño
Agosto-Octubre	Crecimiento de frutos Formación de aceite Crecimiento de los brotes (árboles descarga) Acumulación de reservas	Frutos de pequeño tamaño Baja relación pulpa/hueso Reducción del rendimiento graso Reducción del crecimiento de los brotes Mala calidad de flor en temporada siguiente

(Adaptado por F. Orgaz y Fereres de Beede y Goldhamer, 1994)

En este proyecto de fin de grado se produjo estrés hídrico a los olivos en la fase de acumulación de aceite, que se inicia con el endurecimiento de hueso a principios de julio, aunque el aceite es sintetizado en mayor cantidad a partir de finales de agosto.

El olivo es extremadamente sensible durante esta época a la falta de agua, por lo que si el estrés es muy severo se puede reducir la producción, ya sea por una bajada en los kg cosechados, o por una bajada en el rendimiento graso de los frutos.

Pastor en el año 2005, publicó los datos de un estudio realizado durante más de diez años en un olivar adulto en Jaén. En dicho ensayo aplicó el 100% de la ETc, durante diferentes épocas del año. Los resultados mostraron que el riego en otoño obtuvo una mayor eficiencia de agua, y por lo tanto una mayor rentabilidad.

Por otra parte, Goldhamer y col., (1994), en una investigación de dos temporadas evaluaron el efecto de distintas dosis de agua sobre el rendimiento del cultivo de olivo.

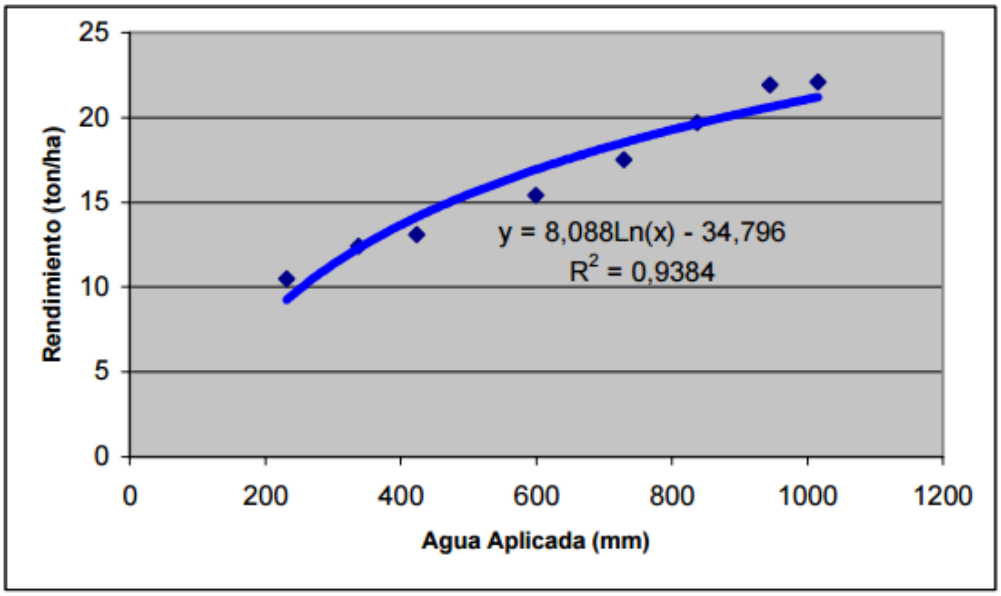


Figura 1.5.2_Relación entre el rendimiento y la aplicación de riego.

(Goldhamer et al., 1994)

En la Figura 1.5.2 se muestran los resultados de la relación entre el riego y el rendimiento del olivo. Se puede apreciar que el rendimiento aumenta con mayores aplicaciones de agua; pero para dosis superiores a 900 mm, el rendimiento tiende a estabilizarse.

Pastor y col., (1997), señalan que la contribución del riego se ve en el aumento de tamaño de la fruta, la cantidad de frutas y el contenido de aceite. La mejora en el rendimiento se atribuye a un mayor tamaño del árbol y de la superficie de las hojas.

1.6. RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN OLIVO EN SETO

El agua se ha convertido en el más preciado de los recursos naturales en muchas zonas de España y, dado que la agricultura es el principal consumidor, es prioritario mejorar la eficiencia de uso del agua en la agricultura de regadío. El riego deficitario controlado (RDC) es una estrategia de riego que se basa en aplicar tan sólo una fracción de los requerimientos hídricos del cultivo durante determinados períodos del ciclo vegetativo.

El riego deficitario controlado fue desarrollado en Australia en el cultivo de melocotón y pera para controlar el crecimiento vegetativo y la competencia con la producción de fruta.

El RDC busca mejorar la rentabilidad del cultivo y no aumentar la producción, pues no siempre la máxima rentabilidad la da la mayor producción (Gómez del Campo y col., 2007).

En la mayor parte de las zonas de producción, el agua es escasa y cara, es por esto que la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) hacen que podamos optimizar su uso (Gómez-del-Campo, 2013 a y b).

La aplicación de estrategias de riego deficitario controlado exige el conocimiento del ciclo de cultivo del olivo y de sus diferentes respuestas productivas a aplicacionesdeficitarias de riego en las diferentes fases del desarrollo del cultivo.

Determinar las cantidades de agua que necesita el cultivo es difícil, y en numerosas ocasiones los métodos recomendados para establecer la ETc (FAO 56) del cultivo se alejan más o menos de la realidad, dependiendo en la zona geográfica en la que nos encontremos.

Actualmente son varios los trabajos publicados en los que se trata de establecer de forma precisa la ETc del olivo. Goldhamer (1994) y Girona (1996) publicaron los resultados de sus ensayos dando como conclusiones que la evapotranspiración del olivo se encuentra entre 500 mm y 900 mm. Es un amplio rango de necesidades de agua, que se explica por la marcada influencia de la zona geográfica.

Chalmers (1981) llevó a cabo un experimento de RDC en cultivos leñosos. Las conclusiones publicadas indican que la aplicación de RDC, permite que las dosis de riego aplicadas se reduzcan afectando levemente al rendimiento del cultivo.

El riego deficitario controlado se basa en la aplicación de riego en las fases del cultivo donde la sensibilidad a la falta de agua es baja. Concretamente en el caso del olivo esta fase va desde el endurecimiento de hueso hasta la fase de acumulación de aceite.

Las estrategias de riego deficitario tienen lugar durante la estación seca, en la que la precipitación es escasa o inexistente, y puede haber restricciones en cuanto a su uso agrícola. Con ello se consigue un importante ahorro de agua.

1.6.1. EFECTO EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO

Grattan y col. (2006) y Berenguer y col. (2006) establecieron un estudio en California de la variedad Arbequina. Calcularon las necesidades hídricas de la plantación y aplicaron un 60% de la ETc a una parte experimental del ensayo. Concluyeron que este déficit hídrico no provocó ningún aumento o reducción del crecimiento vegetativo.

En las plantaciones superintensivas, como ya se ha comentado anteriormente, el control del vigor se antoja crucial. Un desarrollo vegetativo excesivo complicará la recolección, y puede provocar un descenso en la producción debido a la competencia entre árboles.

La actividad fotosintética por unidad de área foliar es menor en olivo en seto, debido a que el sombreamiento es mayor entre hojas (Connor, 2006).

1.6.2. EFECTO EN LA FLORACIÓN Y CUAJADO

Gucci y col. (2007) estudiaron el efecto de tres estrategias de riego deficitario controlado en la variedad "Leccino", en un marco de plantación 6m x 3,8m, en Bibbona, Italia. Las estrategias de riego fueron:

- T1: tratamiento control con una dosis aplicada de 139mm.
- T2: 64,5mm.
- T3: 24mm.

Se obtuvieron unos porcentajes de floración de 94,5% para T1; 98,7% T2; 97,2% para T3.

Concluyeron que las dosis de riego no afectaron al porcentaje de inflorescencias desarrolladas por brote. El número de inflorescencias por rama ni la cantidad de flores imperfectas tampoco se vieron afectados por RDC. Sin embargo el porcentaje de brotes con un mayor número de inflorescencias fue superior para T1.

En un ensayo llevado a cabo en "Cantarranas" (Gómez-del-campo, 2012), la floración y el cuajado del fruto fueron evaluados para cuatro tratamientos deficitarios. Los resultados presentados no mostraron que los tratamientos de riego deficitario durante la fase de síntesis de aceite tuvieran efecto en la floración y campaña del año siguiente.

1.6.3. EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITUNA

Numerosos estudios señalan que reducciones moderadas en la dosis de agua aplicada no suponen una reducción en la producción de aceituna.

En 2007 el INTA de Argentina, publicó un estudio dirigido por Pérez Peña J. sobre el efecto del riego deficitario aplicado durante el periodo de síntesis de aceite en el rendimiento y calidad de aceite de los olivos. Con el objetivo de conocer el efecto del RDC aplicado durante la última etapa de crecimiento de fruto, durante el ciclo 2006-2007 en un monte comercial de olivos cv. Arbequina de 9 años de edad, se evaluaron tres tratamientos de riego: un tratamiento control (T) que recibió el 100% de la ETc y dos tratamientos restrictivos que recibieron igual cantidad de riego que el tratamiento control excepto durante la fase III de crecimiento de fruto hasta cosecha en los que se aplicó 66% de la ETc (T66) y 33% de la ETc (T33). Como resultado de este primer ciclo de estudio se evidenció que el RDC no afectó ni a las características de fruto ni al rendimiento de aceitunas por planta.

Alegre y col., publicaron en 2010 los resultados de un ensayo realizado sobre un olivar adulto de la variedad Arbequina (10m x 10m). Los resultados mostraron que ni producción de aceituna ni producción de aceite se vieron reducidos por dosis del 75 y 50 % de agua que la marcada por la ETc en la fase de síntesis de aceite.

A su vez no podemos obviar el efecto del regadío sobre la maduración que prolonga la maduración de los frutos (Lavee, 1986).

1.6.4. EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITE

Algunos ensayos señalan que el riego aumenta la producción, sin embargo, los resultados de otros ensayos muestran como reducciones en las dosis de riego aplicadas no desembocan en una reducción de la producción de aceite.

Berenguer y Faci (2006), realizaron una investigación tendiente a determinar el efecto de diferentes dosis de agua sobre la producción total de aceitunas, la producción de aceite por árbol, el rendimiento graso del fruto y los parámetros químicos y sensoriales en los aceites obtenidos, en un olivar variedad Arbequina. Los tratamientos aplicados fueron: T1 sin riego, T2 = 33% de las necesidades netas de riego (NNR), T3 = 66% de NNR y T4 = 100% de NNR. Los principales resultados reportados por estos autores en esta experiencia son, la producción de olivas y de aceite por árbol aumentó significativamente con la cantidad de agua aplicada en riego. Se encontró una relación de tipo logarítmica entre la producción de oliva y de aceite, y la cantidad estacional de agua aplicada.

Pastor y col. (1999) presentaron los resultados de un ensayo de riego deficitario en un olivar adulto, con una densidad de plantación de 80 olivos/ha. T1 se regó a capacidad de campo calculando la evapotranspiración (3.200 m^3/ha), el segundo tuvo un aporte de agua de 2000 m^3/ha (62,5%T1) y el tercero 1500 m^3/ha (47%), comparadas con un testigo en secano. El riego incrementó la producción de aceite. El incremento de producción de los tratamientos regados se relacionó con el mayor volumen de copa de los olivos.

En California, EEUU, Goldhamer (1999), presentó los resultados obtenidos para cuatro tratamientos de riego en un olivar adulto de la variedad Manzanilla con un marco de plantación de 9,1m x 4,6m. En este ensayo, T3 que tuvo un aporte de agua del 50% con respecto a la ETc calculada desde mayo hasta septiembre. Observó que dicho tratamiento obtuvo un 11% menos de aceite.

En 2003 Moriana y col. realizaron un ensayo en CIFA, Córdoba, sobre una plantación 6m x 6m de "Picual", al cual se le aplicó RDC. Obtuvieron unos datos de producción de aceituna para el tratamiento de control de 11.100 kg/ha y de producción de aceite de 1.950 kg/ha, este tratamiento tuvo una dosis de riego de 538 mm para toda la campaña. Uno de los tratamientos deficitarios llevados a cabo se le aplicó un 25% de agua aplicada sobre los olivos de control, y observó una reducción de la producción de aceituna y aceite del 26,58% y 20,51% respectivamente.

Estudios previos han demostrado que la aplicación de RDC que no produjeron un estrés hídrico severo y continuado, no produjeron un descenso en la producción (Goldhamer, 1999; Alegrey col., 2002; Lavee y col., 2007).

Selles y col. (2006) realizaron una investigación para determinar el efecto de diferentes regímenes de riego deficitario controlado (RDC), aplicados durante la Fase III de crecimiento del fruto, en el olivo cv. Sevillana. Se aplicaron cuatro estrategias de riego: T1, 100% ETc; T2, 40% ETc; T3, 25% ETc; T4, 60% ETc durante toda la temporada. Los resultados indican que déficit hídrico durante la Fase III de crecimiento de frutos no afecta la carga frutal. Sin embargo, restricciones hídricas severas durante esta fase (aplicación del 25% de la ETc)

afectan el peso final del fruto, tanto en años de baja como de alta carga. Por otra parte, restricciones moderadas (aplicación del 40% de la ETc), sólo afectan el peso en años de baja carga.

Otros proyectos llevados a cabo muestran como determinadas reducciones en la dosis de riego aplicada no produjeron un aumento en la producción.

Fichet y Haberland (2006), sometieron a un huerto de olivos de 6 años de edad de la variedad Leccino a riego deficitario controlado (RDC). El ensayo se aplicó durante la fase final del desarrollo del fruto, de pinta a maduración de fruto. Los resultados muestran que la producción de aceite del tratamiento deficitario fue un 19% mayor que el tratamiento de control regado al 100% de la ETc.

1.6.5. EFECTO EN LA CALIDAD DEL ACEITE

Algunos estudios revelan que los determinados parámetros medidos de calidad del aceite no se vieron afectados por las dosis de agua, sin embargo otros ensayos mostraron que el contenido en polifenoles se ve afectado según el estado de hidratación del olivo.

El profesor Samuel Ortega llevó a cabo un estudio en 2009 en Chile, con la finalidad de determinar la influencia de diferentes estrategias de riego deficitario controlado (RDC) sobre la calidad y productividad de aceite de oliva, se establecieron cuatro tratamientos de riego durante la temporada 2006/2007, en un huerto de olivos de siete años de edad del cv. Arbequina, en el valle de Pencahue, Región del Maule. Los tratamientos de riego fueron: reposición de agua equivalente al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada (T1); reposición de un 100% de la ETc hasta el término de la fase I de crecimiento del fruto y 80% durante la fase II y III (T2); reposición de un 100% de la ETc hasta el término de la fase I de crecimiento del fruto y 60% durante la fase II y III (T3); reposición de un 100% de la ETc hasta el término de la fase I de crecimiento del fruto, 30% durante la fase II y 60% durante la fase III (T4). Los resultados obtenidos muestran que las restricciones hídricas moderadas del orden del 60% y 80% de la ETc durante la fase II y III del crecimiento del fruto, mejoran la eficiencia en el uso del agua de riego, debido a que no disminuyeron los rendimientos de aceite y provocaron un ahorro de agua. Respecto a los parámetros de calidad medidos, los distintos tratamientos de riego aplicados no provocaron diferencias significativas, y la categoría de los aceites producidos continuó siendo del tipo extra virgen.

Otros muestran cómo aunque algunos parámetros no se ven afectados, el contenido en polifenoles sí se relaciona con la cantidad de agua aplicada al olivo.

Berenguer y col., (2006), realizaron una investigación en la que determinaron el efecto de diferentes cargas de agua sobre la producción total de aceitunas, la producción de aceite por árbol, el rendimiento graso del fruto y los parámetros químicos y sensoriales en los aceites obtenidos, en un olivar variedad Arbequina. Los tratamientos aplicados fueron: T1 sin riego, T2 = 33% de las necesidades netas de riego (NNR), T3 = 66% de NNR y T4 = 100% de NNR. Los principales resultados reportados por estos autores en esta experiencia fueron que el riego tuvo un efecto significativo en el contenido de polifenoles, en la estabilidad oxidativa y en la

composición de ácidos grasos, y que el contenido de polifenoles y la estabilidad oxidativa fueron significativamente mayores en los aceites de secano. Los valores del grado de acidez, peróxidos y esteroles no fueron afectados por el riego.

En Italia, en la región de Benevento, D´Andria y col. (2004), se aplicaron cuatro estrategias de RDC.

- T1: secano.
- T2: 100% ETc.
- T3: 66% Etc.
- T4: 33% ETc.

Los resultados mostraron una relación entre la composición de los aceites en polifenoles totales y la cantidad de agua aplicada. La estabilidad oxidativa de los aceites y el índice de peróxidos no se vio afectado.

OBJETIVOS

El olivar en seto ha experimentado un aumento de superficie importante, y parece que esta tendencia se mantendrá en el futuro, debido a que permite una mayor mecanización de las labores de cultivo, principalmente la recolección, y con ello un descenso en los costes que desemboca en una mayor rentabilidad.

Dado que este tipo de plantaciones son relativamente nuevas, las primeras plantaciones se establecieron en 1994, son pocos los trabajos llevados a cabo en este tipo de plantaciones.

Este trabajo de fin de grado se llevó a cabo durante la campaña de 2013, y parte de la campaña 2014, y trata de evaluar la respuesta del olivar en seto de la variedad Arbequina a la disponibilidad de agua durante la fase de síntesis de aceite, desde finales de agosto hasta recolección. Se aplicaron tres estrategias de riego deficitario controlado y se compararon con un tratamiento control, se consigue así igualar todos los factores que pueden afectar a la producción de la campaña, y a la floración y el cuajado de la campaña siguiente; menos en este caso, la disponibilidad de agua.

El objetivo principal es conocer el efecto de las dosis de riego aplicadas en: el potencial hídrico de tallo, crecimiento vegetativo de brote, características de la aceituna, número de aceitunas, producción de aceituna y aceite, calidad del aceite, floración y cuajado de la campaña siguiente.

La información en este ensayo será útil para elaborar una estrategia de riego que no produzca un descenso en la producción, en el caso de que hubiese restricciones de agua, optimizando al máximo su uso. También permite obtener aceites con cualidades diferentes.

Además se busca su aplicación sobre el seguro del olivar, establecer las condiciones del seguro agrario y evaluar el impacto de la disponibilidad de agua en el otoño en la producción de la campaña siguiente.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENSAYO

3.1.1. LOCALIZACIÓN

El ensayo se encuentra en la finca "Casas de Hualdo", en el término municipal de Puebla de Montalbán, Toledo. El ensayo consta de dos parcelas, "Cantarranas" (Figura 3.1.1.2) y "Las Cañas" (Figura 3.1.1.3).

La plantación se encuentra situada a 515 m de altitud, siendo sus coordenadas geográficas: Latitud 39º 48´17´´ Norte y Longitud 4º 27´ 8´´ Oeste.

Figura 3.1.1.1_Foto satélite área de ensayo.

Figura 3.1.1.2_Foto satélite de "Cantarranas".

Como es apreciable en la foto la parcela de "Cantarranas" (Figura 3.1.1.2) está situada en un antiguo pívot reconvertido a riego por goteo, inicialmente fue utilizado para aplicar el riego durante el establecimiento de la plantación, luego se retiró debido al mayor porte de los árboles y a que el riego no era aplicado de forma correcta, pues el pívot riega la parte aérea lo que provoca quemaduras en las hojas. La parcela del ensayo tiene una pendiente del 5%.

Figura 3.1.1.3_Foto satélite "Las Cañas".

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN

El ensayo está situado en la finca "Casa de Hualdo" ubicada en La Puebla de Montalban, Toledo (39° 48' N; 04° 27'W; 516 m s.n.m.).

Los ensayos fueron realizados en dos olivares adultos de la variedad Arbequina, con un marco de plantación de 4x2 m (1250 árboles/ha); "Cantarranas", plantado en 1997, y "Las Cañas", en 2001. "Cantarranas" fue plantada con una orientación E-W, mientras que la orientación de "Las Cañas" es N-S.

Figura 3.1.2.1_Conducción en seto con formación en candelabro.

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO

Como ya se ha mencionado anteriormente, el ensayo está situado en un antiguo pívot, que más tarde fue sustituido por un sistema de riego por goteo que maximiza el aprovechamiento del agua con riegos frecuentes de caudal pequeño, y que es el más usado en este tipo de plantaciones. Se busca mantener un bulbo húmedo adecuado, que minimice las pérdidas de agua debido al drenaje y a la evaporación.

La instalación de riego comienza con la toma de agua del rio Tajo (Figura 3.1.1.1). De ahí es bombeada (Figura 3.1.3.1) hasta la balsa reguladora (Figura 3.1.3.2) situada en la finca, en la que es almacenada y de ahí distribuida a las diversas parcelaciones de riego situadas en la finca, la cual es bastante extensa y abarca numerosos tipos de cultivos.

Figura 3.1.3.1_Estación de bombeo.

Figura 3.1.3.2_Balsa reguladora.

Después el agua es conducida hasta el cabezal de riego del ensayo (Figura 3.1.3.3).

Figura 3.1.3.3_Cabezal de riego del ensayo.

Posteriormente en el cabezal de riego el agua es filtrada. Se disponen dos tipos de filtros en el cabezal. El primer conjunto de filtros son 4 filtros de arena (Figura 3.1.3.4) que sirven principalmente para retener las partículas orgánicas en suspensión y el limo.

Figura 3.1.3.4_Filtros de arena del cabezal de riego.

Es importante decir que cuanto menor es la granulometría de la arena mejor es la calidad del filtrado, pero antes se ensucia el filtro, requiriéndose limpiezas más frecuentes (Pastor, 2005).

En este conjunto de filtros se observa en la zona superior las ventosas (Figura 3.1.3.5), que son las encargadas de retirar el aire de la conducción, evitando sobrepresiones y el fenómeno de la cavitación, que pueden producir roturas.

Figura 3.1.3.5_Ventosa para la eliminación del airea.

El segundo grupo de filtros son los de mallas (Figura 3.1.3.6), retienen todo tipo de sólidos en suspensión, las impurezas del agua quedan retenidas en la superficie de una malla dotada de orificios de pequeño tamaño. Estos filtros son de forma cilíndrica, con una carcasa de acero, y están colocados de forma inclinada en la instalación de filtrado. Teniendo en cuenta la antigüedad de la plantación, se entiende que la limpieza de dichos filtros se haga de forma manual y no automática como en los sistemas más modernos, que con un solo filtro de grandes dimensiones son capaces de realizar el filtrado. La limpieza se realiza cuando la

pérdida de presión entre la entrada y la salida del agua es alta, lo que significa que hay ya muchas partículas retenidas en la malla.

Figura 3.1.3.6_Filtros de malla del cabezal de riego.

En la salida del cabezal de riego se ha realizado una derivación (Figura 3.1.3.7), para suministrar el agua que requiere cada tratamiento del ensayo, puesto que no se riega junto con el resto de la parcela.

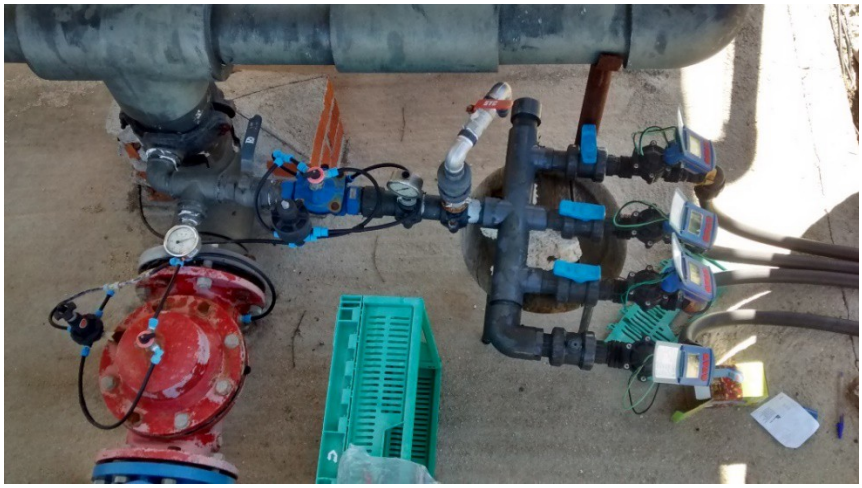


Figura 3.1.3.7_Derivación cabezal riego-ensayo.

En este trabajo de fin de carrera se establecieron cuatro tratamientos de riego en ambas parcelas. Pero la modificación de esta cantidad de riego se hizo distinto en cada una de las parcelas. En "Las Cañas" se modificó el número de goteros/árbol. En "Cantarranas" se hizo modificando el tiempo de riego para cada tratamiento por medio de programadores (Figura 3.1.3.8).

Figura 3.1.3.8_Programadores que regulan el paso de agua a cada tratamiento.

Las tuberías primaria y secundaria van enterradas, mientras que la tubería terciaria o portagoteros discurre en la línea del cultivo de manera superficial. La tubería portagoteros es de polietileno, este material le permite ser a la tubería flexible, resistente a la radiación ultravioleta y al calor.

La tubería terciaria de la instalación de riego, se ha cubierto con una malla de plástico para evitar roturas producidas por los abundantes conejos que hay en la zona, aunque ha de ser revisada periódicamente para realizar cambios en aquellas que han sido mordidas por gazapos y conejos.

El ensayo estudia el efecto en el olivo de distintas disponibilidades de agua durante la fase de síntesis de aceite. Para obtener mayor número de datos sobre distintas disponibilidades de agua se aplicaron diferentes dosis de agua a las parcelas. Esto se consiguió modificando el tipo y número de goteros en la tubería portagoteros, y la distancia entre ellos. Se define la disposición en el diseño del dispositivo experimental.

En "Las Cañas" se utilizaron goteros autocompensantes de 3 L/h. En "Cantarranas" se utilizaron también goteros autocompensantes pinchados de 3 L/h (Figura 3.1.3.9).

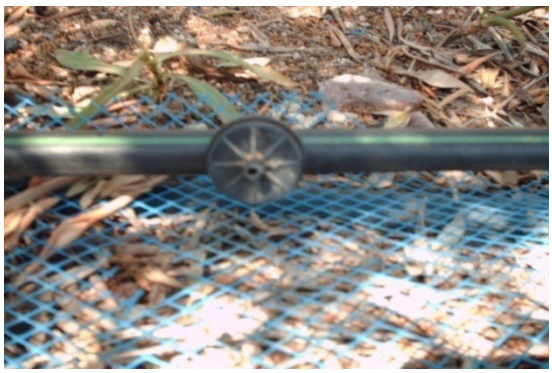


Figura 3.1.3.9_Gotero pinchado de 3L/hora del ensayo de riego.

Los emisores autocompensantes tienen un flujo turbulento o transitorio en los que se intenta obtener un caudal constante independiente de la presión.

Estos goteros son importantes en general y de forma muy especial en el ensayo para asegurar que las dosis de riego sean uniformes y las realmente requeridas para el mismo, ya que permiten absorber las variaciones de presión que puedan producirse en la red de distribución, inducidas por la diferencia de cota que hay en la parcela donde se ha llevado a cabo el ensayo.

3.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD ARBEQUINA

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Su nombre le proviene de la localidad de Arbeca (Lérida). La variedad Arbequina se utiliza exclusivamente para aceite, debido al pequeño tamaño de sus frutos, y cuenta con una superficie de plantación en España de 71.000 ha. Es cultivada principalmente en Cataluña (55000 ha), Lérida y Tarragona son las que cuentas con una mayor superficie. También se ha extendido hacia Zaragoza y Huesca, Castillas la Mancha y recientemente, en Andalucía según los Inventarios Agronómicos del Olivar. Fuera de España se encuentra principalmente en Argentina.

DESCRIPCIÓN

El vigor de la variedad Arbequina es medio, con un porte abierto. La flor es larga. La hoja tiene una forma elíptica-lanceolada, acanalada, algo ensanchada por el ápice y de longitud media, el ancho de la hoja también es medio y la curvatura del limbo es plana. El haz es de color verde ocre y el envés gris amarillo-verdoso. El fruto (Figura 3.1.4.1) tiene un peso bajo, la forma es esférica, simétrica, es corto, la posición del diámetro transversal máximo es centrado, el ápice es redondeado, la base es truncada, el pezón es ausente y su color es verde oscuro, y una vez madura, negro con mucha pruina.

Figura 3.1.4.1_Frutos de la variedad Arbequina.

El endocarpo tiene un peso bajo, la forma es ovoidal, simétrica, la posición del diámetro transversal máximo es centrado, la sección transversal máxima es circular, el ápice es ligeramente apuntado, la base es redondeada, la superficie es rugosa, el número de surcos fibrovasculares es medio, los surcos fibrovasculares están agrupados junto a la sutura y en la terminación del ápice tiene un mucrón pequeño.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

La variedad Arbequina es considerada rústica por su resistencia al frío y su tolerancia a la salinidad, adaptada a suelos pobres y secos. Es sin embargo susceptible a la clorosis férrica en terrenos muy calizos.

Su época de floración comienza a principios de mayo, dependiendo de la zona donde esté la plantación. Este estado fenológico suele durar unos quince días.

Es muy apreciada por su precoz y constante entrada en producción, nada vecera, y su elevada productividad. Su vigor reducido permite su utilización en plantaciones intensivas y superintensivas. Se considerada autocompatible, y además su capacidad de enraizamiento es elevada.

El pequeño tamaño de sus frutos dificulta su recolección mecanizada por vibración y hace que la recolección sea más costosa. El fruto es de maduración media y escalonada.

CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE

La aceituna tiene un buen rendimiento graso, sobre 20,5% de aceite. De excelente calidad aunque éste presenta baja estabilidad.

Si los aceites provienen de aceitunas maduras presentan un olor afrutado, fresco, con aromas a almendras y otras frutas. Amargan y pican poco.

Sin embargo, si las aceitunas son cosechadas al principio de campaña, cuando las aceitunas están todavía verdes también se da el tipo de aceite afrutado, ligeramente verde y medianamente amargo, picante y dulce.

Por su composición son algo más delicados que otras variedades frente a la oxidación y una vez envasados es muy importante que estén al resguardo de la luz y el calor.

OBSERVACIONES

En las plantaciones de regadío el comportamiento resulta extraordinariamente positivo, tanto en su desarrollo como en la productividad, rentabilizándose rápidamente los costes de implantación.

La variedad Arbequina presenta una buena adaptación al olivar en seto porque su vigor es medio y presenta una precoz y constante entrada en producción.

3.1.5. OPERACIONES DE CULTIVO

Todas las operaciones de cultivo realizadas en el ensayo, son propias de la plantación y han seguido los estándares propios de estas plantaciones en superintensivo, y han sido aplicadas por igual en todos los tratamientos, exceptuando por supuesto el riego.

Poda de formación

La poda de formación consiste en mantener la guía vertical para que alcance el final del tutor lo más rápido posible. Si se pierde la guía se sustituirá por otro brote vigoroso. Ayudar a que mantenga la guía, eliminando o despuntando los brotes vigorosos que aparezcan en la zona apical, chupones y brotes que surjan por debajo de los 60 cm del tronco que pueden provocar atascos en la parte de la máquina que recoge las aceitunas caídas.

La poda sigue siendo uno de los costes más importantes en el olivar. La incorporación de nuevos sistemas como el apero que poda los bajos de los setos (Figura 3.1.5.1), que ha sido previamente utilizado en frutales, representan una reducción importante de los costes de cultivo.

Figura 3.1.5.1_Máquina podadora de bajos para olivo.

Poda del olivo en eje central

Este tipo de poda se realiza en las plantaciones de olivar en seto. Se persigue formar un seto de vegetación continua que se adapte a la recolección con vendimiadora cabalgante. Es decir, mantiene una forma de seto continuo y controla el crecimiento de los árboles.

Figura 3.1.5.2_Podadora de discos.

Por medio de este tipo de poda se busca también una dimensión de seto que permita una mayor captación de radiación solar y minimice el sombreamiento entre los árboles, que es sin duda uno de los factores limitantes de la producción en las plantaciones de alta densidad.

Esto implica mantener el seto con una altura aproximada de 2,5m. Este proceso esta mecanizado y es realizado por medio de podadoras de discos (Figura 3.1.5.2).

Figura 3.1.5.3__Seto eje central.

Manejo del suelo

En la parcela de ensayo no se realizaron operaciones de laboreo. Para el control de las malas hierbas se utilizaron herbicidas, y dos pases de desbrozadora, en abril de 2013, cuando mayor crecimiento tienen este tipo de plantas, y en septiembre. Los restos de poda son esparcidos para formas una cubierta vegetal inerte (Figura 3.1.5.4).

Los herbicidas aplicados en la línea fueron: en marzo del año 2013 se aplicaron dos herbicidas, el primero fue "Granstar" (Tribenurón) y el segundo "Touchdown premium" (glifosato); en abril se aplicaron tres herbicidas, el primero fue "proturon 50 pm" (LINURON 50%), el segundo fue "Oxifluorfen Fae" (Oxifluorfen) y el último herbicida aplicado este mes fue "Roundup Plus" (Glifosato); en el mes de junio se aplicaron tres herbicidas, el primero fue "Inteike" (Oxifluorfen), el segundo fue un herbicida desvaretado "Cefiro" (MCPA + Glifosato) y el tercero fue "Roundup Plus" (Glifosato).

Figura 3.1.5.4_Restos vegetales provenientes de la poda.

Fertilización

El sistema de fertilización utilizado es a través del sistema de riego, conocido como fertirrigación. El fertilizante líquido se almacena en unos contenedores cilíndricos (Figura

3.1.5.5) especiales para ello, y se bombea a la red de riego por medio de una bomba y un motor eléctrico (Figura 3.1.5.6).

Figura 3.1.5.5_Depósitos de almacenamiento de fertilizante.

Dado que cada fertilizante hace que la disolución cristalice a diferentes temperaturas, existen en el mercado fertilizantes de verano y de invierno, que deben ser un 20% menos concentrados.

Figura 3.1.5.6_Bomba inyectora de fertilizante.

La fertilización del ensayo se llevó a cabo siguiendo los resultados de los análisis foliares (Tabla 3.1.5.1) que se realizaron en el mes de julio de 2013. El análisis foliar es una herramienta muy valiosa para saber si la planta está asimilando en forma correcta los nutrientes, si existen carencias, excesos o antagonismos.

Se aplicaron diferentes cantidades de fertilizantes durante la campaña de: N (nitrato amónico-urea 32), P_2O_5 y K_2O.

Tabla 3.1.5.1_Análisis foliar del ensayo de riego, Año 2013.

Parámetro	Resultado	Unidades	Deficiente	Adecuado
N	2,02	%	1,4	2
P	0,14	%	0,05	0,1-0,3
K^+	0,82	%	0,4	>0,8
Ca^{+2}	2,21	%	0,3	>1
Mg^{+2}	0,18	%	0,08	>0,1
Cu $^{+2}$	15,03	ppm		>4
Zn^{+2}	15,35	ppm		>10
B	37,75	ppm	14	19-150
Na^+	0,1	%		0,1
Mn	37,18	ppm		>20

Los resultados del análisis foliar muestran que los nutrientes se encuentran en un nivel adecuado.

Sanidad

Los tratamientos para combatir plagas y enfermedades han sido diversos. En enero del año 2013 se aplicaron los siguientes tratamientos, el primero fue "Kox Flow" (Cobre 50%), para la tuberculosis y el repilo; y el segundo "Captafae 50" (Captan), para el repilo; en abril se aplicó "Bouillie Mop 20" (Cobre 20%), para la tuberculosis y el repilo; en mayo se aplicó "Fosmet 50%", para la mosca; Durante los meses de mayo y junio se aplicaron dos tratamientos, el primero fue "ZZ-Cuprocol" (Cobre 70%), para la tuberculosis y el repilo y un segundo tratamiento de "Karate Zeon" (Lambda cihalotrin), contra el Prays (generación Antófaga).

3.2. ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ENSAYO

3.2.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ENSAYO

Los datos medios para establecer las características climáticas de la zona a partir de una serie de 30 años proceden de la estación meteorológica de Toledo (39º 53´ N, 4º 3´ O; 516 m) y recogidos en la Tabla 3.2.1.1.

La caracterización climática del ensayo, durante los meses del seguimiento y la obtención de datos, proceden de la estación meteorológica ubicada en la parcela de ensayo y también de la

estación meteorológica del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR) situada en La Rinconada (Tabla 3.2.1.2 y 3.2.1.3).

El ensayo tuvo lugar en la campaña 2013. Dado que la inducción floral ocurre durante el verano de la campaña anterior se muestran los datos climáticos de ambos años. El ensayo de riego comenzó el 23 de agosto y duró hasta finales de octubre.

Tabla 3.2.1.1_Datos Climáticos Estación Meteorológica de Toledo. Serie de 30 años.

Mes	Precipitación (mm)	Tª mínima (ºC)	Tª máxima (ºC)	Tª media (ºC)	HR media (%)	ETo (mm)
Enero	28	1,6	11,2	6,4	78	27,3
Febrero	28	3	13,6	8,3	72	50,4
Marzo	25	4,8	17,1	11	62	92
Abril	41	6,9	18,8	12,9	62	112,7
Mayo	44	10,8	23,1	16,9	59	142,1
Junio	28	15,2	29	22,1	50	179,8
Julio	12	18,5	33,6	26	34	198,4
Agosto	9	18,3	33,1	25,7	44	149,5
Septiembre	22	14,8	28,4	21,6	54	118,3
Octubre	38	9,9	21,4	15,6	67	51
Noviembre	40	5,2	15,3	10,2	76	34,2
Diciembre	44	3	21,4	7,3	81	23,9
Año	359	9,3	22,2	15,3	61,6	1179,6

(Aemet)

Las temperaturas son por lo general bajas. Nos encontramos en una zona cercana a un río, por este motivo las temperaturas son más bajas que en zonas más alejadas.

A la vista de los datos climáticos de una serie de 30 años se observa que las precipitaciones son bajas, y en base a las necesidades de agua de este tipo de plantaciones superintensivas se requiere un aporte de agua adicional.

Tabla 3.2.1.2_Datos Climáticos Estación Meteorológica del ensayo. Año 2012

	Temp. Media	Temp Min		Temp. Max		HR	Vel. Viento		Radiación	Prec	Eto
	Media	Media	Absoluta	Media	Absoluta	Media	Media	Máxima	Suma	Suma	Suma
	ºC	ºC	ºC	ºC	ºC	%	m/s	m/s	W/m2	mm	mm
Enero	5,5	-0,7	-4,2	13,1	18,7	82,6	1,5	4,6	302,0	3,0	24,0
Febrero	5,1	-2,7	-8,5	13,2	21,3	56,9	2,3	5,9	420,0	3,0	48,7
Marzo	10,8	3,1	-1,5	18,8	26,3	59,0	1,5	3,8	559,8	26,0	83,4
Abril	11,4	6,4	1,8	17,3	24,5	71,9	3,6	7,2	558,0	65,0	93,9
Mayo	19,3	11,5	4,8	26,5	36,3	54,9	2,7	5,0	787,7	29,0	150,4
Junio	24,3	16,2	10,0	31,2	41,0	39,7	3,2	6,3	852,5	0,0	193,1
Julio	26,3	17,5	11,6	33,9	38,9	34,4	2,7	5,3	917,3	3,0	204,8
Agosto	27,1	18,2	13,2	34,9	43,0	34,0	2,8	4,4	801,9	0,0	179,9
Septiembre	21,2	14,0	9,2	28,5	34,3	50,8	2,0	4,6	561,5	95,0	111,1
Octubre	15,1	9,2	-0,8	21,7	29,6	75,0	2,2	5,2	449,7	38,0	67,4

Noviembre	9,9	5,4	-1,2	14,7	19,3	85,8	2,1	5,5	244,8	82,0	29,7
Diciembre	6,6	2,3	-3,5	11,7	15,3	87,4	1,9	5,2	198,4	20,0	19,0
Total	15,2	8,4	2,6	22,1	29,0	61,0	2,4	5,25	6653,3	364,0	1205,3

Tabla 3.2.1.3_Datos Climáticos Estación Meteorológica del ensayo. Año 2013

	Temp. Media	**Temp Min**		**Temp. Max**		**HR**	**Vel. Viento**		**Radiación**	**Prec**	**Eto**
	Media	**Media**	**Absoluta**	**Media**	**Absoluta**	**Media**	**Media**	**Máxima**	**Suma**	**Suma**	**Suma**
	ºC	ºC	ºC	ºC	ºC	%	m/s	m/s	Mj/m2	mm	mm
Enero	6,5	2,0	-3,9	11,5	17,7	85,8	3,1	6,6	251,5	47,0	29,1
Febrero	6,7	1,5	-3,0	12,3	16,9	76,5	3,4	6,9	322,3	44,0	39,5
Marzo	9,5	5,4	-3,1	14,4	19,3	83,1	3,7	6,4	416,7	134,0	61,7
Abril	12,4	6,2	-0,5	18,8	28,9	72,9	2,9	5,7	622,4	66,0	92,9
Mayo	14,9	7,8	3,0	21,9	28,3	65,4	1,1	4,4	771,0	33,0	128,8
Junio	21,2	12,8	7,7	29,3	35,3	51,3	1,5	4,0	828,8	5,0	164,7
Julio	26,9	17,8	12,6	35,1	38,7	39,3	1,7	4,2	850,8	2,0	182,6
Agosto	26,2	17,2	13,3	34,7	40,2	38,9	1,1	3,4	773,6	0,0	162,0
Septiembre	22,1	13,9	9,7	30,4	34,7	47,1	1,2	3,3	584,1	19,4	106,4
Octubre	15,8	10,1	0,8	22,6	27,0	77,7	1,2	3,2	395,1	64,0	61,0
Noviembre	8,4	2,4	-5,6	15,0	22,9	72,4	1,5	5,4	290,2	3,1	36,5
Diciembre	6,5	2,4	-3,9	11,5	15,3	87,9	2,2	6,6	201,1	15,0	21,2
Total	14,8	8,3	2,3	21,5	27,1	66,5	2,1	5,0	6307,6	432,4	1086,3

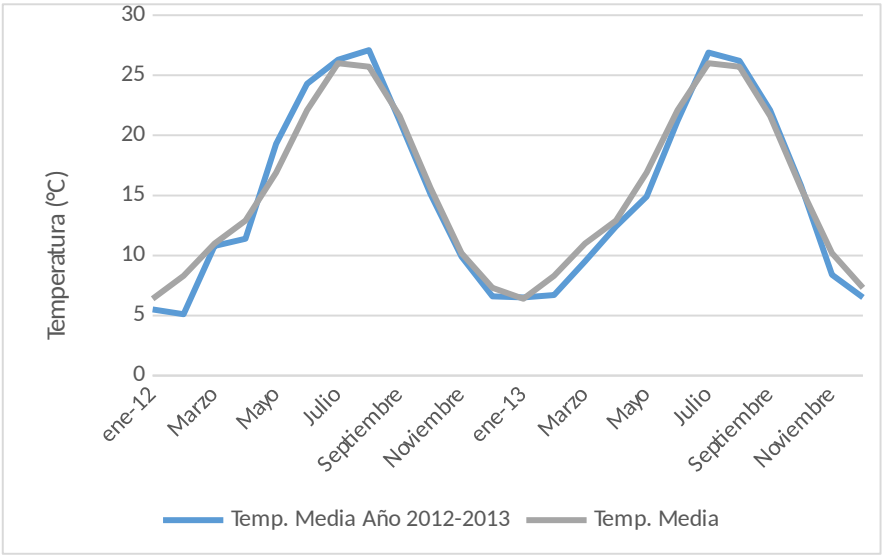


Figura 3.2.1.1_Gráfico de la evolución de las temperaturas medias de una serie de 30 años y de los años 2012-2013.

El año 2013 fue algo más frío que la media (Figura 3.2.1.1), y las temperaturas mínimas de los meses de invierno fueron más frías que la media de una serie de 30 años, pero menos que en el año anterior. Estas temperaturas no produjeron daños en los árboles, pues la variedad Arbequina presenta buena resistencia al frío.

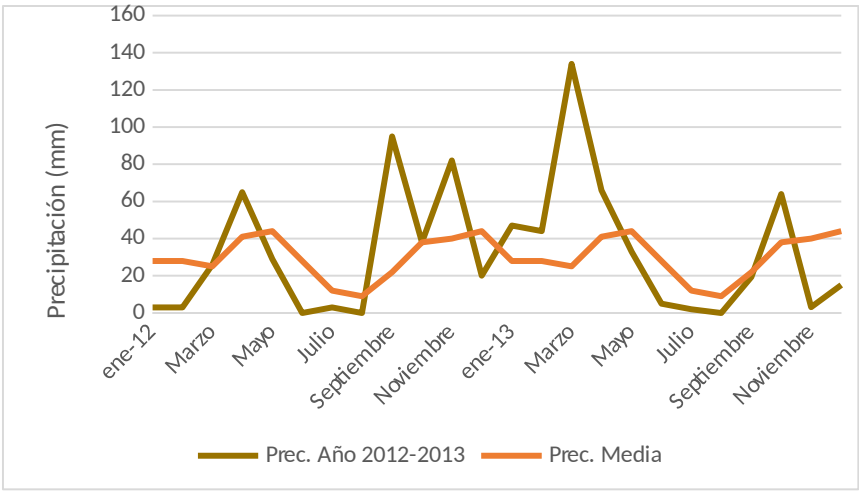


Figura 3.2.1.2 _Gráfico de la evolución de las precipitaciones medias de una serie de 30 años y de los años 2012-2013.

En la Figura 3.2.1.2, se muestra la gráfica comparativa entre los años 2012 y 2013, con el año medio de una serie de 30 años. El año 2013 se caracterizó por ser un año lluvioso. Se dieron abundantes lluvias en primavera, que retrasaron la floración de los árboles. La precipitación fue baja para los meses de verano. Sin embargo, las lluvias volvieron a ser abundantes durante el otoño, época en la que se llevó a cabo el ensayo, y que afectó, como se verá más adelante, a los resultados.

A. INDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

Índice de Lang

I_L = 2,18. Lo que se corresponde con una zona árida ($20 < I_L < 40$).

Índice de Martonne

I_M = 14,05. Corresponde con estepas y países secos mediterráneos ($10 < I_M < 20$).

Índice de Dantín-Cereceda y Revenga

I_{DR} = 4,31. Lo que corresponde con una zona árida ($I_{DR} > 4$).

B. RÉGIMEN DE HELADAS

Tabla 3.2.1.4_Número medio de días de helada. Estación de Toledo. Serie de 30 años.

Mes	Nº medio de días de helada
Enero	12
Febrero	6
Marzo	2
Abril	0
Mayo	0

Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	3
Diciembre	8

(Aemet)

El olivo es una especie cuya sensibilidad al frío depende en gran parte de la variedad. La variedad Arbequina se adapta mejor al frío que otras variedades de olivo.

C. HORAS FRIO

Tabla 3.2.1.5_Correlación de Mota para los datos climatológicos de una serie de 30 años.

		Meses de Acumulación				**Límite de acumulación**
		Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	
Año acumulación medio	Tm mes (X)	10,2	7,3	6,4	8,3	**1022,7**
	Nºhoras-frío (Y)	**194,4**	**277,05**	**302,7**	**248,55**	

El olivo tiene escasos requerimientos de horas frío, por lo que no suponen un problema para su desarrollo.

3.2.2. EXIGENCIAS Y ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ENSAYO

El cultivo del olivar es propio de climas mediterráneos caracterizados por inviernos suaves y veranos largos, cálidos y secos. (Navarro y Parra, 2008). El olivo es más sensible al frío que otros frutales pero, al igual que ellos, experimenta un endurecimiento provocado por la acción de los fríos progresivos de otoño y entra en periodo de reposo, haciéndose resistente a temperaturas inferiores a 0ºC.

Temperaturas elevadas

La fotosíntesis es inhibida con temperaturas superiores a los 35ºC. La autopolinización queda limitada con temperaturas elevadas durante el periodo de floración ya que se inhibe el crecimiento del tubo polínico. La cutícula de la hoja sufre daños irreversibles con temperaturas por encima de los 55ºC. Las altas temperaturas no limitan la productividad del

olivo pero temperaturas extremadamente elevadas después de floración, provocan la pérdida total de la cosecha (Bongi y col., 1994).

Necesidades de frío

La calidad de su cosecha mejora con inviernos fríos. La inducción floral se favorece cuando la temperatura fluctúa entre 2 - 15ºC durante 70-80 días. Requiere al menos 10 semanas con temperaturas por debajo de 12ºC para alcanzar plena floración (Bongi y col., 1994).

Sensibilidad al frío

Temperaturas medias de mínimas absolutas anuales por debajo de –7ºC delimitan el área geográfica del cultivo (Navarro y col., 2008).

En estado de reposo, temperaturas comprendidas entre 0 ºC y -5 ºC causan pequeñas heridas en brotes y ramas de poca edad; temperaturas comprendidas entre -5 ºC y -10 ºC pueden causar daños mayores a brotes y ramas de poca edad que en ocasiones provocan su muerte; y temperaturas inferiores a los -10 ºC causan la muerte de ramas de gran tamaño e incluso de toda la parte aérea (Sibbett y col., 1994).

Temperaturas ligeramente inferiores a 0 ºC pueden causar daños graves en brotes provocando la muerte de yemas y hojas; y temperaturas bajas, ligeramente superiores a 0º C pueden afectar a la floración provocando una formación incompleta de la flor (Navarro y col., 2008).

Durante el periodo de crecimiento y maduración del fruto, temperaturas inferiores a 0 ºC lo dañan, mermando la producción y disminuyendo la calidad del aceite obtenido (Navarro y col., 2008).

Granizo

El granizo favorece la aparición de tuberculosis. (Pseudomonas savastanoi pv. savastanoi). Las heridas producidas son las principales zonas de infección (Trapero y col., 2008).

Humedad

Los ataques de negrilla, tizne o fumagina (Capnodium elaeophilum) están determinados por una elevada humedad relativa y temperaturas suaves. Por ello los ataques más graves de esta enfermedad se producen durante otoño y primavera en zonas bajas y húmedas (Trapero y col., 2008).

A la vista de los datos proporcionados por la estación meteorológica de Buenavista (Toledo), situada en el área de ensayo, se puede decir que existe un cierto riesgo de daños al olivo debido a las bajas temperaturas de los meses de invierno. La baja precipitación, que además se concentra en los meses de primavera y otoño, puede suponer un problema, y condicionan la aplicación de aportes adicionales de agua.

A pesar de los factores climáticos limitantes el olivo es capaz de desarrollarse en esta zona.

3.3. ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES EDÁFICAS DEL ENSAYO

3.3.1. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DEL ENSAYO

El suelo de la parcela del ensayo se clasifica dentro del orden Haploxeralf típico, con una litología de arcosas, una pedregosidad del 2% y una rocosidad del 0%. La clasificación se ha realizado según Soil Taxonomy USDA (2003).

El estudio del perfil del suelo y la toma de muestras del mismo está basado en la diferenciación e identificación de los horizontes que lo forman, teniendo por lo tanto esta operación gran importancia. La diferenciación de los horizontes deberá basarse, fundamentalmente, en: el color, la pedregosidad, el grado de presencia de raíces o la ausencia de ellas, y la estructura de las diferentes capas.

3.3.1.1. Parcela de "Las Cañas": calicata y descripción de los horizontes

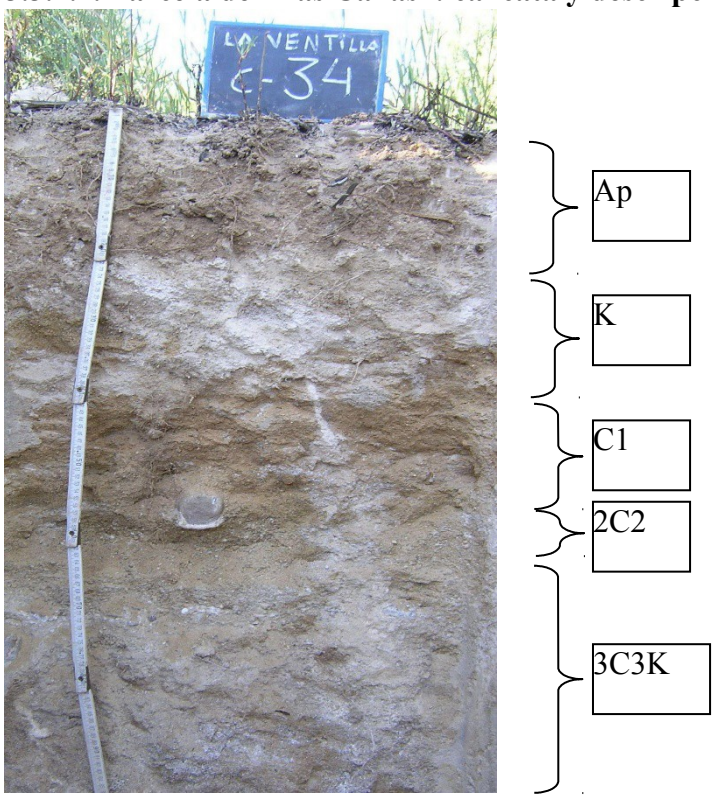


Figura 3.3.1.1.1_Calicata "Las Cañas".

Pasaremos a diferenciar uno por uno, los distintos horizontes que existen en la calicata:

- **Ap (0-18 cm): Color**: s)10YR 6/3. **Elementos gruesos** aislados (1-2%) de caliza angulosa. **Raíces** frecuentes finas y medias, con marcada horizontalización de gran parte de ellas en el límite inferior del horizonte. **Estructura** subangular fina moderada. Abundantes

poros. No se aprecia **actividad** de fauna. Tampoco se observan grietas, películas, moteados ó concreciones. **Consistencia** ligeramente duro en seco. **Compacidad** alta. **Límite inferior** neto plano. **Textura al tacto** franca. Bajo contenido de materia orgánica bien humificada.

- **K (18-38 cm): Color**: s)10YR 8/1. **Elmentos gruesos** inapreciables. **Raíces** muy pocas finas y medias. **Estructura** masiva. No se aprecia **actividad** de fauna. Tampoco se observan películas o moteados. **Concreciones** (2%) en forma de nódulos calizos. **Consistencia** duro en seco. **Compacidad** alta. **Límite inferior** neto ondulado. **Textura al tacto** franco arenosa.
- **C1 (38-60 cm): Color**: s)10YR 6/4. **Elementos gruesos** aislados (1-2%) de cuarcita rodada. **Raíces** muy pocas (menos que en le horizonte suprayacente) finas. **Estructura** masiva. No se aprecia **actividad** de fauna. Tampoco se observan películas, moteados ó concreciones. **Consistencia** suelta en seco y **compacidad** baja. **Límite inferior** neto plano. **Textura al tacto** arenosa a arenosa franca.
- **2C2 (60-68 cm): Color**: s)10YR 7/4. **Elementos gruesos** frecuentes (20%) de cuarcita angulosa y semiangulosa, predominando los diámetros entre 3 mm y 5 cm. **Raíces** inapreciables. **Estructura** masiva. No se aprecia **actividad** de fauna. Tampoco se observan películas, moteados ó concreciones. **Consistencia** blanda en seco y **compacidad** baja. **Límite inferior** neto plano. **Textura al tacto** arenosa franca a franco arenosa.
- **3C3k (68- +105 cm): Color**: s)10YR 7/2. No se aprecian **elementos gruesos** ni **raíces**. **Estructura** masiva. No se aprecia **actividad** de fauna. Tampoco se observan películas ni moteados. Presencia de pseudomicelios calizos y nódulos calizos blandos (1-2%). **Consistencia** ligeramente duro en seco. **Compacidad** moderada. **Textura al tacto** franco arenosa**.**

Tabla 3.3.1.1.1_Análisis químico de los horizontes del suelo de "Las Cañas".

Hor.	C.E. (µS/m)	pH	M.O (%)	P disponible (ppm)	K disponible (ppm)	Carbonatos (ppm)	CIC (mol(+)/kg)	Caliza activa (%)
Ap	0,16	8,9	0,82	45,6	382,2	31,8	8	14,2
K	0,15	8,8	0,32	3,6	124,8	19,2	8,4	10,1
C1	0,11	9,1	0,01	2,7	3,5	2,5	4,9	-
3C3K	0,24	9,1	0.02	3	50,7	4,2	5,3	2,6

Tabla 3.3.1.1.2_Análisis de las bases de cambio de los horizontes del suelo de "Las Cañas".

Horizonte	Bases de cambio (cmol(+)/kg)			
	Ca	Mg	Na	K
Ap	7,97	1,54	0,36	0,81
K	4,45	1,53	0,47	0,35
C1	5,88	0,67	0,48	0,2
3C3K	7,26	1,44	0,71	0,26

3.3.1.2. Parcela de "Cantarranas": calicata y descripción de los horizontes

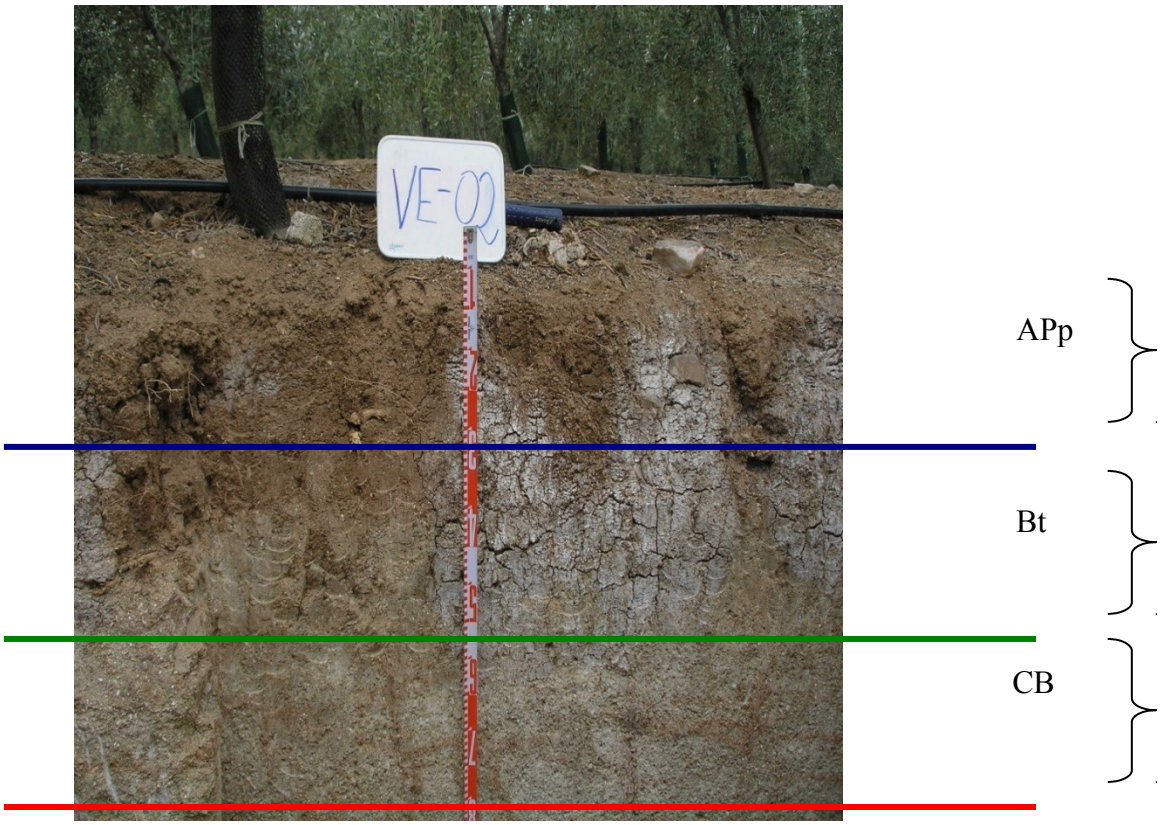


Figura 3.3.1.2.1_Vista detallada de la calicata de "Cantarranas".

Pasaremos a diferenciar uno por uno, los distintos horizontes que existen en la calicata:

Tabla 3.3.1.2.1_Horizontes del suelo "Cantarranas".

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap **Ochrico**	0-20	Límite topográfico: Irregular neto. Color (Munsell): (7,5YR5/4) en seco, (7,5YR4/3,5) en húmedo. Textura: Arcillosa Elementos gruesos: Muy abundante. Estructura: Deteriorada por laboreo; Raíces: Frecuentes, finas y medias. Relación HCl-10%: Positiva.
Bt **Argílico**	20-40	Color (Munsell): (7,5YR3/4) en seco, (7,5YR5, 5/2,5) en húmedo. Textura: Arcillosa. Estructura: Tipo: Prismática; Clase: Mediana; Grado: Fuerte Compactación, poros y grietas: posee poros y grietas rellenas de arcillas. Raíces: Frecuentes, finas y medias. Relación HCl-10%: Positiva.

CB	40-60	Color (Munsell): (10YR3/4) en seco, (10YR4/3) en húmedo. Textura: Franco arcillo- arenosa. Estructura: Tipo: Prismática; Clase: Muy grande; Grado: Débil ; Raíces: G, A. Relación HCl-10%: Positiva.
C	60-115	Moteados: Vetas de arcilla (5YR6/4) en seco, (5YR5/3,5) en húmedo. Textura: Franco arcillo- arenosa. Estructura: Masiva.

- Ap: horizonte mineral arado.

- Bt: horizonte mineral con acumulación de arcilla fluvial. Este horizonte representa la migración de la arcilla de horizontes superficiales a horizontes profundos, el proceso se puede explicar básicamente de la siguiente forma: las precipitaciones atmosféricas movilizan la arcilla y ésta al dispersarse pasa a la suspensión del suelo. Por gravedad, las partículas de la arcilla en suspensión se infiltran por el suelo a través de los macroporos, pero no pueden pasar a través de los microporos. Sin embargo, el agua es succionada a través de los microporos, de modo que las paredes de los macroporos actúan como filtro que no permite el paso de la arcilla, con lo que la arcilla termina formando una fina película que recubre las paredes de los macroporos. Este proceso se repite en la siguiente fase húmeda y la compactación de la capa tiene lugar en la fase seca (Novillo y col., 2006).

- CB: horizonte de transición, de forma que sus propiedades se mezclan y resulta difícil inclinarse por uno de ellos. Se denominan por las letras de ambos horizontes, apareciendo en primer lugar la letra del horizonte al que más se parece (Novillo y col., 2006).

- C: capas constituidas por material original más o menos transformado. Estructura masiva sin agregados visibles, propia de horizontes C.

Tabla 1.3.1.2.2_Análisis químico de los horizontes de suelo de la parcela de "Cantarranas".

Hor.	C.E. 1:2,5 (µS/m)	pH	M. O (%)	P disponible (ppm)	K disponible (ppm)	C/N	CIC (mol(+)/kg)	Caliza activa (%)
Ap	468	8,3	0,98	18,39	293	9,7	24,3	4,6
Bt	787	8,2	0,92	11,22	106	10,9	25,8	5,3
CB	679	7,7	0,36	24,94	102	6,7	26	9
3C3K	0,24	9,1	0.02	3	50,7	4,2	5,3	2,6

Tabla 3.3.1.2.3_Análisis de las bases de cambio de los horizontes del suelo de "Cantarranas".

Horizonte	Bases de cambio (cmol(+)/kg)			
	Ca	**Mg**	**Na**	**K**

Ap	17,29	4,84	1,42	0,71
Bt	20,23	2,42	2,88	0,27
CB	21,36	1,77	2,61	0,26

3.3.2. EXIGENCIAS Y ADAPTACIÓN DEL OLIVO A LAS CONDICIONES EDÁFICAS DEL ENSAYO

El olivo es capaz de adaptarse a diferentes tipos de suelo debido en parte al origen rústico de la planta. Para considerar un suelo apto para el cultivo del olivo intervienen diferentes aspectos como: la profundidad, la estructura, textura y los componentes del mismo.

Profundidad del suelo

Por lo general las raíces del olivo son superficiales, más tratándose de un olivar superintensivo en el que la separación entre plantas es pequeña; y considerando también que el riego localizado hace que las plantas no tengan excesiva necesidad de explorar horizontes profundos.

En "Las Cañas"·, el horizonte K es una barrera físico-química para el desarrollo radicular, por lo que la horizontalidad de las raíces es muy marcada en la base del horizonte Ap. A partir de 25 cm son muy pocas las raíces finas que son las que portan los pelos radicales, reduciéndose aún más la presencia de raíces entre los 40 a 60 cm, para prácticamente no detectarse por debajo de ésta última profundidad, En consecuencia, la profundidad efectiva de éste perfil es muy pequeña.

Adicionalmente a la calicata realizada en el suelo de "Cantarranas", se instaló una ventana de raíces (Figura 3.3.2.2.1). Se perseguía observar el comportamiento de las raíces en el suelo del ensayo. Como se comenta en el estudio de suelo del ensayo, existe una capa de costra caliza, que no presenta ningún problema para que las raíces exploren en profundidad. En la parcela la roca madre se encuentra relativamente cercana a la superficie, a unos 60-70cm de profundidad, pero tampoco representa un problema excesivo para el desarrollo del olivo (Figura 3.3.2.2.2).

Figura 3.3.2.1_Ventana de raíces.

Figura 3.3.2.2_Ventana de raíces.

Como se observa en las figuras 3.3.2.1 y 3.3.2.2, la exploración del suelo por parte de las raíces es más que satisfactoria, de hecho la ventana de raíces ha terminado por romperse.

Textura del suelo

Está definida por el análisis granulométrico del suelo, que muestra el porcentaje de cada uno de los elementos que la constituyen. De ella depende su capacidad de retención de agua y de nutrientes, facilidad para el movimiento del agua, aireación, resistencia a la penetración de las raíces, facilidad de laboreo, erosionabilidad, etc.

Por lo general el olivo se adapta mejor a suelos de granulometría media-alta, que permitan una correcta aireación y permeabilidad, dada su sensibilidad a la asfixia radicular.

Los suelos de texturas más gruesas retienen poco agua para el cultivo de secano, en cambio, puesto que garantizan buena aireación, pueden ser excelentes para el olivar de regadío si se riegan y fertilizan de acuerdo con su escasa capacidad de retención de agua y nutrientes (Barranco y col., 2008).

En "Las Cañas" los dos primeros horizontes presentan una textura franca y franco-arenosa, los cuales permiten un correcto desarrollo del olivo.

Como se muestra en los resultados del análisis de suelo la textura de los dos primeros horizontes del suelo de la parcela de "Cantarranas" son franco-arcillosos, y permiten un correcto desarrollo del olivo.

Estructura del suelo

La estructura del suelo hace referencia al agrupamiento de las partículas primarias de arena, limo y arcilla en partículas compuestas, llamadas agregados, cuyas propiedades difieren de las que presenta una masa igual de partículas primarias no agregadas .

La estructura se define en términos de grado, clases y tipo de agregados (USDA, 1951). El grado de estructura es la intensidad de agregación y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre agregados.

A la vista de los resultados de la calicata de "Las Cañas", no se aprecia en los horizontes Ap y K, ningún problema que impida el cultivo del olivo en el suelo de ensayo.

El análisis de la estructura del primer horizonte de "Cantarranas" (Ap) del ensayo muestra deterioro por el laboreo, pero no representa problema alguno para el desarrollo del cultivo.

Caliza

En "Las Cañas" el perfil de suelos es muy permeable, con una evolución moderada en donde la característica más notable es un acusado proceso de lavado de carbonatos y calcificación posterior a mayor profundidad. Éste proceso ha sido cíclico, puesto que son dos los horizontes de acumulación de carbonatos secundarios: el K y el 3C3k, siendo el primero de estos horizontes el que presenta esta acumulación de forma más acusada.

La presencia de caliza puede presentar una barrera al paso de las raíces del árbol en "Cantarranas", pero sin embargo esto no sucede en nuestro caso y las raíces son capaces de superar esta barrera, como se puede observar en la Figura 3.3.2.2.

pH

La disponibilidad de los nutrientes está fuertemente condicionada por el pH del medio. La bibliografía consultada fija como límite superior óptimo de pH para el olivo el valor de 8, pero tolerando bien pH de hasta 8,7. Sin embargo, por encima de este valor puede presentar problemas en la absorción de algunos nutrientes. En este sentido, hay que destacar que éste perfil tiene unos pH entre 8,8 y 9,1, que cabe calificarlos como de ligeramente alcalinos a alcalinos y por tanto, superior a lo deseable.

Caliza activa

El contenido en caliza activa es importante, ya que ésta puede pasar fácilmente a la solución del suelo elevando su pH y generar problemas de asimilación con otros nutrientes. En este sentido, los primeros 40 cm de espesor del suelo tienen un elevado contenido en caliza activa, lo que puede suponer el origen de posibles problemas para el desarrollo del olivo, en este caso en ambas parcelas.

Materia orgánica

El olivo prefiere terrenos con contenido en matera orgánica mayor al 1%.

Los contenidos de M.O. en los suelos oscila entre 1-1,5% en secanos áridos o semiáridos y el 2-2,5% en regadíos (Novillo y col., 2006).

Este perfil presenta un contenido de materia orgánica oxidable bajo en ambas parcelas, por lo que el manejo que se haga del suelo deberá ir encaminado a provocar un incremento de la misma.

Fósforo (Olsen)

Un nivel de fósforo Olsen de 8 a 25 ppm proporcionan un estado de fertilidad alto (Adaptado de FAO, 1984 y de Gros y Domíngez-Vivancos, 1992).

El contenido de fósforo asimilable es excesivo en "Las Cañas". En estas circunstancias, la respuesta del cultivo al abonado no es significativa. De no haber caliza activa en cantidades importantes, la recomendación sería no fertilizar con éste nutriente mientras su contenido permanezca por encima de 20 $mg \cdot kg^{-1}$ (método Olsen) en el horizonte Ap. Ahora bien, puesto que un exceso de calcio puede bloquear el fósforo en forma de fosfato tricálcico que es muy

insoluble, el contenido medio de fósforo asimilable por debajo del cual se recomienda la fertilización, deberá ser elevado hasta el nivel de 25-28 $mg \cdot kg^{-1}$ (método Olsen). Este nivel de referencia es muy inferior al contenido actual de fósforo (45 $mg \cdot kg^{-1}$) (método Olsen). Por tanto, se recomienda suspender temporalmente la fertilización fosfórica mientras el contenido se sitúe por encima de la cifra señalada (25-28 $mg \cdot kg^{-1}$ Olsen), reanudándose a partir de ese momento, por lo que se deberán hacer análisis periódicos de este nutriente en el suelo para saber cuándo hay que reanudar la fertilización fosfatada.

La concentración de fósforo en el suelo de "Cantarrnas está dentro de intervalo de Olsen.

Potasio

Para una textura media, un contenido de más de 300 ppm muestra un estado muy alto de fertilidad, de 300 ppm a 175 ppm es alto, de 175 ppm a 100 ppm es medio, de 100 ppm a 50 ppm es bajo y un valor menor a 50 ppm es muy bajo (FAO, 1984).

En cuanto al contenido de potasio, éste presenta unos niveles altos en el horizonte Ap para el contenido en arcilla de este horizonte, por lo que se detecta que se está fertilizando en exceso con potasio, recomendándose lo mismo que para el fósforo, es decir, no fertilizar con este nutriente hasta no descender al nivel de 260-275 $mg \cdot kg^{-1}$ (equivalente a 0,66 – 0,70 meq/100g) de potasio asimilable. Estos niveles recomendados, por encima de los cuales no es necesario abonar, los hemos elevado como consecuencia de la presencia de grandes cantidades de calcio.

Teniendo en cuanta los resultados de los análisis se considera que el suelo de "Las Cañas" es apto para el cultivo del olivo, considerando las estipulaciones señaladas en este apartado.

Tabla 3.3.2.2.1_Fertilidad-ppm potasio.

Grado	Intervalo (ppm)
Muy alto	>300
Alto	300-175
Medio	175-100
Bajo	100-50
Muy bajo	<50

(FAO, 1984)

Los resultados de los análisis muestran un alto contenido en potasio para el primero de los horizontes de la parcela de "Cantarranas", mientras que el segundo y tercero tienen un contenido medio.

3.4. ADAPTACIÓN DEL OLIVO AL AGUA DEL RIEGO DEL ENSAYO

El análisis del agua de riego se antoja indispensable en el momento del diseño de una instalación de riego. El análisis del agua de riego también condiciona ciertos aspectos que pueden afectar al manejo, como pudiera ser un agua salina, y la necesidad de hacer lavados. En base a su calidad y características elegiremos el cultivo y la variedad que mejor se adapta, el sistema de riego adecuado y las medidas que se han de llevar a cabo para evitar problemas en la conducción de agua, el balance de sales en el bulbo húmedo y en las posibles interacciones entre compuestos que puedan interferir en el funcionamiento de la instalación de riego.

Las pruebas analíticas realizadas en el laboratorio tienen por objetivo determinar una serie de parámetros y químicos que permiten conocer y evaluar la calidad del agua de riego en los cultivos.

Tabla 3.4.1_Análisis químico del agua de riego del ensayo.

Parámetros	Resultado	Unidades
Nitratos	<10	mg/L
Bicarbonatos	260,19	mg/L
Carbonatos	<10	mg/L
Cloruros	312,48	mg/L
Potasio	13,66	mg/L
Calcio	199,60	mg/L
Magnesio	85,02	mg/L
Sodio	287,40	mg/L
Conductividad Eléctrica	2243,80	µS/cm a 25ºC
pH	7,44	
Sulfatos	736,20	mg/L
Boro	0,21	mg/L
Dureza	85,05	ºF
SAR	4,29	
Índice de Langelier	0,7	
Oxidabilidad al Permanganato	7,77	mg/L O2
Residuo Seco	2033,00	mg/L

Nitratos

Un valor de nitratos de 0 a 10 mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de nitratos menor a 10 mg/L.

Bicarbonatos

Un valor de bicarbonatos de 0 a 610 mg/L se considera como normal en el agua de (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de bicarbonatos de 260,19 mg/L.

Carbonatos

Un valor de carbonatos de 0 a 3 mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de carbonatos menor a 10 mg/L, pero no se concreta en el análisis la cantidad exacta, por lo que no podemos comparar los datos en este apartado.

Cloruros

Un valor de cloruros de 0 a 1.065 mg/L se considera como normal en el agua de (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de cloruros es 312,48 mg/L.

Potasio

Un valor de potasio de 0 a 20 mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de potasio es 13,66 mg/L.

Calcio

Un valor de calcio de 0 a 400 mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de calcio es 199,60 mg/L.

Magnesio

Un valor de magnesio de 0 a 60 mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de magnesio es 85,02 mg/L.

Sodio

Un valor de sodio de 0 a 920mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de sodio es 287,40 mg/L.

Conductividad eléctrica (C.E.)

Un valor de C.E. (25ºC) de 0 a 3mS/cm se considera como normal en el agua de riego (University of California Committe of Consultants, 1974).

El agua de riego del ensayo tiene una CE de sodio es 2,26 mS/cm.

Tabla 3.4.1_Clasificación del agua para riego según su conductividad eléctrica.

C.E. (dS/m)	Calidad del agua	Peligro de salinidad
0 a 1	Excelente a buena	Bajo a medio
1 a 3	Buena a marginal	Alto
Mayor de 3	Marginal a inaceptable	Muy alto

(Pastor, 2005)

El análisis muestra una C.E. de 2,24 dS/m, por lo tanto tenemos un agua con una calidad de buena a marginal, con un peligro de salinidad alto.

pH

Un valor de pH 6,5-8,4 se considera como normal en el agua de riego (University of California Committe of Consultants, 1974).

El agua de riego del ensayo tiene un pH de 7,44.

Sulfatos

Un valor de sulfatos de 0-960mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de sulfatos es 736,20 mg/L.

Boro

Un valor de boro de 0-2 mg/L se considera como normal en el agua de riego (Civera, 2000).

El agua de riego del ensayo tiene una concentración de sulfatos es 0,21 mg/L.

SAR

El SAR de las aguas varía de 0 a 30, para los distintos valores se pueden establecer las siguientes clases de agua:

Tabla 3.4.2_Clasificación de las aguas de riego según el SAR y recomendaciones generales para su empleo (Mateo López, 2003).

SAR	Clase de agua	Recomendaciones
0 a 10	Baja alcalinidad	Se puede utilizar en todos a casi todos los suelos
10 a 18	Alcalinidad media	Puede dar problemas en suelos arcillosos
18 a 26	Alcalinidad alta	Sólo se puede utilizar en suelos bien drenados y ricos en materia orgánica y yeso
26 a 30	Alcalinidad muy alta	No se puede utilizar, salvo que los suelos tengan una salinidad baja y se realicen enyesados.

El agua del ensayo presenta una SAR de 4,29, es decir, el agua tiene una baja alcalinidad y se puede utilizar en todos o casi todos los suelos.

Normas Riverside

Según esta clasificación de las aguas de riego (U.S. Soil Salinity Laboratory), se relaciona la conductividad eléctrica con la relación de absorción del sodio (Figura 3.4.1). Nuestra agua se encuentra en el intervalo entre las categorías C3 y C4, las cuales establecen que se pueden utilizar para el riego pero con precauciones. Éstas son aguas con salinidad de media a elevada, y tendríamos que tomar especiales precauciones con el cultivo o variedad elegida y con el suelo, que ha de tener una buena permeabilidad. Es posible también la realización de lavados de sales en el suelo.

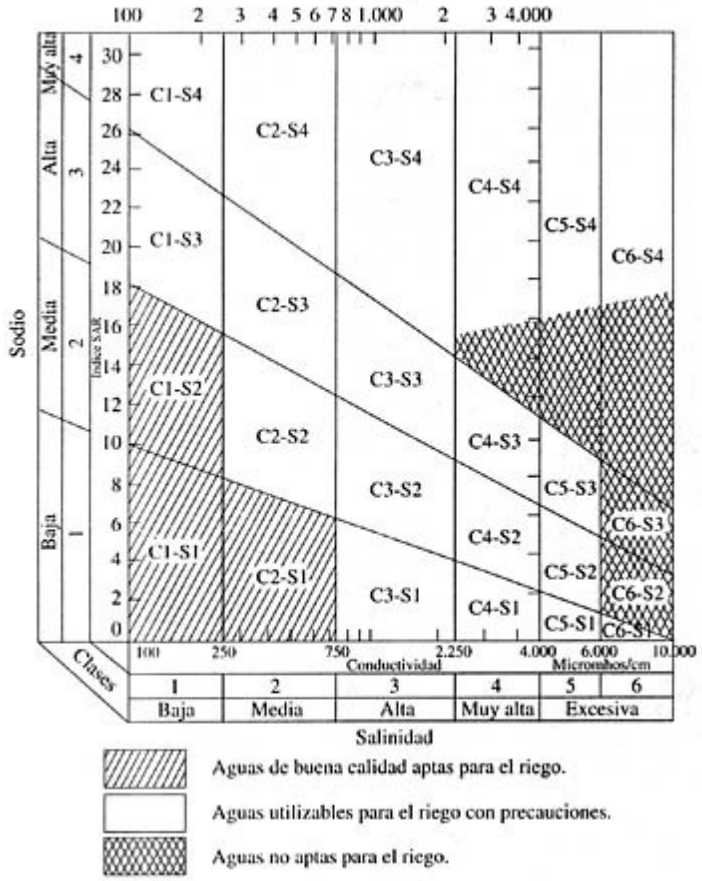


Figura 3.4.1_Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.

Tabla 2_Tolerancia de diferentes variedades de olivo al riego con aguas salinas (Benlloch y col., 1994).

Los resultados del análisis muestran un agua con una salinidad peligrosa para el cultivo, esto puede ser perjudicial para la plantación. La variedad del ensayo es Arbequina, tiene como ventaja su tolerancia al riego con aguas salinas, lo que nos proporciona una mejor adaptación y utilización del agua por parte de la planta.

Tabla 3.4.3_Dureza del agua (Benlloch y col., 1994).

Tipo de agua	Grados Hidrotimétricos Franceses
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	7 – 14
Medianamente dulce	14 – 22
Medianamente dura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy dura	Más de 54

El tipo de agua que indica el análisis es muy dura, puesto que presenta 85,08 ºF.

Tabla 3.4.4_Riesgo de obstrucciones por carbonatos (Mateo López, 2006).

Índice de Langelier	Riesgo de obstrucción
Negativo	Ninguno
0,0	Pequeño
De 0,0 a 0,5	Medio
De 0,5 a 1,0	Alto
Más de 1,0	Muy alto

El análisis presenta un I.L. de 0,7, según la tabla tiene un riesgo de obstrucción alto.

En resumen podemos decir, que el agua de riego para el ensayo presenta peligro de salinidad, puede utilizarse en suelos de buena permeabilidad y se deben dar lavados especiales para evitar el exceso de sales, también el agua de riego presenta un riesgo de obstrucción alto, para solucionarlo se puede aplicar una disolución de HNO_3 muy diluida o utilizar abonos ácidos, además en la instalación deberán de cuidarse los filtros y los goteros. La variedad Arbequina tolera bien la salinidad, y a pesar de los riesgos que existen por salinidad, se desarrolla con normalidad con el agua de riego del ensayo.

3.5. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

3.5.1. TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

Se buscaba obtener el mayor número de datos posibles, para ello se aplicaron diferentes dosis de agua a cada parcela, siendo, para los tratamientos con mayores dosis de riego en "Las Cañas" de 266,25 mm, y de 285 mm para la parcela de "Cantarranas".

Se aplicaron distintos tratamientos de riego deficitario en cada parcela y los goteros utilizados también fueron diferentes.

El ensayo de riego comenzó el 22 de agosto de 2013, y se mantuvo hasta la recolección, el 21 de octubre de 2013. Este periodo es en el que se produce la síntesis de aceite y es un periodo sensible al déficit hídrico (Moriana *y col.*, 2012, Gómez-del-Campo, 2013a y b).

3.5.1.1. "Las Cañas"

Se establecieron cuatro estrategias de riego:

- T1 = capacidad de campo del bulbo de humedad durante todo el periodo de riego. Se utiliza como tratamiento de control.
- T2 = Se riega un 70% del tratamiento T1. Reduciendo las horas de riego
- T3 = Se riega un 40% del tratamiento T1.
- T4 =. Se riega un 17% del tratamiento T1.

La aplicación de distintas estrategias de riego deficitario se hizo modificando el número de goteros de la tubería terciaria. Se dispusieron cuatro goteros de 3 L/h por olivo antes del establecimiento de los tratamientos experimentales. Posteriormente los tratamientos de riego se aplicaron modificando el número de goteros por árbol, que pasó a ser de 6, 4.2, 2.4 y 1 gotero de 3 L/h por olivo para T1, T2, T3 y T4.

Tabla 3.5.1.1.1_Dosis de agua de la parcela de "Las Cañas".

	Horas				mm				L/olivo				
Fecha	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**Eto(FAO)**
19/5 - 20/6	40	40	40	40	42	42	42	42	336	336	336	336	168,69
21/6 - 22/7	45	45	45	45	47,25	47,25	47,25	47,25	378	378	378	378	216,79
23/7 - 22/8	30	30	30	30	36,75	36,75	36,75	36,75	294	294	294	294	143,41
23/8 - 21/10	65	65	65	65	140,25	99,75	59,25	27,75	1122	798	474	222	221,28
Dosis Total	185	185	185	185	266,25	225,75	185,25	153,75	2130	1806	1482	1230	750,17

3.5.1.2. "Cantarranas"

Se establecieron cuatro estrategias de riego:

- T1 = capacidad de campo del bulbo de humedad durante todo el periodo de riego. Se utiliza como tratamiento de control.
- T2 = Se riega un 65% del tratamiento T1. Reduciendo las horas de riego
- T3 = Se riega un 40% del tratamiento T1.
- T4 = Se riega un 12% del tratamiento T1.

La aplicación de distintas estrategias de riego deficitario se hizo modificando el tiempo de riego. Teniendo en cuenta que los goteros instalados son de 3 L/h, que se colocan cada 50 cm,

y que la separación entre plantas es de 2 m. Obtenemos un caudal de 12 L árbol/h. Sabiendo que la superficie por cada árbol es de 4x2 m = 8m^2/árbol; nos daría un resultado de 1,5 L/h.

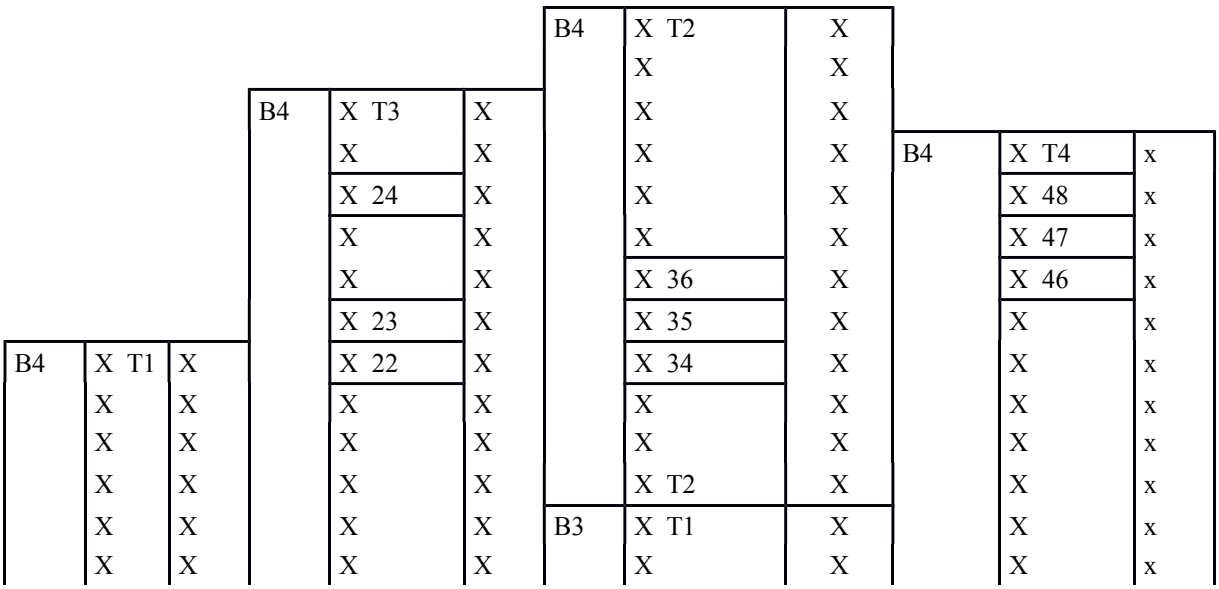
Tabla 3.5.1.2.1_Dosis de riego para la parcela de "Cantarranas" durante la campaña de 2013.

	Horas				mm				L/olivo					
Fecha	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**Eto(FAO)**	
19/5 - 20/6	40	40	40	40	60	60	60	60	480	480	480	480	168,69	
21/6 - 22/7	45	45	45	45	67,5	67,5	67,5	67,5	540	540	540	540	216,79	
23/7 - 22/8	35	35	35	35	52,5	52,5	52,5	52,5	420	420	420	420	143,41	
23/8 - 21/10	70	44	37,5	11,5	105	66	56,25	17,25	840	528	450	138	221,28	
Dosis Total	190	164	157,5	131,5	285	246	236,25	197,25	2280	1806	1482	1230	750,17	

3.5.2. DISEÑO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Se establecieron 4 bloques al azar, con una repetición de los cuatro tratamientos en cada uno de los bloques, en vistas a hacer más representativo el ensayo (Figura 3.5.2.1 y 3.5.2.2). Se dispusieron 3 filas por cada tratamiento y bloque, y los parámetros evaluados se midieron sobre la fila central, en vistas también a hacer más representativo el ensayo, pues no se puede obviar que las dosis de un tratamiento pudiesen influir en el otro situado al lado.

La toma de datos se realizado en un total de 48 olivos. Por tratamiento son 12 olivos.



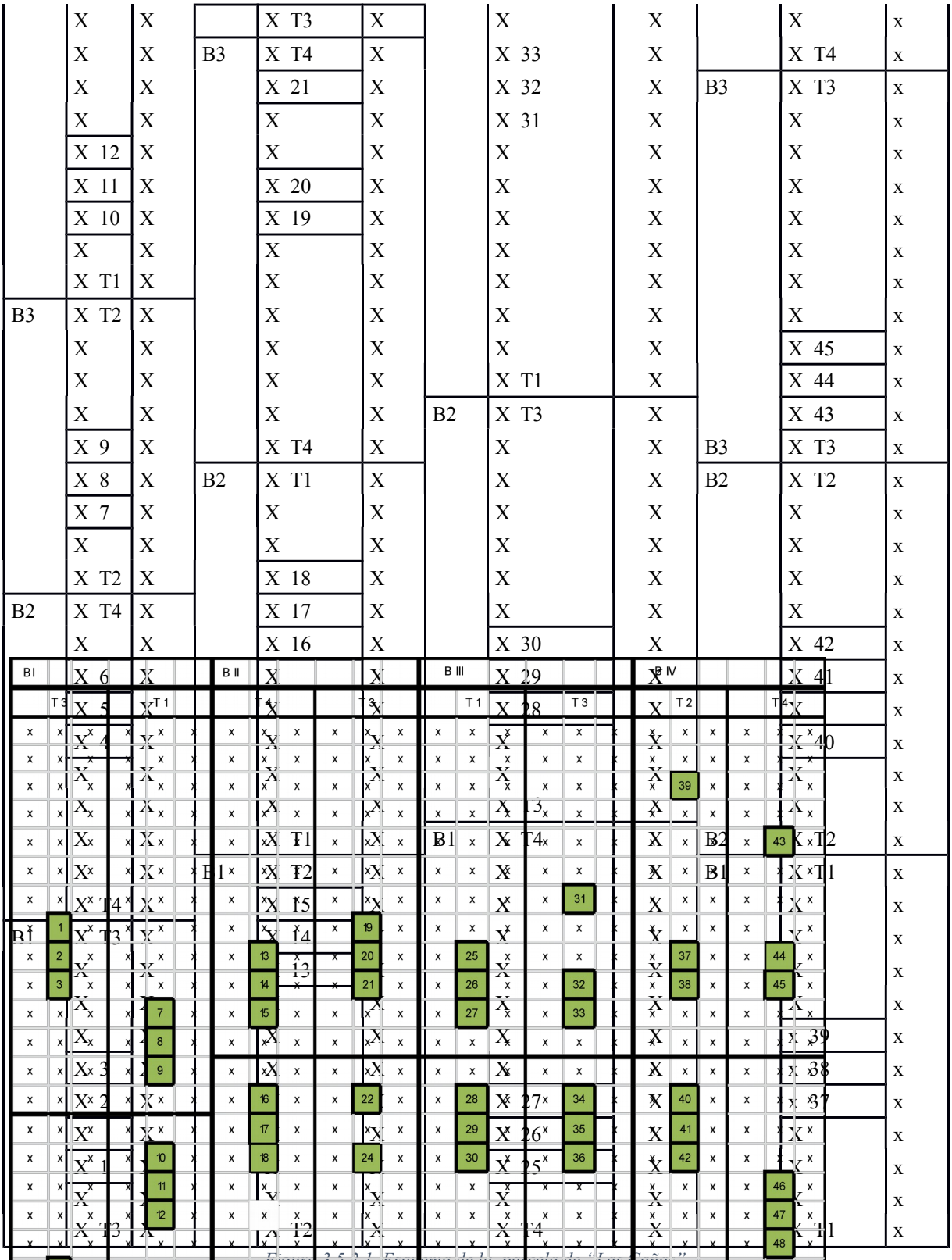


Figura 3.5.2.1 Esquema de la parcela de "Las Cañas"

Figura 3.5.2.2_Esquema de la parcela de "Cantarranas".

3.6. PARAMETROS EVALUADOS

3.6.1. ESTADO HÍDRICO DEL OLIVO

El estado hídrico del árbol se midió antes de empezar las estrategias de riego deficitario para conocer el estado hídrico. Posteriormente una vez iniciado el ensayo se realizaron mediciones cada quince días. El potencial hídrico de tallo se midió con cámara de presión tipo Scholander (Santa Bárbara, CA, EE.UU) (Figura 3.6.1.1).

En cada árbol se seleccionaron brotes en la cara sombreada del seto y cerca del tronco, a 1,5 m de altura aproximadamente. Los brotes fueron cubiertos con bolsitas de aluminio (Figura 3.6.1.2) durante 1h antes de la medición para reducir la variabilidad y para permitir que el potencial hídrico de las hojas se equilibrara con el potencial hídrico de tallo (McCutchan y Shackel, 1992).

Las mediciones se realizaron a las 14:00h en brotes con al menos dos pares de hojas se cortaron y se colocaron inmediatamente con el envoltorio de papel aluminio en el interior de la cámara para su medición.

Figura 3.6.1.1_Cámara de presión.

Figura 3.6.1.2_Brote de un año cubierto con bolsa de aluminio.

3.6.2. FLORACIÓN Y CUAJADO

En el mes de febrero del 2013 se marcaron 12 brotes por tratamiento y bloque, haciendo un total de 48 brotes por parcela (Figura 3.6.2.1). Posteriormente a lo largo de todo el crecimiento vegetativo se midieron en éstos brotes parámetros tales como el crecimiento (nº

nudos, longitud y ramas laterales), la diferenciación y el desarrollo de las yemas, el desarrollo de las mismas en yemas de flor y el desarrollo de los frutos, caída y cuajado.

Figura 3.6.2.1_Brote marcado.

Tabla 3.6.2.1_Fechas y parámetros evaluados.

14-3-13		**9-5-13**	**16-7-13**	**16-10-13**				**21-10-13**
Long (cm)	Nº nudos	nº inflores	nº infrutes >1 fruto	Nºbrotes laterales	nº nudos totales	long total	nº frutos totales	nº frutos recol

3.6.3. CARACTERÑISTICAS DE LA ACEITUNA

Para evaluar el desarrollo de la aceituna, se recogieron muestras de 30 frutos el 24 de agosto de 2013, 3, 13 y 23 de septiembre de 2013, y por último el 3, 13 y 23 de octubre de 2013 (Figura 3.6.3.1).

Figura 3.6.3.1_Muestra de "Las Cañas", bloque 4, tratamiento 4.

Todas estas muestras fueron transportadas (Figura 3.6.3.2) al laboratorio de Producción Vegetal de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad Politécnica de Madrid.

Figura 3.6.3.2_Transporte de las muestras.

Por un lado se evaluó el índice de madurez (tabla 3.6.3.1), para saber la evolución en maduración de los distintos tratamientos. El índice de madurez es un criterio que nos permite saber el momento óptimo de recolección de la aceituna según la variedad a partir del color de la piel de los frutos. El IM puede tomar valores de 0 (todos los frutos de color verde intenso) y el 7 (todos los frutos con piel negra y pulpa morada hasta el hueso).

Tabla 3.6.3.1_Clasificación de las aceitunas según su estado de maduración.

Clasificación de las aceitunas según su estado de maduración	
Clase 0	Piel verde intenso
Clase 1	Piel verde amarillento
Clase 2	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio de envero
Clase 3	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final de envero
Clase 4	Piel negra y pulpa blanca
Clase 5	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
Clase 6	Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso
Clase 7	Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso

(Beltrán y col., 2008) 1

Una vez evaluado el índice de madurez se prepararon 15 muestras por olivo con un contenido aproximado de 30g en peso fresco (Figura 3.6.3.3).

Figura 3.6.3.3_Muestras de 30g. Antes de ser introducidas en la estufa.

Posteriormente se introdujeron en la estufa (Figura 3.6.3.4) durante 48 horas a una temperatura superior a 100 ºC.

Figura 3.6.3.4_Estufa con las muestras.

Transcurrido el tiempo de secado, las muestras fueron nuevamente pesadas para conocer su peso seco.

La cantidad de aceite que contenían se obtuvo por medio de una máquina de resonancia magnética nuclear (RMN), con lo que fue posible la evaluación de parámetros tales como: la relación de peso fresco y el peso seco por aceituna, el aceite por aceituna, la relación entre el peso fresco y seco con el rendimiento graso.

3.6.4. PRODUCCIÓN

Se cosechó el 18 de octubre de 2013 la parcela "Las Cañas" y el 21 de octubre "Cantarranas". Se recolectaron los tres olivos de control que se eligieron por cada tratamiento y bloque, haciendo un total de 48 olivos en cada parcela.

La recolección fue manual, con la ayuda de "peines" vibradores (Figura 3.6.4.2), debido a las exigencias del ensayo, puesto que de otra forma se mezclarían las aceitunas de un olivo con las de otro. Para asegurar una recogida de datos fiable se colocaron a 1m dos jalones a ambos lados del tronco de los olivos de control (Figura 3.6.4.1), de tal forma que se recogieron 2m de seto. Adicionalmente se extendieron mantas en el suelo para recoger la aceituna caída.

Figura 3.6.4.1_Jalones y mantas colocados para la recolección.

Figura 3.6.4.2_"Peine" utilizado para recolección.

Después de recolectar las aceitunas de cada árbol de control fueron pesadas para saber la producción y evaluar las características de la aceituna en la recolección. Una vez pesada la totalidad, una parte suficiente se embolsó e identificó, para posteriormente realizar la extracción del aceite (Figura 3.6.4.3)

Figura 3.6.4.3_Pesado y embolsado de muestras.

3.6.5. EXTRACTABILIDAD Y CALIDAD DEL ACEITE

El análisis de la calidad del aceite se evaluó en las aceitunas procedentes de "Cantarranas". Para obtener la calidad de aceite, se mezclaron las aceitunas recolectadas por separado de cada olivo de control. Posteriormente tras evaluar los parámetros pertinentes, se mezcló la producción de los 3 árboles pertenecientes al mismo tratamiento y bloque, y se extrajo el aceite de 16 muestras mediante el sistema Abencor, situado en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad y que consta de tres elementos básicos, un molino de martillo, una termobatidora, y una centrífuga.

Este sistema reproduce el proceso de trabajo de una almazara industrial de aceitunas a pequeña escala, con el que se obtiene una muestra de aceite, que puede utilizarse para valorar sus características organolépticas u otras determinaciones analíticas. Las muestras de aceitunas se trituran en un molino de martillos obteniéndose una pasta que es homogeneizada inmediatamente; de cada lote se toman 600g que se someten a un proceso de batido y posterior centrifugación a 3500 r.p.m., donde se obtiene el aceite, que es recogido, junto con el agua de vegetación, en una probeta graduada de 500 ml (Martínez y col., 1975).

3.6.5.1. Extracción del aceite

MOLIENDA

El primer paso necesario para obtener el aceite de oliva es la molturación de las aceitunas. Las muestras de entre 600-700g se trituraron con el molino de martillos (Figura 3.6.5.1.1), de radio 47,5 mm y criba de 5,0 mm diámetro, a 3000 rpm.

La pasta resultante se vertió en cazos de acero inoxidable y se procedió al batido.

Figura 3.6.5.1.1_Molino de martillos.

BATIDO

El batido es un proceso por el cual se unen las partículas de aceite en separadas de la parte sólida y acuosa. Se realizó un batido lento de 1h y se añadieron 20g de silicato de magnesio hidratado (Figura 3.6.5.1.3), denominado talco, para aumentar el rendimiento de aceite. Desde 2003 es el único talco permitido.

El batido se realizó con una termobatidora (Figura 3.6.5.1.2), en la que los cazos están bañados en agua, por lo que es posible controlar la temperatura y conseguir así un mayor rendimiento si afectar la calidad de las muestras. Tras 15 minutos, se añadieron 100ml se agua caliente, para facilitar el batido.

Figura 3.6.5.1.2_Termobatidora.

Figura 3.6.5.1.3_Cazos con el talco.

CENTRIFUGACIÓN

El instrumento utilizado es una centrifugadora vertical, que consta de un rotor cilindro-cónico giratorio (Figura 3.6.5.1.4). En este paso, mediante la acción centrífuga se consigue separar la parte sólida, más densa, que se adhiere a las paredes del cilindro, de la fase líquida (agua y aceite).

La pasta de dos cazos fue centrifugada dos veces durante 1 min a 3500 rpm. Adicionalmente se añadieron 100 ml de agua caliente por centrifugado con vistas a extraer la mayor cantidad de aceite posible.

Figura 3.6.5.1.4_Centrifugadora vertical.

Después de ser centrifugadas las muestras, la mezcla líquida de agua y aceite es recogida en probetas, lo que inicia el siguiente paso.

DECANTACIÓN

La mezcla obtenida de agua y aceite, es decantada durante 12 horas en probetas (Figura 3.6.5.1.5).

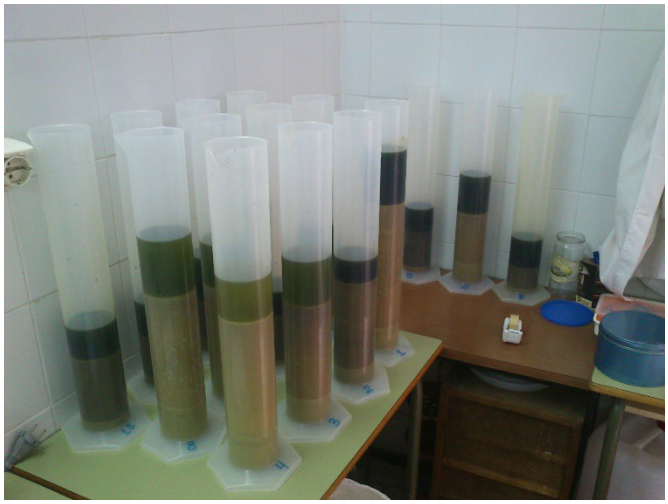


Figura 3.6.5.1.5_Decantación.

La decantación finaliza con la retirada del aceite con una pipeta, puesto que por diferencia de densidades el aceite queda en la parte superior.

FILTRACIÓN

Por último el aceite se filtra para eliminar posibles impurezas. Se realiza con embudos y un papel filtrante (Figura 3.6.5.1.6).

Figura 3.6.5.1.6_Filtrado.

3.6.5.2. Extractabilidad

Se entiende la extractabilidad como la relación entre el contenido de aceite extraído y el aceite total que contenía la muestra. Con lo que se consigue una relación que suele ser expresada en porcentaje.

Las muestras de aceite se enviaron al laboratorio privado CM Europa de Martos, Jaén. Se analizaron la estabilidad y los peróxidos, dos de las cualidades más importantes a la hora de establecer la calidad de un aceite.

3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis estadístico de los resultados se ha efectuado utilizando el programa estadístico MSTAT- CV. 2.1.0 (Michigan State University, 1988). Se han efectuado los análisis de varianza y para la comparación de medias se ha utilizado el test múltiple de Duncan. El nivel de probabilidad utilizado ha sido $p<0,05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. POTENCIAL HÍDRICO DE TALLO

4.1.1. "LAS CAÑAS"

En la tabla 4.1.1.1 y la ilustración 4.1.1.1, se muestra la evolución del potencial hídrico del tallo ($_t$) de los cuatro tratamientos de riego (uno de control y tres tratamientos deficitarios), durante la fase de síntesis de aceite. La primera medición se realizó el 22 de agosto de 2013, un día antes de que comenzará el riego deficitario controlado. En esta medición, y tras el estudio estadístico de los datos, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Transcurridos 13 días se volvió a medir el potencial hídrico de los árboles, esta vez con el ensayo de riego deficitario en marcha, y aplicándose las dosis de agua estipuladas para cada tratamiento. T1 y T2 fueron significativamente diferentes, mientras que T3 y T4 no presentaron diferencias entre ellos. Se aprecia como los tratamientos van distanciándose, y los que tuvieron menor disponibilidad de agua presentaron ψ_t menores.

La tercera medición fue realizada el 19 de septiembre muestra como los tratamientos se ordenaron según la dosis de agua que se les aplicó. Todos los tratamientos son significativamente diferentes. T4 alcanzó un valor medio entre las 4 repeticiones que se hicieron de -3.74 MPa.

El 8 de octubre se volvió a evaluar el ψ_t. Debido a las lluvias caídas, T1 y T2 se igualaron. T3 mostró un potencial hídrico de tallo intermedio entre los tratamientos T1 y T2, y T4. El potencial obtenido para T4 fue de -2.35 MPa, superior a la medición anterior.

Finalmente la última medición tuvo lugar en la recolección. En ella se aprecia como T1 y T2 siguieron siendo estadísticamente similares. Sin embargo, los tratamientos 3 y 4 siguieron la misma tendencia de la medición realizada dos semanas antes, y fueron significativamente diferentes. Durante este periodo se observa la rápida rehidratación de los árboles, debido en gran parte a la capacidad de retención de agua del suelo de "Las Cañas".

En la tabla 4.1.1.2 se presentan los valores medios de ψ_t de la parcela de "Las Cañas". T4 fue el tratamiento más estresado durante el ensayo, con un valor medio de -2.68 MPa. T1 obtuvo un valor medio de -1,38 MPa. T2 y T3 obtuvieron un valor medio de -1,68 MPa y -2,12 MPa respectivamente, con un ahorro de agua del 40% y del 65%. Se observa la separación de medias existente entre los tratamientos de riego aplicados durante la fase de síntesis de aceite.

Ilustración 4.1.1.1_Gráfica evolución potenciales hídricos de tallo de "Las Cañas".

Tabla 4,1,1,1_Potencial hídrico de tallo (MPa) de los cuatro tratamientos en "Las Cañas" en el periodo de ensayo. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	22/08/13	04/09/13	19/09/13	08/10/13	21/10/13
T1	-2,10	-1.38a	-1,26a	-1.20a	-0.96a
T2	-2,16	-1.86b	-1,95b	-1.24a	-1.16a
T3	-2,16	-2.60c	-2.85c	-1.44ab	-1.56b
T4	-2,32	-2.83c	-3.74d	-2.18b	-2.35c

Tabla 4.1.1.2_Potencial hídrico medio de tallo (MPa) "Las Cañas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	Media
T1	-1.38a
T2	-1.68b
T3	-2.12c
T4	-2.68d

4.1.2. "CANTARRANAS"

En la tabla 4.1.2.1 y el la ilustración 4.1.2.1 se muestra la evolución del potencial hídrico del tallo (ψ_t) de los cuatro tratamientos de riego. Las mediciones se realizaron los mismos días que en "Las Cañas". Esta situación facilitaba las labores de campo y además ofrece una comparativa más representativa entre las dos parcelas objeto de este ensayo, pues se midieron en las mismas condiciones atmosféricas.

La primera medición se realizó el 22 de agosto de 2013, un día antes de que comenzará el riego deficitario controlado en "Cantarranas". No se observaron diferencias entre los tratamientos debido a que su disponibilidad de agua era la misma.

El 4 de septiembre se volvió a medir el ψ_t por medio de la cámara de presión. Se observa como T1 y T2 son estadísticamente diferente a T3 y T4, que mostraron ambos una media de potencial hídrico de tallo de -4,14 MPa.

La tercera medición fue realizada el 19 de septiembre. Cabe destacar el valor de potencial hídrico medio obtenido para T4 que alcanzó un valor de -5,93 MPa. T1 y T2 se mostraron estadísticamente diferentes a los T3 y T4.

El 8 de octubre se volvieron a realizar las mediciones de potencial hídrico de tallo. Todos los tratamientos se mostraron diferentes entre ellos. Los olivos estaban menos estresados que en la medición anterior debido a las precipitaciones caídas a principios de octubre.

La última medición se realizó el día 21 de octubre. T2 y T3, fueron estadísticamente diferentes a T1 y T4. T4 alcanzó un valor de -5,35 MPa.

En la tabla 4.1.2.2 se presentan los valores medios de ψ_t de la parcela de "Cantarranas". En ella se observa la separación de medias existente entre los tratamientos de riego. Todos los tratamientos se muestran estadísticamente diferentes. T4 obtuvo un potencial hídrico de tallo un 54% inferior a T1, con una reducción de riego del 88%.

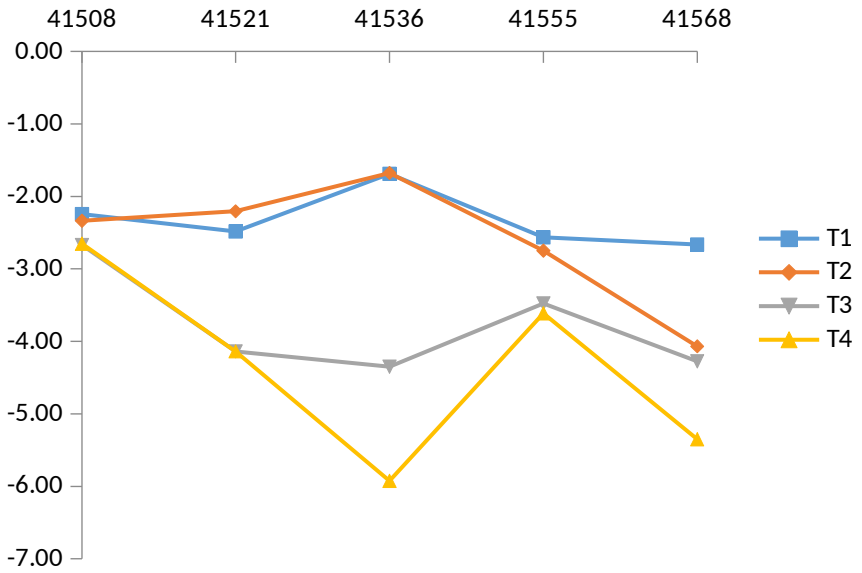


Ilustración 4.1.2.1_Gráfica evolución potenciales hídricos de tallo de "Cantarranas".

Tabla 4.1.2.1_Potencial hídrico de tallo (MPa) de los cuatro tratamientos en "Cantarranas" en el periodo de ensayo. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	22/08/13	04/09/13	19/09/13	08/10/13	21/10/13
T1	-2,25	-2,49a	-1,69a	-2,56a	-2,66a
T2	-2,34	-2,21a	-1,68a	-2,75b	-4,07b
T3	-2,67	-4,14b	-4,35b	-3,48c	-4,28b
T4	-2,65	-4,14b	-5,93c	-3,61d	-5,35c

Tabla 4.1.2.2_Potencial hídrico medio "Cantarranas" (MPa) en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	Media
T1	-2.330a
T2	-2.607b
T3	-3.781c
T4	-4.336d

Si comparamos los valores de potencial hídrico de tallo de "Las Cañas" y de "Cantarranas" observamos que los valores son más bajos para esta última parcela, incluso aunque las dosis de riego aplicadas fueron mayores en "Cantarranas". T4 obtuvo para "Cantarranas" un valor medio casi 2 MPa por debajo del obtenido en "Las Cañas". El resto de tratamientos también obtuvo valores medios de potencial hídrico de tallo menores para "Cantarranas".

Selles y col. (2006) publicaron un ensayo de riego deficitario durante la fase de síntesis de aceite en la variedad "Sevillana". El tratamiento más estresado obtuvo valores de entre -2,1 MPa y -3,4 MPa.

Goldhamer (1999) llevó a cabo un ensayo de riego deficitario en un olivar plantado a 4,57m x 9,14m de la variedad "Manzanillo". Uno de los tratamientos tuvo una reducción de la dosis de riego del 50% de la evapotranspiración y obtuvo un valor medio de -0,6 MPa.

Alegre (2001) en un olivar tradicional de la variedad Arbequina llevó a cabo un ensayo de riego deficitario controlado, en el cual el valor medio del tratamiento más estresado, con una dosis de agua de 9,5 mm durante el periodo de síntesis de aceite, obtuvo un valor medio de -2,73 MPa.

Se observó que los datos obtenidos para el potencial hídrico de tallo fueron bajos en comparación con otros ensayos. Por tanto los niveles de estrés hídricos alcanzados fueron severos, especialmente en ""Cantarranas"".

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ACEITUNA

4.2.1. "LAS CAÑAS"

En la tabla 4.2.1.1 se muestran algunos de los parámetros medidos que se consideraron importantes a la hora de evaluar el efecto del riego deficitario en las características de la aceituna de un olivar en seto, durante el periodo de maduración de la aceituna.

En cuanto al peso de los frutos, se ha de tener en cuenta el reducido tamaño de los frutos de la variedad Arbequina, alrededor de 1,71g de media, según una publicación de Tous (1998) en colaboración con el IRTA. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en peso

fresco y seco de las aceitunas (Ilustración 4.2.1.1), ni en cuanto al rendimiento graso seco (Ilustración 4.2.1.2), ni al contenido de aceite por aceituna.

En la ilustración 4.2.1.3 se observa la evolución de las cuatro estrategias de riego aplicada en lo que a cantidad de aceite/aceituna se refiere. El gráfico resume lo ocurrido en "Las Cañas", en la que los tratamientos se mostraron con rendimientos grasos estadísticamente similares. De hecho, las aceitunas procedentes de T2 y T3 contenían mayor cantidad de aceite por aceituna.

Tabla 4.2.1.1_Características de la aceituna en la parcela de "Las Cañas" en la recolección.

Tratamiento	P.Freso (g)/aceituna	P.Seco (g)/aceituna	Rto. Graso seco (%)	Aceite (mg) /Aceituna
T1	1,041	0,40	35.1	134,995
T2	1,092	0,43	35.2	146,317
T3	1,019	0,41	34.0	144,581
T4	0,917	0,43	33.8	130,179

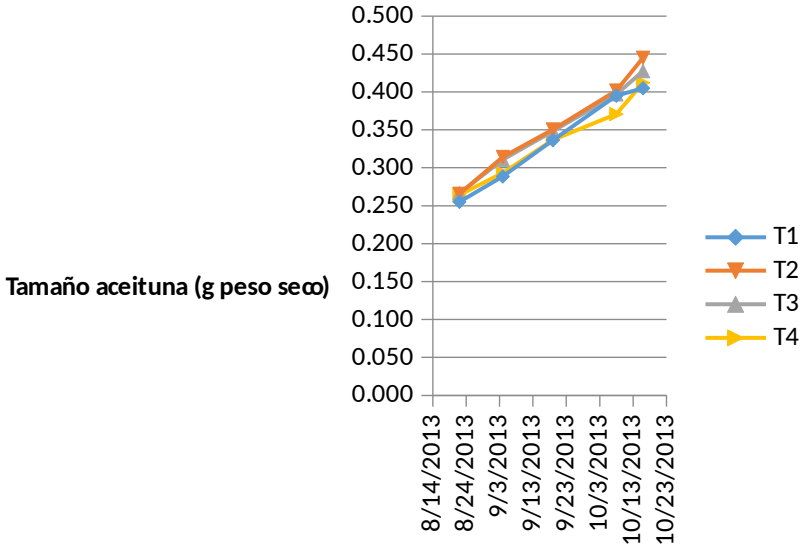


Ilustración 4.2.1.1_Evolución del peso seco de una aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Las Cañas".

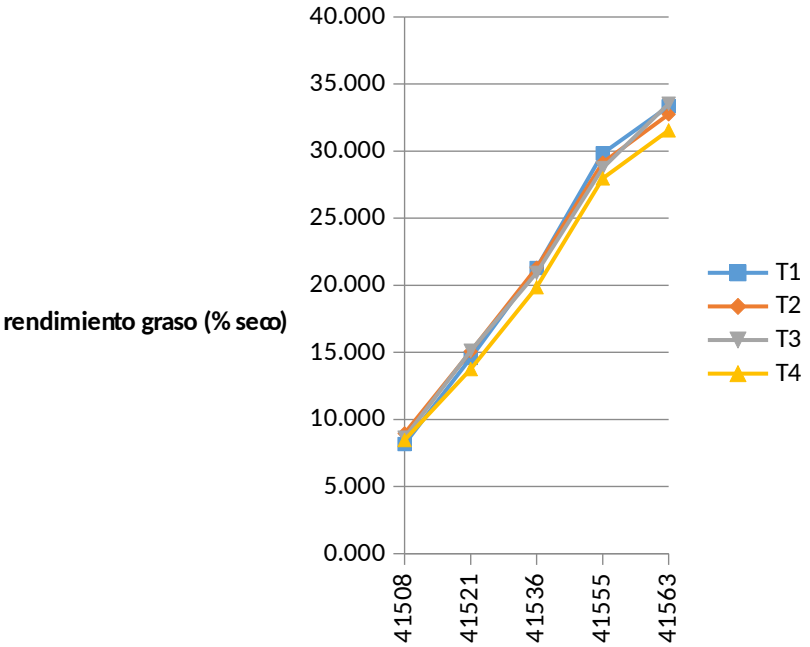


Ilustración 4.2.1.2_Gráfica del rendimiento graso seco (%) de las muestras recogidas durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Las Cañas".

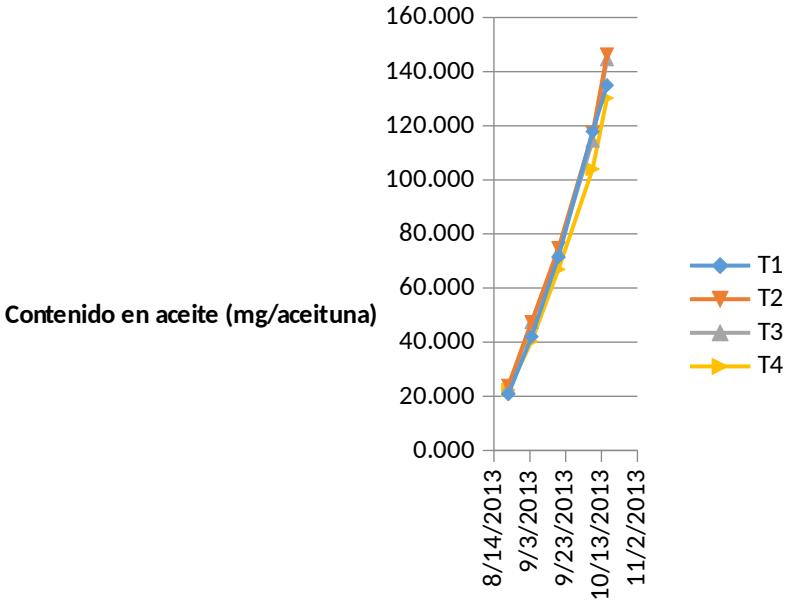


Ilustración 4.2.1.3_Evolución del contenido de mg aceite/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcelas de "Las Cañas".

4.2.2. "CANTARRANAS"

En la tabla 34 se muestran los valores obtenidos en los diferentes tratamientos de riego deficitario controlado para los parámetros de peso seco, peso freso, rendimiento graso seco y aceite por aceituna.

T1, T2 fueron significativamente diferentes a T3 y T4 en peso freso (Tabla 4.2.2.1 e ilustración 4.2.2.1), mientras que T2 obtuvo un valor estadísticamente intermedio a T1, y a T3 y T4, que fueron significativamente similares en lo que a peso fresco se refiere.

Sin embargo en cuanto al peso seco T3 y T4 fueron estadísticamente iguales, mientras que T2 obtuvo un peso seco intermedio entre T3 y T4, y T1 (Ilustración 4.2.2.2).

El rendimiento graso seco final de las cuatro estrategias de riego se muestra en la ilustración 4.2.2.3, los tratamientos 1 y 2 difirió significativamente a los tratamientos 3 y 4.

Finalmente se obtuvo que en cuanto al contenido de aceite/aceituna (Ilustración 4.2.2.4), los tratamientos 3 y 4 fueron significativamente similares. T1 y T2 difirieron en la media del contenido de aceite/aceituna.

En la ilustración 4.2.2.4, se muestra la evolución del rendimiento graso de las olivas medido sobre el peso seco. En ella se aprecia que el rendimiento de T1 y T2 fue similar. T3 y T4 fueron estadísticamente iguales, sin embargo se aprecia la diferencia de rendimientos grasos entre ambas estrategias.

Tabla 4.2.2.1_Características de la aceituna en la parcela de "Cantarranas" en la recolección. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con $p<0.05$.

Tratamiento	P.Freso (g)/aceituna	P.Seco (g)/aceituna	Rto. Graso seco (%)	Aceite (mg) /Aceituna
T1	0,896a	0,428a	35.9a	143,392a
T2	0,726b	0,355ab	34.9a	118,946b
T3	0,558c	0,325c	29.5b	90,213c
T4	0,478c	0,296c	24.3c	72,958c

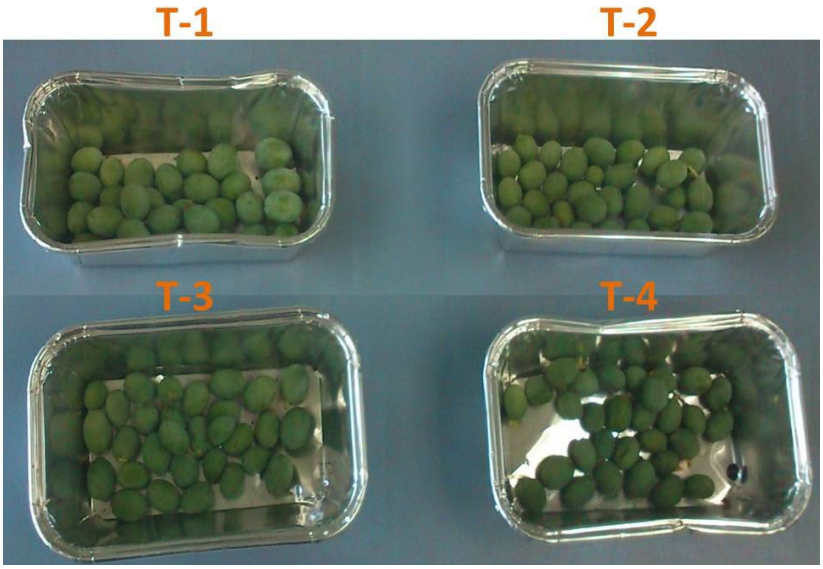


Ilustración 4.2.2.1_Mismo número de frutos recogidos en la parcela de "Cantarranas" para los cuatro tratamientos de riego aplicados durante la fase de síntesis de aceite.

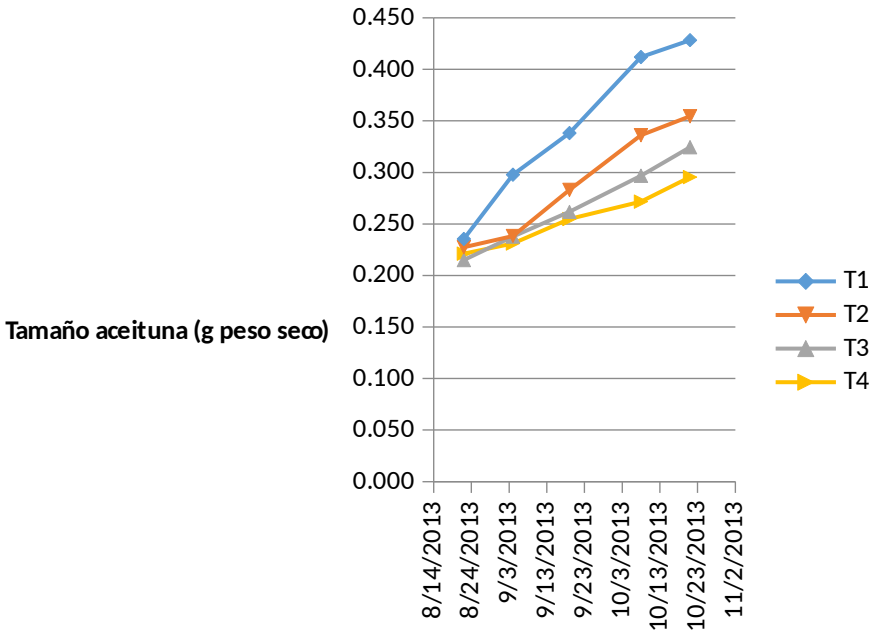


Ilustración 4.2.2.2_Evolución del peso seco/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Cantarranas".

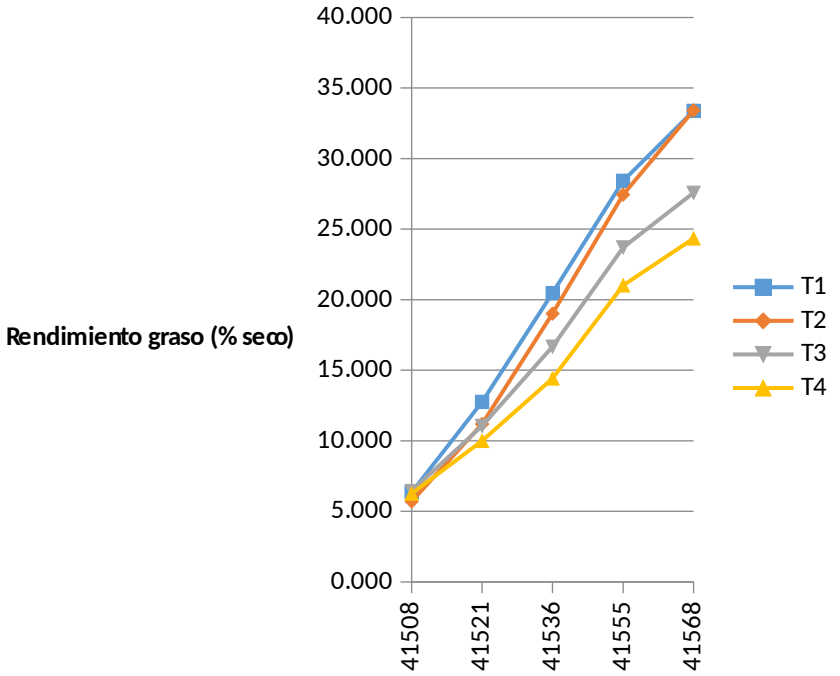


Ilustración 4.2.2.3_Gráfica del rendimiento graso seco (%) de las muestras recogidas durante el periodo de síntesis de aceite en la parcela de "Cantarranas".

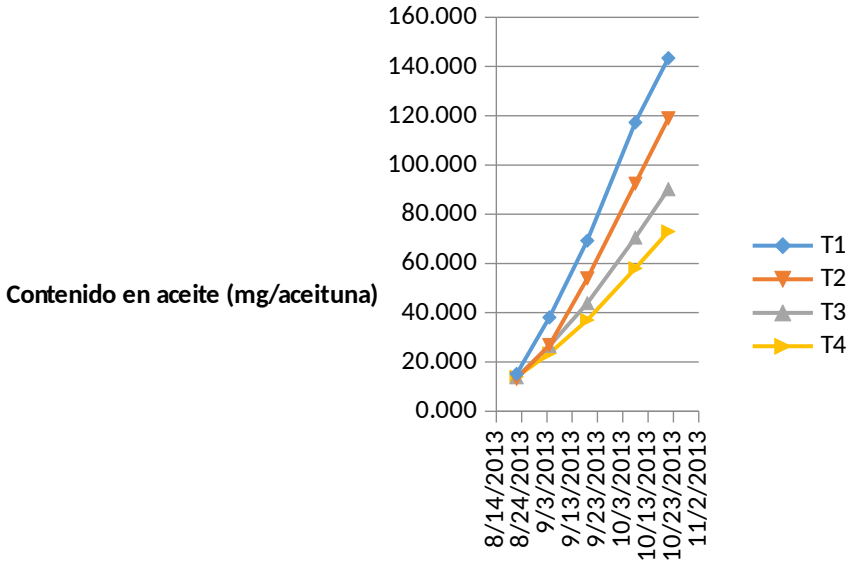


Ilustración 4.2.2.4_Evolución del contenido de mg aceite/aceituna durante el periodo de síntesis de aceite en la parcelas de "Cantarranas".

En lo que a las características de la aceituna se refiere, el comportamiento de las parcelas de ensayo fue diferente.

Las aceitunas del tratamiento de control de "Las Cañas" fueron mayores en peso fresco, pero el contenido en aceite fue menor que en "Cantarranas".

En 2007 el INTA de Argentina (Pérez Peña y col.), publicó un estudio sobre el efecto del riego deficitario aplicado durante el periodo de síntesis de aceite en el rendimiento y calidad de aceite de los olivos. Con el objetivo de conocer el efecto del RDC aplicado durante la última etapa de crecimiento de fruto, durante el ciclo 2006-2007 en un monte comercial de olivos cv. Arbequina de 9 años de edad, se evaluaron tres tratamientos de riego: un tratamiento control (T) que recibió el 100% de la Etc y dos tratamientos restrictivos que recibieron igual cantidad de riego que el tratamiento control excepto durante la fase III de crecimiento de fruto hasta cosecha en los que se aplicó 66% de la Etc (T66) y 33% de la Etc (T33). Como resultado de este primer ciclo de estudio se evidenció que el RDC no afectó ni las características de fruto ni el rendimiento de aceitunas por planta.

Alegre y col., publicaron en 2010 los resultados de un ensayo realizado sobre un olivar adulto de la variedad Arbequina (10m x 10m). Los resultados mostraron que ni producción de aceituna ni producción de aceite se vieron reducidos por dosis del 75 y 50 % de agua que la marcada por la ETc en la fase de síntesis de aceite.

En Chile en 2006, se llevó a cabo un proyecto de RDC. Se establecieron cuatro tratamientos: T1, 100% ETc;T2 100% Etc desde brotación hasta el final de la fase II de crecimiento del fruto y 40% durante la fase III; T3, 100% de la ETc desde brotación hasta el término de la fase II de crecimiento del fruto y 25% durante la fase III; y T4, 60% de la ETc durante toda la temporada. Déficit hídricos durante la fase III de crecimiento de frutos no afectaron la carga frutal, sin embargo restricciones hídricas severas durante esta fase tuvieron incidencia en el peso final del fruto.

Berenguer y Faci (2006), realizaron una investigación tendiente a determinar el efecto de diferentes cargas de agua sobre la producción total de aceitunas, la producción de aceite por árbol, el rendimiento graso del fruto y los parámetros químicos y sensoriales en los aceites obtenidos, en un olivar variedad Arbequina. Los tratamientos aplicados fueron: T1 sin riego, T2 = 33% de las necesidades netas de riego (NNR), T3 = 66% de NNR y T4 = 100% de NNR. La producción de olivas y de aceite por árbol aumentó significativamente con la cantidad de agua aplicada en riego. Se encontró una relación de tipo logarítmica entre la producción de oliva y de aceite, y la cantidad estacional de agua aplicada.

El parámetro más sensible fue el contenido de aceite. Los diferentes tratamientos de riego deficitario controlado durante la fase de síntesis de aceite aplicados en "Las Cañas" no mostraron diferencias significativas entre ellos en peso fresco, peso seco, rendimiento graso seco y contenido de aceite por aceituna. Sin embargo "Cantarranas" sí mostró diferencias significativas entre todos los tratamientos en cuanto al contenido de aceite por aceituna.

El tamaño del fruto y el contenido en aceite fueron incrementándose a lo largo de todo el periodo de síntesis de aceite.

Se presentarán los datos del índice de madurez por separado, pues aunque siguen también la misma tendencia que el resto de parámetros presentados, considero que merecen una mención aparte.

4.2.3. ÍNDICE DE MADUREZ

A continuación se presentan los datos del índice de madurez de las distintas parcelas. Cabe destacar que la recolección se realizó el 18 de octubre para la parcela de "Las Cañas", y el 21 de octubre para "Cantarranas". Son sin duda fechas tempranas, que buscan obtener la máxima calidad de aceite y evitar posibles daños en la calidad por heladas, dado que es una zona propensa.

4.2.3.1. "Las Cañas"

En la tabla 4.2.3.1.1 se muestran los resultados del índice de madurez final de "Las Cañas". Los tratamientos de riego deficitario controlado y el tratamiento de control no presentaron diferencias significativas en cuanto al índice de madurez. T1 fue el tratamiento que tuvo una maduración mayor en la recolección.

Tabla 4.2.3.1.1_Índice de madurez final para los cuatros tratamientos de riego en la parcela de "Las Cañas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Índice madurez
T1	0,18
T2	0,15
T3	0,19
T4	0,18

4.2.3.2. "Cantarranas"

En la tabla 4.2.3.2.1 se presentan los datos finales de maduración para la parcela de "Cantarranas". En ella se aprecia como T4 y T3 presentan valores de madurez estadísticamente mayores que T1 y T2.

Tabla 4.2.3.2.1_Índice de madurez final para los cuatros tratamientos de riego en la parcela de "Cantarranas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Índice madurez
T1	0,30bc
T2	0,21c
T3	0,63ab
T4	1,00a

Pastor y col., presentaron en el 2000 los resultados de un estudio llevado a cabo en Córdoba, en el que se aplicaron tres tratamientos de riego diferentes a un olivar adulto de la variedad Manzanilla, destinada a mesa. T1 (100% ETc) mostró mayor porcentaje de frutos maduros a recolección.

En 2007 el INTA de Argentina (Pérez Peña y col.), publicó un estudio sobre el efecto del riego deficitario en el rendimiento y calidad de aceite de los olivos. Con el objetivo de conocer el efecto del RDC aplicado durante la última etapa de crecimiento de fruto, durante el ciclo 2006-2007 en un monte comercial de olivos cv. Arbequina de 9 años de edad, se evaluaron tres tratamientos de riego: un tratamiento control (T) que recibió el 100% de la ETc y dos tratamientos restrictivos que recibieron igual cantidad de riego que el tratamiento control excepto durante la fase III de crecimiento de fruto hasta cosecha en los que se aplicó 66% de la ETc (T66) y 33% de la ETc (T33). El IM mostró un estado de madurez más avanzado en el tratamiento T respecto del resto.

En un ensayo de riego deficitario llevado a cabo en la misma parcela por Gómez del Campo (2012), se obtuvo una diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos, siendo T4 el que obtuvo mayor índice de madurez y T1 el que menos.

Cabe resaltar las peculiaridades de la maduración de las aceitunas de la variedad Arbequina. Tiene una maduración escalonada y no llega a alcanzar la pigmentación del fruto por completo.

A su vez no podemos obviar el efecto del regadío sobre la maduración, que al igual que interviene en producción, prolonga la maduración de los frutos (Lavee, 1986).

En vista de los resultados de índice de madurez a recolección, se observa la escasa maduración de la aceituna de ambas parcelas, y las diferencias entre ellas.

4.3. PRODUCCIÓN DE ACEITUNA Y ACEITE

4.3.1. "LAS CAÑAS"

En la tabla 4.3.1.1 se muestra la producción de aceituna para los distintos tratamientos de riego aplicados durante la fase de síntesis de aceite en la parcela de "Las Cañas". T4 fue el único tratamiento que obtuvo una producción de aceituna significativamente inferior. Al tratamiento 4 se le aplicaba una dosis de riego del 12% de la del tratamiento de control y obtuvo una reducción de la producción del 24%. Los tratamientos 2 y 3, obtuvieron una producción similar al de control con un ahorro de agua del 35% y del 60% respectivamente.

En la tabla 4.3.1.2, se muestran los resultados de la producción de g aceite/olivo y de kg aceite/ha. En este caso los tratamientos se mostraron diferentes, excepto para T3, que se obtuvo una producción estadísticamente intermedia entre T2 y T4. La producción para los tratamientos deficitarios fueron un 10, 12 y 25% menos para T2, T3 y T4 respectivamente.

Tabla 4.3.1.1_Producción de aceituna de "Las Cañas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Producción de aceituna (kg/ha)
1	15957 a
2	14553 a
3	14187 a
4	11795 b

Tabla 4.3.1.2_Producción aceite de "Las Cañas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Aceite/olivo (g)	Producción de aceite (kg/ha)
1	1730 a	2163a
2	1633b	2042b
3	1611bc	2014bc
4	1456c	1820c

4.4.2. "CANTARRANAS"

Los datos de producción de aceituna (Tabla 4.3.2.1) muestran como "Cantarranas" fue menos productivo que "Las Cañas". Se observa la misma tendencia que en la otra parcela del ensayo en la que T4 es el tratamiento que se muestra estadísticamente menos productivo con 9078 kg/ha. T2, T3 y T4 obtuvieron una producción de 73%, 66%, 65% de la producción de aceituna de T1.

Los resultados de producción de aceite para la parcela de "Cantarranas" se muestran en la tabla 4.3.2.2. En ella se observa una tendencia similar que en la parcela de "Las Cañas" comentada anteriormente. En cuanto a la producción de aceite de nuevo al igual que en "Las Cañas" las estrategias de riego deficitario controlado aplicadas dieron como resultado una separación de las medias, siendo la producción de T3 intermedia entre T2 y T4. La producción de T2, T3 y T4 fue un 76%, 68% y 58% de la producción de T1 respectivamente.

Tabla 4.3.2.1_Producción de aceituna de "Cantarranas" en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Producción de aceituna (kg/ha)
1	13867a
2	10177a
3	9176a
4	9078b

Tabla 4.3.2.2_Producción aceite de Cantarrana en la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Aceite/olivo (g)	Producción de aceite (kg/ha)
1	1820,79a	2275,99a
2	1383,58b	1729,47b
3	1241,49bc	1551,86bc
4	1055,57c	1319,46c

Existen numerosos estudios sobre cómo el riego deficitario afecta a la producción de aceituna. En general se observa una relación entre la producción y el aporte de agua realizado.

Pastor et al. presentaron los resultados de un ensayo de riego deficitario en un olivar adulto, con una densidad de plantación de 80 olivos/ha. T1 se regó a capacidad de campo calculando la evapotranspiración (3.200 m3/ha), el segundo tuvo un aporte de agua de 2000 m3/ha (62,5%T1) y el tercero 1500 m3/ha (47%), comparadas con un testigo en secano. El riego incrementó la producción de aceite. El incremento de producción de los tratamientos regados se relacionó con el mayor volumen de copa de los olivos.

Berenguer y Faci (2006), realizaron una investigación tendiente a determinar el efecto de diferentes cargas de agua sobre la producción total de aceitunas, la producción de aceite por árbol, el rendimiento graso del fruto y los parámetros químicos y sensoriales en los aceites obtenidos, en un olivar variedad Arbequina. Los tratamientos aplicados fueron: T1 sin riego, T2 = 33% de las necesidades netas de riego (NNR), T3 = 66% de NNR y T4 = 100% de NNR. La producción de olivas y de aceite por árbol aumentó significativamente con la cantidad de agua aplicada en riego. Se encontró una relación de tipo logarítmica entre la producción de oliva y de aceite, y la cantidad estacional de agua aplicada.

Al igual que en los dos ensayos comentados anteriormente, en este trabajo de fin de grado también se observa este aumento en producción conforme aumentan las dosis de riego aplicadas.

En California, EEUU, Goldhamer (1999), presentó los resultados obtenidos para cuatro tratamientos de riego en un olivar adulto de la variedad "Manzanilla" con un marco de plantación de 9,1m x 4,6m. En este ensayo, T3 que tuvo un aporte de agua del 50% con respecto a la ETc calculada desde mayo hasta septiembre. Observó que dicho tratamiento obtuvo un 11% menos de aceite.

Se observa un comportamiento similar a lo ocurrido en "Las Cañas", en la que la producción de aceite de T3 fue un 12% menor que la del tratamiento de control, con un aporte de agua del 40% de ETc.

En 2003 Moriana y col. Realizaron un ensayo en CIFA, Córdoba, sobre una plantación 6m x 6m de "Picual", al cual se le aplicó RDC. Obtuvieron unos datos de producción de aceituna para el tratamiento de control de 11.100 kg/ha y de producción de aceite de 1.950 kg/ha, este

tratamiento tuvo una dosis de riego de 538mm para toda la campaña. Uno de los tratamientos deficitarios llevados a cabo se le aplicó un 25% de agua aplicada sobre los olivos de control, y observó una reducción de la producción de aceituna y aceite del 26,58 y 20,51% respectivamente.

En este ensayo también se observan reducciones en la producción de aceituna y de aceite de magnitudes similares a las que se obtuvieron para ambas parcelas.

Sin embargo, aunque parece evidente que aportes de agua incrementan la producción, son numerosos los ensayos en los que una reducción moderada de agua durante el periodo de síntesis de aceite no desemboca en una reducción de la producción.

Alegre y col., publicaron en 2010 los resultados de un ensayo realizado sobre un olivar adulto de la variedad Arbequina (10m x 10m). Los resultados mostraron que ni producción de aceituna ni producción de aceite se vieron reducidos por dosis del 75 y 50 % de agua que la marcada por la ETc en la fase de síntesis de aceite. No ocurrió lo mismo para el tratamiento en el que se aplicó un 25% de la ETc.

Este ensayo se contrapone a los datos obtenidos. Si bien es cierto que la producción de aceituna no fue estadísticamente diferente para T2 y T3, se observó una reducción en la producción de aceite.

Otros ensayos muestran una tendencia totalmente diferente, en la que los tratamientos de riego deficitario controlado en los que el estrés hídrico y las reducciones en las dosis de riego aplicadas no fueron severos, y llevados a cabo durante la fase de síntesis de aceite, fueron más productivos que los regados normalmente.

Fichet y col.. (2006), sometieron a un huerto de olivos de 6 años de edad de la variedad Leccino a riego deficitario controlado (RDC). El ensayo se aplicó durante la fase final del desarrollo del fruto, de pinta a maduración de fruto. Los resultados muestran que la producción de aceite del tratamiento deficitario fue un 19% mayor que el tratamiento de control regado al 100% de la ETc.

No se observó esta tendencia en nuestro ensayo, las producciones de aceite fueron menores para los tratamientos deficitarios.

Por otro lado, la producción media de este tipo de plantaciones se encuentra entorno a los 10.000 kg/ha, para olivar en seto con riego a un marco de plantación de 5 m x 2 m. Se observa una producción alta, especialmente para la parcela de "Las Cañas".

4.4. FLORACIÓN Y CUAJADO

4.4.1. "LAS CAÑAS"

La tabla 4.4.1.1 muestra los datos de floración y cuajado de "Las Cañas" de 2013. No se obtuvieron diferencias significativas para los parámetros de nudos, inflorescencias fértiles, frutos fértiles por inflorescencia y caída de fruto.

En cuanto a los parámetros de yemas iniciadas (%) y de nº de frutos por yema, sí se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Para ambos parámetros T1 obtuvo mayor porcentaje de yemas brotadas y mayor número de frutos por yema.

En la tablas 4.4.1.1 se muestran los valores obtenidos para floración y cuajado en 2014. Tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos, excepto para el número de nudos por brote marcado. T4 obtuvo el mayor número de nudos.

Cabe resaltar que la campaña 2013 se caracterizó por ser la de mayor producción de la historia en España (1.800.000 t, según el Consejo Oleícola Internacional), esto, sumado a la vecería del olivo, que afecta en mayor o menor grado, explica la bajada de floración y cuajado de la campaña 2014 respeto a la de 2013.

En la tabla 4.4.1.3 se muestran los resultados en cuanto al número de aceitunas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de riego.

En estudios previos llevados a cabo en la misma parcela durante los años 2011 y 2012, no se encontraron diferencias en la floración y el cuajado.

Debido a la gran variabilidad de factores que influyen en la floración y en la inducción floral, no se puede establecer una relación entre estas diferencias y la aplicación de riego deficitario controlado durante la fase de síntesis de aceite.

Tabla 4.4.1.1_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Las Cañas" en el año 2013. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	Nudos	Yemas iniciadas (%)	Inflorescencias fértiles	Frutos fértiles/ inflorencencia	Caída fruto (%)	Nº frutos/ yema
T1	3,91	80 a	50	1,31	3	0,56 a
T2	5,32	63 b	43	1,08	2	0,43 ab
T3	4,58	66 ab	39	1,35	5	0,38 b
T4	4,42	75 ab	47	1,28	1	0,50 ab

Tabla 4.4.1.2_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Las Cañas" en el año 2014. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	Nudos	Yemas iniciadas (%)	Inflorescencias fértiles	Frutos fértiles/ inflorencencia	Caída fruto (%)	Nº frutos/ yema
T1	8,50 ab	17	38	1,76	47	0,15
T2	5,81 c	41	31	0,77	22	0,22

T3	6,44 bc	39	35	1,10	12	0,23
T4	8,83 a	28	31	1,00	9	0,16

En la tabla 4.4.1.3 se muestra el número de aceitunas en la recolección. El número de aceitunas depende del proceso de inducción floral llevado a cabo en el 2012, la diferenciación 2012-2013, floración y cuajado de la primavera 2013 y de la caída de frutos durante verano y otoño.

En la parcela de "Las Cañas" no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos distintos tratamientos de riego. El número de aceitunas no fue afectado por el estrés hídrico durante el periodo de síntesis de aceite, y no se produjo una caída superior de frutos.

Tabla 4.4.1.3_Número de aceitunas/olivo para los cuatro tratamientos de riego en la parcela de "Las Cañas" en la campaña de 2013.

Tratamiento	Nº aceitunas
1	12483
2	10834
3	11816
4	10011

4.4.2. "CANTARRANAS"

La tabla 4.4.2.1 muestra los datos de floración y cuajado de "Cantarranas" de 2013. No se obtuvieron diferencias significativas en floración ni en el cuajado de los frutos entre las diferentes estrategias seguidas.

En la tabla 4.4.2.2 se muestran los valores obtenidos para floración y cuajado en 2014. Tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

En los estudios previos de floración y cuajado llevados a cabo en la parcela de "Cantarranas", en los que se aplicaron también tres tratamientos de riego deficitarios y uno de control, no se observó tampoco ninguna diferencia estadística.

Tabla 4.4.2.1_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Cantarranas" en el año 2013. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con $p<0.05$.

	Nudos	Yemas iniciadas (%)	Inflorescencias fértiles	Frutos fértiles/ inflorencencia	Caída fruto (%)	Nº frutos/ yema
T1	3,43	72	35	1,54	2	0,41
T2	3,11	77	33	1,04	4	0,37
T3	2,96	83	35	1,55	4	0,51
T4	2,69	81	36	1,87	13	0,46

Tabla 4.4.2.2_Componentes del rendimiento de los distintos tratamientos de riego deficitario en la parcela de "Cantarranas" en el año 2014. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

	Nudos	Yemas iniciadas (%)	Inflorescencias fértiles	Frutos fértiles/ inflorencencia	Caída fruto (%)	Nº frutos/ yema
T1	10,53	48	64	1,41	16	0,58
T2	10,49	34	64	1,15	3	0,34
T3	8,35	43	61	1,53	11	0,45
T4	8,97	38	69	1,93	9	0,51

Aunque no se encontraron diferencias significativas en el número de aceitunas para la parcela de "Cantarranas" (Tabla 4.3.2.1), se observa un mayor número de aceitunas para T4. Esto implica que el estrés hídrico al que fue sometido no produjo una caída de frutos mayor de lo normal un 13% para el año 2013 y un 9% en el 2014.

Tabla 4.4.2.3_Número de aceitunas/olivo para los cuatro tratamientos de riego en la parcela de "Cantarranas" en la campaña de 2013.

Tratamiento	Nº aceitunas
1	12011
2	11097
3	13316
4	15393

Gucci y col., 2007 presentaron los datos del ensayo llevado a cabo en un olivar (6m x 3,8m) de la variedad "Leccino" en Bibbona, Italia. El riego deficitario aplicado durante la fase de síntesis de aceite no afectó a la inducción floral ni a la floración de la campaña siguiente.

La publicación de Ricardo Guzzi corrobora los datos obtenidos en este ensayo. No se observó relación entre las dosis de riego aplicadas y la inducción floral ni la floración, tanto como para la campaña en cuestión ni para la siguiente.

En dos ensayos llevados a cabo en "Cantarranas" (Gómez-del-campo, 2011 y 2012), la floración y el cuajado del fruto fueron evaluados para tres tratamientos deficitarios y uno de control. Los resultados presentados no mostraron que los tratamientos de riego deficitario durante la fase de síntesis de aceite tuvieran efecto en la floración y campaña del año siguiente.

Los resultados de este ensayo mantuvieron la misma línea de los estudios anteriores, y no se observaron diferencias.

Este ensayo tuvo lugar durante la fase de acumulación de aceite. Son pocos los estudios que relacionen la inducción floral, que tiene lugar durante el verano anterior, con las dosis de riego aplicadas, puesto que es un proceso del cual no se tienen datos precisos.

Posteriormente se relacionarán estos datos con una posible aplicación al seguro del olivar.

4.5. RELACIÓN DOSIS DE RIEGO Y PRODUCCIÓN

4.5.1. "LAS CAÑAS"

En la tabla 4.5.1.1 se muestran las dosis de riego aplicadas en cada tratamiento a lo largo de la campaña, la producción de aceituna y la producción de aceite. En cuanto a la producción de aceituna se observa que el único tratamiento que obtuvo una producción significativamente diferente fue T4.

En la ilustración 4.5.1.1 se muestra gráficamente la producción de aceituna de los distintos tratamientos de riego. La producción de aceituna para los tratamientos deficitarios fueron un 10, 12 y 25% menos para T2, T3 y T4 respectivamente, comparados con T1.

Sin embargo en la producción de aceite como se ha visto anteriormente (Tabla 4.4.1.2), todos los tratamientos fueron significativamente diferentes excepto T3, que obtuvo una producción de aceite intermedia entre T2 y T3. En la ilustración 4.5.1.2 se aprecia la relación entre la dosis aplicada y la producción de aceite. Las reducciones fueron del 5, 7 y del 17% para T2, T3 y T4 respectivamente. Teniendo en cuenta que el ahorro de agua fue del 30, 60 y 90% para T2, T3 y T4, parece más que razonable la aplicación de estrategias de riego durante la fase de síntesis de aceite.

La eficiencia, que fue obtenida como la relación entre la producción de aceite y los mm de riego aplicados expresada en kg de aceite por L de agua aplicado. Fue creciendo según disminuían los aportes de agua.

Tabla 4.5.1.1_Dosis de riego de los diferentes tratamientos de riego durante toda la campaña y producciones de aceituna y aceite en la parcela de "Las Cañas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con $p<0.05$.

Tratamiento	Dosis (mm)	Producción aceituna (kg/ha)	Producción de aceite (kg/ha)	Eficiencia uso agua (kg aceite/L)
T1	266,25	15957a	2163a	0,81
T2	225,75	14553a	2042b	0,90
T3	185,25	14187a	2014bc	1,08
T4	153,75	11795b	1820c	1,18

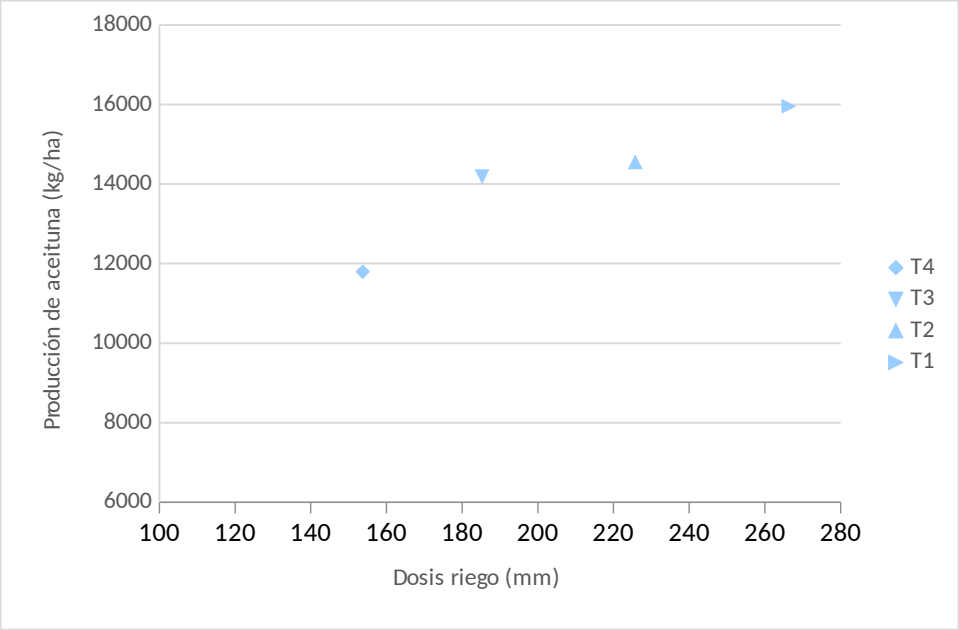


Ilustración 4.5.1.1_ Relación entre la producción de aceituna y el riego aportado durante toda la campaña 2013 en "Las Cañas".

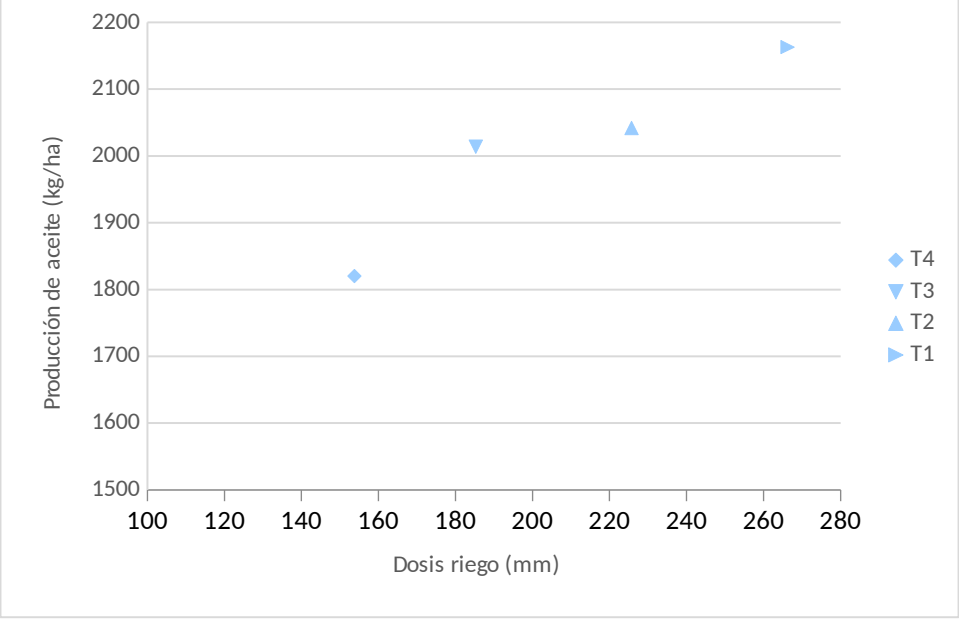


Ilustración 4.5.1.2_ Relación entre la producción de aceite y el riego aportado durante toda la campaña 2013 en "Las Cañas".

4.5.2. "CANTARRANAS"

La tabla 4.5.2.1 muestra las dosis de riego en mm aplicadas en la parcela de "Cantarranas" durante toda la campaña, desde el primer riego aplicado en la finca hasta recolección. En dicha tabla se observa como la producción de aceitunas por hectárea sólo fue

significativamente diferente para T4, al igual que ocurrió en "Las Cañas". El descenso en la producción fue del 27, 34 y 36% para T2, T3 y T4 respectivamente. En la ilustración 61 se observa gráficamente la producción de aceituna relacionada con las dosis de riego aplicadas, que fueron iguales para ambas parcelas.

La tabla 4.5.2.1 muestra también cómo, de forma similar a "Las Cañas", se produce una separación entre los tratamientos de RDC, pero con una media productiva menor.

En la ilustración 4.5.2.2 se observa la relación entre la dosis de riego aplicadas a los diferentes tratamientos con la producción de aceite. La reducción en la producción de aceite para los tratamientos deficitarios fue 24, 32 y del 42% para T2, T3 y T4 respectivamente.

La mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua la presentó T1, se observó que los tratamientos con menor dosis de agua tuvieron una eficiencia más baja.

Tabla 4.5.2.1_Dosis de riego de los diferentes tratamientos de riego durante toda la campaña y producciones de aceituna y aceite en la parcela de "Cantarranas". Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con p<0.05.

Tratamiento	Dosis (mm)	Producción aceituna (kg/ha)	Producción de aceite (kg/ha)	Eficiencia uso agua (g aceite/L)
T1	285	13867,90a	2275,99a	0,8
T2	246	10177,19a	1729,47b	0,70
T3	236,25	9175,64a	1551,86c	0,66
T4	197,25	9078,10b	1319,46c	0,67

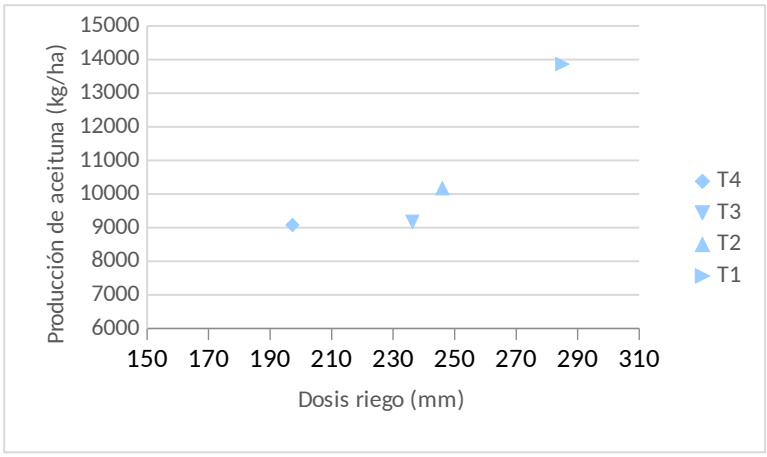


Ilustración 4.5.2.1_ Relación entre la producción de aceituna y el riego aportado durante toda la campaña 2013 en "Cantarranas".

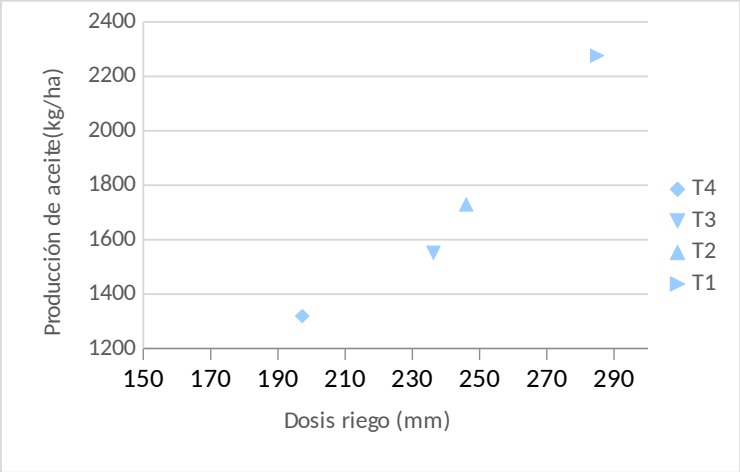


Ilustración 4.5.2.2_ Relación entre la producción de aceite y el riego aportado durante toda la campaña 2013 en "Cantarranas".

Es difícil definir la relación existente entre la dosis de riego aplicada y la producción. Una mayor disponibilidad de agua, hace que el desarrollo vegetativo del árbol aumente, aumentando el volumen de copa, y con ello la intercepción de radiación por parte de las hojas. Se consigue también un mayor sombreamiento del tronco del olivo.

En un ensayo comentado anteriormente, Pastor y col. (1999) presentaron los resultados de un ensayo de riego deficitario en un olivar adulto, con una densidad de plantación de 80 olivos/ha. T1 se regó a capacidad de campo calculando la evapotranspiración (3.200 m^3/ha), el segundo tuvo un aporte de agua de 2000 m^3/ha (62,5%T1) y el tercero 1500 m^3/ha (47%), comparadas con un testigo en secano. El riego incrementó la producción de aceite. El incremento de producción de los tratamientos regados se relacionó con el mayor volumen de copa de los olivos.

En un ensayo de Goldhamer 1999, llevado a cabo en California, EEUU, en un olivar adulto con un marco de plantación de 9,1m x 4,6m de la variedad Manzanilla. RDC-3 tuvo un aporte de agua del 40% de T1. La producción de aceite fue un 11% menor para este tratamiento, sin embargo no se encontraron diferencias para el resto de los tratamientos.

En este ensayo concuerda con los resultados obtenidos en la parcela de "Las Cañas". T3 tuvo un aporte de agua del 40% de la dosis aportada al tratamiento de control, y obtuvo una producción de aceite un 12% menor.

Esta no es la única ventaja práctica de la aplicación de estrategias de riego deficitario en olivo. Es cierto que un mayor tamaño de fruto facilita su derribo a la hora de la cosecha, pero sin embargo un mayor contenido en humedad hace que, por un lado, se incrementen los costes de la cosecha, y por otro, que la extracción del aceite sea más compleja y difícil. No obstante, no podemos olvidar que la relación entre ambos viene marcada por el periodo fenológico en la que se aplican estrategias de RDC.

En la parcela de "Las Cañas", T2 y T4 sí mostraron una eficiencia en el uso de agua mayor, por lo que a priori parecen estrategias de riego aconsejables.

Fichet y col. (2006), sometieron a un olivar de 6 años de edad de la variedad Leccino a riego deficitario controlado (RDC). Para ello restringieron el riego en las etapas finales de desarrollo del cultivo (pinta a maduración) que correspondió a los meses de marzo a mediados de abril (hemisferio sur), aplicando la mitad de agua aplicada, para lo cual alteraron la frecuencia de riego o el tiempo de riego respecto del testigo. Los resultados obtenidos señalan que las olivas sometidas a RDC, presentaron un 8% menos de humedad (50 v/s 58%) que las olivas obtenidas de árboles regados normalmente. Esta reducción en el contenido de humedad facilita el proceso de extracción de aceite y aumenta producción final por ha, a pesar que se obtienen frutos de menor tamaño, pero de mejor calidad.

En contraposición, si la estrategia de riego no es la adecuada pueden producirse efectos negativos. Puede darse el caso de un crecimiento vegetativo excesivo que dificulte la aireación, posibles desequilibrios entre parte aérea y el resto de la planta, y la disminución de la parte del suelo explorada por las raíces, si el riego se localiza superficialmente.

En el artículo de Gucci (2009), llevó a cabo un ensayo de riego deficitario controlado sobre la variedad "Leccino". Observó que una reducción de la dosis de riego del 50% de ETc, es sostenible para la producción de aceite, y promueve una mejor eficiencia en el uso del agua.

Esto coincide con los resultados de "Las Cañas", donde la mayor eficiencia la presentaban los tratamientos deficitarios.

4.6. RELACIÓN POTENCIAL HÍDRICO DE TALLO Y PRODUCCIÓN

En la ilustración 4.6.1 se muestra la relación entre el potencial hídrico de tallo medio de las dos parcelas y de los cuatro tratamientos de riego aplicados, con la producción de aceite.

En la ilustración 4.6.2 se muestra la relación entre el potencial hídrico de tallo medio de las dos parcelas y de los cuatro tratamientos de riego aplicados, con las producción de aceituna.

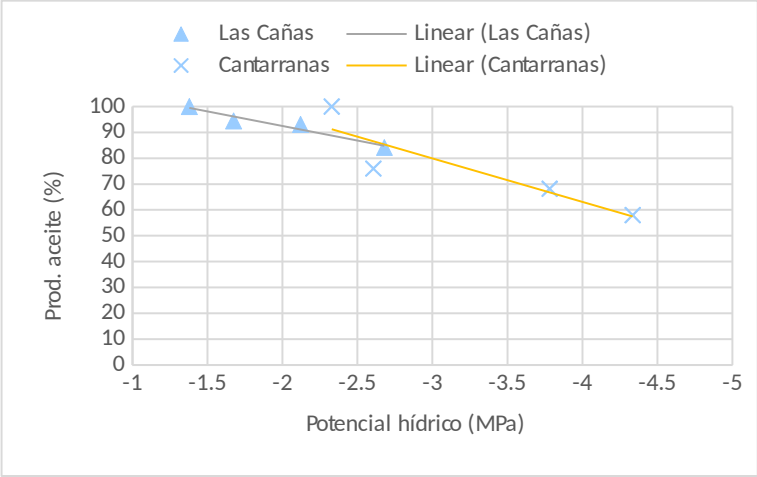


Ilustración 4.6.1_Relación entre la producción de aceite y el potencial hídrico de tallo para "Las Cañas" y "Cantarranas". Se establecieron los tratamientos de control (T1), como el 100% de producción.

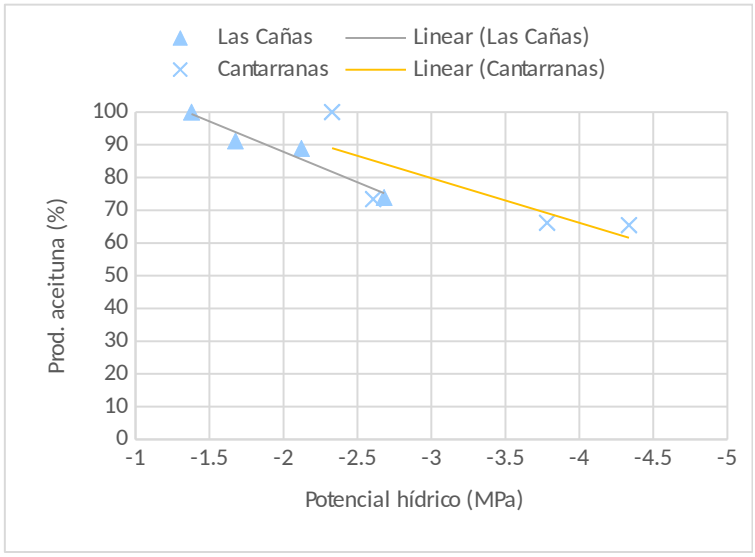


Ilustración 4.6.2_ Relación entre la producción de aceituna y el potencial hídrico de tallo para "Las Cañas" y "Cantarranas". Se establecieron los tratamientos de control (T1), como el 100% de producción.

Parece clara la relación que existe entre la producción y el estado hídrico de los árboles. Esta relación es importante, pues con una toma de datos relativamente sencilla se puede conocer el estrés hídrico en el que se encuentran los olivos, y en base estos datos aplicar el riego.

Establecer un umbral de potencial hídrico de tallo por debajo del cual se observe una reducción en la producción se antoja crucial en este trabajo de fin de carrera.

En la figura 4.6.1 se muestra la relación entre la producción de aceite de las dos parcelas y el potencial hídrico de tallo. A la vista de los resultados obtenidos en este ensayo, el umbral de potencial hídrico por debajo del cual la producción de aceite se ve reducida es de -2,5 MPa.

En el caso de la producción de aceituna este umbral se encuentra en -2 MPa (Ilustración 4.6.2). Los árboles que soportaron un estrés por debajo de -2 MPa, experimentaron una reducción en la producción de aceituna.

Moriana (2007), publicó los resultados de un ensayo de riego deficitario controlado. Tras el análisis de los datos se obtuvo un valor umbral de -2 MPa, por encima del cual el árbol no mostraba reducciones en la producción.

Coincide exactamente con el umbral que se obtuvo en este ensayo por debajo del cual se observa una reducción en la producción de aceituna, que se encontraba en -2 MPa.

El alumno Antonio Hueso Álvarez, en un ensayo llevado a cabo en "Cantarranas" en 2012 con los mismos tratamientos de riego, y tutorado por María Gómez del Campo, observó que dicho umbral mencionado anteriormente para producción de aceite se encontraba en -2,6 MPa.

En muy similar al obtenido y comentado umbral de -2,5 MPa. Un potencial hídrico menor provoca una reducción en la producción de aceite.

4.7. EXTRACCIÓN DEL ACEITE

Con el proceso de extracción de aceite se cuantificó el porcentaje de aceite extraído respecto del total, y la calidad de aceite. Se evaluaron las características del aceite en las muestras de la parcela de "Cantarranas".

4.7.1. EXTRACTABILIDAD

No hubo diferencias significativas en la extractabilidad del aceite para los diferentes tratamientos de riego aplicados (Tabla 4.7.1.1). Aunque fue mayor para T3 con un 55%, seguido de T2 con un 54,1%. Esto es debido al mayor contenido en humedad de los frutos del tratamiento de control.

En un ensayo llevado a cabo por Joan y col. en 2008. relacionaron la extractabilidad con el índice de madurez. Los resultados sugieren la importancia de combinar el índice de madurez con la acumulación de aceite en el fruto, así como seguir el contenido de humedad en el fruto adecuado, variable relacionada inversamente con la eficacia del proceso de extracción de aceite.

Tabla 4.7.1.1_Extractabilidad del aceite de los tratamientos de riego aplicados durante la fase de síntesis de aceite.

Tratamiento	Extractabilidad (%)
1	49
2	54.1
3	55
4	39.4

4.7.2. CALIDAD DEL ACEITE

En lo referente al perfil de ácidos grasos se muestran los más importantes en la tabla 4.7.2.1. No hubo diferencias significativas en cuanto al porcentaje de ácido palmítico de los aceites. Pero se encontró una relación inversa entre el ácido oleico y el linoleico. T1 y T2 tuvieron mayor contenido en ácido oleico que el resto de tratamientos, sin embargo en la composición de ácido linoleico sucedió a la inversa, T4 y T3 tuvieron un mayor contenido en esta ácido graso. El contenido en ácido palmítico fue similar y sin diferencias significativas para las cuatro estrategias de riego.

Monteleone y col. publicaron en 2013 los datos de un ensayo de riego deficitario controlado llevado a cabo en olivo. . Los datos de rendimiento graso (lipogénesis) expuestos mostraron que no hay diferencias estadísticas entre un riego deficitario que cubre 50% de la ETc y el tratamiento control.

Tabla 4.7.2.1_Porcentaje ácidos grasos de los aceites extraídos de los tratamientos de riego deficitario aplicados en "Cantarranas" durante la fase de síntesis de aceite. Valores medios con distinta letra indican diferencias significativas con $p<0.05$.

Tratamiento	Palmítico (%)	Oleico (%)	Linoleico (%)
1	13,86	72,15a	7,63b
2	13,56	72,78a	7,04c
3	13,74	70,13 b	8,97a
4	13,63	68,69c	9,29a

El ácido oleico es conocido por sus efectos beneficiosos sobre la salud cardiovascular y hepática. Aumenta el llamado colesterol bueno (HDL) y reduce el colesterol malo (LDL) en sangre, por lo que ejerce una acción beneficiosa sobre el sistema vascular y el corazón, reduciendo así, el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Herbalia.com).

Adicionalmente, el ácido oleico proporciona al aceite de oliva la cualidad de poder alcanzar temperaturas más altas que otros aceites de semillas. El poder alcanzar mayor temperatura permita que el aceite de oliva sea más indicado para cocinar, aparte de por su sabor.

En la ilustración 4.7.2.1, podemos apreciar las diferentes tonalidades de los aceites extraídos de las aceitunas de las cuatro estrategias de riego llevadas a cabo. Se aprecia como T1 muestra un tono de aceite más maduro. Esto se contradice con los datos de índice de madurez recogidos durante todo el desarrollo del fruto. Esto es debido a que, aunque las aceitunas de tratamientos deficitarios tengan un índice de madurez más alto en el momento de la recolección, la pulpa de las aceitunas no había madurado, obteniéndose aceites más "verdes". En lo que a los tratamientos deficitarios respecta, se observa la ordenación de colores, del verde amarillento de T2 al verde intenso de T4.

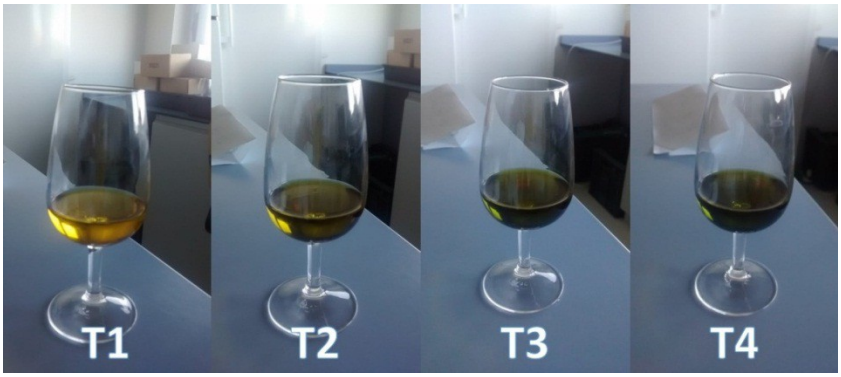


Ilustración 4.7.2.1_Aceites de los distintos tratamientos de riego deficitario aplicados en "Cantarranas" durante la fase de síntesis de aceite.

4.8. APLICACIÓN AL SEGURO DEL OLIVAR

4.8.1. DESCRIPCIÓN DEL SEGURO DEL OLIVAR

Los datos obtenidos en este trabajo de fin de grado pueden resultar útiles en las definiciones del seguro del olivo.

El seguro con coberturas crecientes para explotaciones olivareras comprendido en el Plan 2014 de Seguros Agrarios Combinados dispone de tres módulos que dan cobertura a las producciones de aceituna. Son el módulo 1 y el módulo 2 los que aseguran producción ante sequía y por lo tanto los que se describen a continuación:

- Módulo 1: Se cubren los daños ocasionados en el conjunto de parcelas que componen la explotación, por los riesgos de pedrisco, riesgos excepcionales (inundación y lluvia torrencial, lluvia persistente, viento huracanado, fauna silvestre e incendio) y resto de adversidades climáticas, incluida la sequía. La contratación de este módulo comienza el 1 de octubre y finalizó el 15 de diciembre de 2014.

- Módulo 2: Los riesgos quedan cubiertos a nivel de parcela, a excepción del resto de adversidades climáticas. Se cubren los daños ocasionados en cada parcela por los riesgos de pedrisco y riesgos excepcionales (fauna silvestre, incendio, inundación – lluvia torrencial, lluvia persistente, y viento huracanado). La contratación de este módulo comienza el 1 de octubre y finalizó el 15 de diciembre de 2014.

En los módulos 1 y 2, los riesgos cubiertos por explotación, se cubren para el conjunto de la explotación a través de un rendimiento individualizado asignado por el MAGRAMA a cada productor, garantizándose el 70%, 60% ó 50% del rendimiento asegurado. Se puede solicitar la asignación de un rendimiento individualizado, así como su revisión. También disponen de un seguro complementario.

En todos los módulos queda garantizada la plantación.

Los rendimientos de plantaciones intensivas en regadío pueden asegurarse hasta 10.000 kg/ha en plena producción en Andalucía y Extremadura y 9.000 kg/ha en el resto de zonas. Las plantaciones nuevas en sus primeros años y las plantaciones con podas muy fuertes o fuertes tienen limitado el rendimiento asegurable hasta su recuperación.

Se puede solicitar una revisión del rendimiento a Agroseguro antes del 15 de octubre. Se estudia por Agroseguro la información disponible hasta la última campaña y se complementa en la mayoría de los casos con visitas a campo. Agroseguro elabora un informe y ENESA resuelve antes del 30 de noviembre.

El sector oleícola está sometido a grandes oscilaciones en las producciones anuales por hectárea. Como consecuencia, tiene un alto potencial de seguro, para compensar las fluctuaciones debidas a la vecería y así poder estabilizar los ingresos de la explotación (Gómez del campo y Barranco, 2009). Sin embargo, el olivar tiene un porcentaje de aseguramiento bajo debido principalmente al desconocimiento del productor, al precio, a desacuerdos en los rendimientos, las subvenciones que recibe el olivar y a la priorización de otros costes por parte de los productores.

La rentabilidad del seguro, y por tanto, su precio, se enfrenta a una serie de problemas como son la inclusión de nuevas plantaciones en el seguro, el periodo de contratación y las franquicias.

Además el seguro del olivar sólo contempla el aseguramiento de la producción de aceituna, por lo que no se tiene en cuenta que al agricultor de aceituna de almazara obtiene sus ingresos según la producción de aceite.

4.8.2. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DURANTE EL OTOÑO EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAMPAÑA SIGUIENTE

La inducción floral tiene lugar en la campaña anterior entre el mes de julio y octubre (Morettini 1950; Rallo y Cuevas, 2004). Sin embargo, algunos artículos señalan que la fase de la inducción floral continúa durante el otoño (Fabbri A. y Benelli C., 2000).

Según algunos autores, parece ser que hay un periodo (desde octubre hasta febrero) de reversibilidad del proceso, en el que yemas inducidas a flor pueden revertir a vegetativas si no pasan suficiente frío o les faltan azúcares o sustancias elaboradas por las hojas (Tombesi, 1998).

La diferenciación de las estructuras florales se inicia en febrero, coincidiendo con el proceso de brotación. Aunque en algunos casos se aprecia mayor tamaño de las yemas de flor ya en noviembre (Pinney y Polito, 1990), los cambios morfológicos asociados con la diferenciación floral se distinguen visualmente a partir de finales de febrero. La formación de las flores se va completando desde mediados de febrero hasta plena floración.

Por lo tanto es de prever que las condiciones climatológicas que se den durante este periodo, y particularmente la cuantía de las precipitaciones de otoño, pueden influir en la inducción y diferenciación floral, y en la reversibilidad de las yemas de flor hacia yemas de madera.

Para conocer la respuesta del olivar a la disponibilidad de agua en otoño, se puede estudiar la relación entre producción y las lluvias del otoño anterior. Sin embargo, su relación se hace complicada debido a la influencia de otros factores como son las características del suelo. El impacto de las lluvias caídas sobre aquellos suelos con mayor capacidad de retención de agua, aumenta su disponibilidad para la planta, y en muchas ocasiones aumenta también la disponibilidad de ciertos nutrientes, dependiendo del tipo de suelo.

Por otro lado, un otoño lluvioso implica un retraso en la recolección, principalmente si la producción es abundante, produciendo descarga en la campaña siguiente, siendo ésta normalmente de menor producción.

Sin embargo en un ensayo, las condiciones de suelo, nutricionales o carga de frutos son fijas y, aplicando distintas dosis de riego, se puede estudiar de forma independiente el efecto de la disponibilidad de agua en la producción de la campaña siguiente.

4.8.3. RESULTADOS APLICABLES AL SEGURO DEL OLIVAR

Los resultados de este trabajo de investigación pueden ser útiles en la definición del seguro del olivo por la posibilidad de modificar la disponibilidad de agua durante la fase de síntesis de aceite y evaluar su efecto en la campaña 2013 y 2014. Se obtuvieron valores de potencial hídrico de -6.0 MPa, por lo que los árboles sufrieron una deshidratación marcada.

Los resultados de los componentes del rendimiento analizados en este ensayo en campaña 2013 y la campaña 2014, en la parcela de "Las Cañas" (Tablas 4.4.1.1 y 4.4.1.2), y en la parcela de "Cantarranas" (Tabla 4.4.2.1 y 4.4.2.2); muestran que la disponibilidad de agua durante el periodo de síntesis de aceite no tiene efecto sobre la inducción floral ni a la diferenciación, pues no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Se observaron diferencias entre la parcela de "Las Cañas" y la parcela de "Cantarranas" en el año del ensayo y en el siguiente, pero no se pudo encontrar una relación con la disponibilidad de agua.

Como se observa en las tablas 4.4.1.3 y 4.4.2.3, un estrés hídrico acusado no modificó el número de aceitunas, ya que la iniciación floral no se vio afectada, ni se observó una caída de frutos mayor en los tratamientos más estresados. Por lo tanto en esta variedad de recolección temprana, no se observa que la falta de agua antes de recolección (finales de octubre) afecte a la producción de la campaña siguiente. No obstante las condiciones climatológicas posteriores sí pueden tener efecto en la producción, pero su impacto se desconoce.

En la última campaña, la contratación del seguro se inició el 15 de octubre y finalizó el 15 de diciembre. En este trabajo se observó que la disponibilidad de agua hasta principios de noviembre no afecta a la producción de la campaña siguiente. Sin embargo, a mediados de diciembre el agricultor tiene una estimación de la producción de esa campaña y la fecha en la que finalizará la recolección. Dado el carácter vecero de la especie, puede prever la producción de la campaña siguiente. De forma que una campaña en la que se junte varias condiciones como una producción elevada y un retraso en la recolección por las condiciones meteorológicas, se podrá prever que la producción de la campaña siguiente sea reducida.

Otro aspecto estudiado en este trabajo y cuyos resultados pueden ser de utilidad para el seguro es la diferente sensibilidad al estrés hídrico de la producción de aceituna y de aceite y su respuesta a lluvias antes de recolección en la tabla 4.3.1.1 y 4.3.2.1 se observa la producción de aceituna para la parcela de "Las Cañas" y de "Cantarranas" respectivamente, y el las tablas 4.3.1.2 y 4.3.2.2 las de aceite. En ellas se observa como la producción de aceituna fue estadísticamente similar en T1, T2 y T3 para ambas parcelas, sin embargo la producción de aceite fue diferente. Esto ocurrió debido a que la producción de aceituna es más sensible a la disponibilidad de agua (véase relación potencial hídrico de tallo y producción), finalmente las lluvias caídas en otoño hicieron que el fruto acumulara esta agua, pero no ocurre lo mismo para la producción de aceite.

Actualmente, el seguro del olivar solo contempla el seguro de la producción de aceituna. En este trabajo se pone en evidencia que lluvias antes de recolección hacen que la producción de aceituna no se diferencie entre tratamientos con distinta disponibilidad de agua durante todo el periodo de síntesis, sin embargo, el contenido en aceite no responde tan rápidamente al incremento en hidratación del arbol. Los ingresos del agricultor de almazara dependen de la producción de aceite, por lo que se debería evaluar la posibilidad de asegurar la producción de aceite.

5. CONCLUSIONES

A pesar de las lluvias caídas en otoño, que igualaron los tratamientos al final del periodo de aplicación de RDC, se produjo una separación entre la media de los valores medidos de potencial hídrico de tallo de las distintas estrategias durante la fase de síntesis de aceite, tanto en "Las Cañas" como en "Cantarranas".

La aplicación de un estrés hídrico continuado durante la fase de síntesis de aceite provocó que se alcanzaran valores de potencial hídrico bajos. En "Cantarranas" se midieron valores de hasta -6 MPa para T4, esto da una idea del estrés hídrico al que se sometieron los árboles.

Pese a que las condiciones atmosféricas fueron las mismas en ambas parcelas, los olivos de la parcela de "Cantarranas" mostraron un potencial hídrico de tallo menor que las plantas analizadas en "Las Cañas", en los tratamientos en los que las dosis de riego aplicadas fueron similares. Esto se explica porque el suelo de "Las Cañas" es más profundo y tiene una capacidad de retención de agua mayor que el suelo de "Cantarranas". Esta situación hizo que las lluvias caídas en octubre fueran retenidas en mayor cantidad en "Las Cañas", y como consecuencia que mostraran un estrés hídrico menor.

En "Las Cañas", las características de la aceituna no fueron significativamente diferentes en tamaño y contenido en aceite entre los diferentes tratamientos, por lo que no se encontró una relación con las dosis de riego aplicadas. Sin embargo en "Cantarranas" se obtuvo una respuesta lineal positiva entre el peso fresco, peso seco, rendimiento graso seco y aceite/aceituna, y la aplicación de dosis de riego, donde las aceitunas de los tratamientos con mayor aporte de agua, acumularon más aceite por aceituna.

Los tratamientos más estresados mostraron un adelanto en el pintado de la aceituna e índices de madurez superiores en recolección. Sin embargo el pintado de la aceituna se debió al estrés hídrico causado, y no a la maduración de la aceituna, ya que contenían menos aceite. Se concluye que el pintado de la aceituna se adelanta debido al estrés hídrico, pero esto no implica que la pulpa haya madurado.

En lo que a producción de aceituna se refiere, ambas parcelas siguieron la misma tendencia. La producción de aceituna de T4 fue significativamente menor que el resto de los tratamientos, cuyas producciones fueros estadísticamente similares. Si bien es cierto que los tratamientos de riego aplicados en "Cantarranas" obtuvieron una producción menor que en la parcela de "Las Cañas". Este factor se explica por la estructura del suelo de "Las Cañas" comentada anteriormente.

Se observó cómo la producción de aceite respondió linealmente a la aplicación de dosis de riego mayores, con mayores producciones durante el periodo de síntesis de aceite. Esta respuesta lineal se explica debido a que dicho periodo es sensible al estrés hídrico. Una reducción en la dosis de riego de 40 mm provoca una reducción de 300 kg aceite/ha.

Una reducción de la dosis de riego de hasta el 60%, no produjo una reducción en la producción de aceituna, debido no obstante a la mayor sensibilidad a la disponibilidad de agua de la producción de aceituna y a las lluvias que acontecieron en la fase final del ensayo. Sin embargo

sí que provoca una reducción en la producción de aceite. No obstante una reducción de la dosis de riego de 40mm, produjo una reducción media de la producción de aceite del 15%.

Las diferentes disponibilidades de agua no provocaron diferencias significativas en la extractabilidad.

Una reducción de la disponibilidad de agua provocó un descenso en el contenido de ácido oleico y aumentó en contenido en ácido linoleico.

Analizada la relación entre el potencial hídrico y la producción de ambas parcelas se llegó a la conclusión de que un estrés hídrico continuado igual o superior a-2 MPa durante la fase de síntesis de aceite, no produce un descenso en la producción de aceituna.

La sensibilidad de la producción de aceite fue diferente. Un estrés hídrico continuado igual o superior a -2,5 MPa, no produce un descenso en la producción de aceite. Por lo tanto un manejo adecuado del cultivo regando cuando ψ_t>2,5 MPa, puede reducir el consumo de agua sin reducir la producción de aceite.

Esto muestra como la producción de aceituna es más sensible al estrés hídrico, pues encontramos un umbral mayor de potencial hídrico de tallo por debajo del cual se ve afectada la producción.

No se obtuvo una respuesta clara sobre el efecto del estrés hídrico en el periodo de síntesis de aceite en la floración y el cuajado de los frutos de la campaña siguiente.

El estrés hídrico durante la fase de síntesis de aceite hasta noviembre, provocado por una aplicación reducida de agua o por la falta de lluvias, no afectó a la floración ni el cuajado de la campaña siguiente. Por tanto, hasta principios de noviembre no es posible prever la producción de la campaña siguiente. La fecha de contratación del seguro de la campaña pasada finalizó el 15 de diciembre. Para esa fecha otros accidentes meteorológicos o de manejo de la explotación pueden determinar la producción de la campaña siguiente, como el frio que puede dañar las yemas. Otras cuestiones permiten al productor estimar la producción de la siguiente campaña, como la carga frutal que lleven los árboles, ya que una alta producción provoca un retraso en la recolección y, dado el carácter vecero de la especie, una menor producción la campaña siguiente. A mediados de diciembre el agricultor puede estimar la fecha en la que finalizará la recolección y prevé el impacto que tendrá en la producción de la campaña siguiente. En base a esto el productor puede analizar la rentabilidad de la contratación del seguro la campaña próxima.

Actualmente, el seguro del olivar solo contempla el seguro de la producción de aceituna. En este trabajo se pone en evidencia que lluvias antes de recolección hacen que la producción de aceituna no se diferencie entre tratamientos con distinta disponibilidad de agua durante todo el periodo de síntesis, sin embargo, el contenido en aceite no responde tan rápidamente al incremento en hidratación del arbol. Los ingresos del agricultor de almazara dependen de la producción de aceite, por lo que se debería evaluar la posibilidad de asegurar la producción de aceite.

Los datos presentados corresponden al año 2013 y 2014. Con los datos de una campaña y media, no se pueden asumir estos resultados como definitivos. Es necesario continuar el ensayo durante más años.

BIBLIOGRAFÍA

Alegre, S; Marsal, J; Mata, M; Arbonés, A; Girona, J; Tovar, M. J., 2001. Regulated déficit irrigation in olive trees (Olea europaea, L. cv "Arbequina") for oil production. Proceedings of the Fourth International Symposium on Olive Growing. Bari (Italy), 2000. Acta Horticulture.

Al-Shdiefat, S.M., Qrunfleh, M.M., 2008. Alternate bearing of the olive (Olea europaea L.) as related to endogenous hormonal content. Jordan J. Agric. Sci. 4, 12–24.

Barranco, D; Fernández-Escobar, R; Rallo, L., 2008. El cultivo del olivo. Madrid. Mundi-Prensa.

Baktir, I., Ulger, S., Kaynak, L., Himelreck, D.G., 2004. Relationship of seasonal changes in endogenous plant hormones and alternate bearing of olive trees. HortSci. 39, 987–990.

Beede, R. H; Goldhamer, D., 1994. Olive irrigation management. En: Olive production Manual. L. Ferguson, G. S. Sibbett, G. C. Martin. ED. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Publ. 3353. 61-68.

Benlloch, M; Marín, L; Fernández- Escobar, R., 1994. Salt tolerante of various olive varieties. Acta Horticulturea, 356: 215- 217.

Berenguer, M. J; Vossen, P. M; Grattan, S. R ; Connell, J. H ; Polito, V. S. 2006., Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. Horticultural Science 41: 427- 432.

Berenguer, M. J; Faci, J. M ; Gracia, M. S ; Espada, J.L., 2001. Calidad del aceite de oliva cv. Arbequina bajo un suministro variable de riego en Aragón. Actas XIX Congreso Nacional de Riegos. Zaragoza 61- 63.

Beltran, G; Uceda, M; Hermoso, M; Frías, L,. 2008. Maduración. En: El cultivo del olivo, 6ª ed., Barranco, D., Fernández-Escobar, R y Rallo, L (Eds). Ediciones Mundi- Prensa. Madrid

Bongi, G; Palliotti, A., 1994. Olive. En Bruce Shaffer y Peter C. Andersen (Eds.). Hand-book of Environmental Physiology of Fruit Crops. Vol I. Temperate Crops CRC Press Inc. Boca Raton.

Cherbiy-Hoffmann, S.U., Searles, P.S., Hall, A.J., Rousseaux, M.C., 2012. Influence of light environment on yield determinants and components in large olive hedgerow following mechanical pruning in the subtropics of the southern hemisphere. Sci. Hortic. 137, 36–42.

Civantos, L. 2008. En: El cultivo del olivo, capítulo Distribución geográfica del olivar. Ed; d. Barranco, L. Rallo, P. Fdez-Escobar. Mundi prensa. Madrid

Civera, S., 2000. La calidad del agua para la Agricultura. FAO.

Connor, D.J., 2006. Towards optimal designs for hedgerow olive orchards. Aust. J. Agric. Res. 57, 1067-1072.

Connor, D.J., Gómez-del-Campo, M., 2013. Simulation of oil productivity and quality of N–S oriented olive hedgerow orchards in response to structure and interception of radiation. Sci. Hortic. 150, 92–99.

Connor, D.J., Gómez-del-Campo, M., Comas, J., 2012. Yield characteristics of N-S oriented olive hedgerow orchards, cv. Arbequina. Sci. Hortic. 133, 31–36.

Connor, D.J., Gómez-del-Campo, M., Rousseaux, M.C., Searles, P.S., 2014. Structure, management and productivity of hedgerow olive orchards: A review. Sci. Hortic. 169, 71–93.

D'Andria, R., Lavini, A., Morelli, G., Patumi, M., Terenziani, S., Calandrelli, D. and Fragnito, F. 2004. Effects of water regimes on five pickling and double aptitude olive cultivars (Olea europaea L.). J. Hort. Sci. Biotech. 79: 18-25.

Fabbri, A., Benelli, C., 2000. Flower bud induction and differentiation in olive. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 75, 131–141.

Fereres, E; Ruíz, C; Castro, J; Gómez, J.A; Pastor, M (1996). Recuperación del olivo después de una sequía extrema. XIX Congreso Nacional de Riegos. Almería

Fereres, F., 1984. Variability an Adaptative Mechanisms to Water Deficits in Annual and Perennial Crop Plants. Bulletin Societé Botanique de France. Actualités Botaniques, 131: 17-32.

Ferguson, L., Rosa, U.A., Castro-García, S., Lee, S.M., Guinard, J.X., Burns, J., Krueger, W.H., O´Conell, N.V., Glozer, K., 2010. Mechanical harvesting of California table and oil olives. Adv. Hortic. Sci. 24, 53–63.

Fernández, J.E; Moreno, F., 1999. Water use by the olive tree. Journal of Crop Production. Vol 2 N. 2: 101-162.

Fernández, J. E; Moreno, F; Cabrera, F; Arrue, J. L; Martín- Aranda, J., 1991. Drip irrigation, soil charactheristics and the root distribution and root activity of olive trees. Plant and Soil, 133: 239- 251.

Fichet T., González Palacios, Cristián Patricio (2006). Efecto del riego deficitario controlado sobre la productividad de olivos var. arbequina, coratina, frantoio y leccino.Dc.publisher, Universidad de Chile.

Foxall, Lin. "Olive cultivation in ancient Greece". OUP Oxford (20 Sept. 2007).

Freixa, E., Gil, J.M., Tous, J., Hermoso, J.F., 2011. Comparative study of the economic viability of high- and super-high-density olive orchards in Spain. Acta Hortic. 924, 247–254.

García Martos, J.M; Mancha, M., 1992 M; Evaluación de la biosíntesis de lípidos durante la maduración de las variedades de aceituna 'Picual' y 'Gordal'. Grasas y Aceites, 43(5): 277-280.

Girona, J., 2001. Estrategias de riego deficitario controlado en olivo. Mercacei, 27: 222-231.

Goldhamer, D. A., 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. Acta horticulturae 474, Vol (1): 369- 372.

Goldhamer, D. A; Dunai, J; Ferguson, L., 1994. Irrigation requirements of olives trees and reponses to sustained déficit irrigation. Acta Hortculturae, 356: 172-175.

Gómez del Campo, M; Fernández, J. E., 2007. Manejo del riego de olivares en seto a partir de medidas en el suelo y planta. Madrid. Agrícola española S.A.

Gómez del Campo, M., (2011). Summer deficit-irrigation strategies in a hedgerow olive orchard cv. 'Arbequina': effect on fruit characteristics and yield. Irrigation Science.

Gómez-del-Campo, M., 2013a. Summer deficit-irrigation strategies in a hedgerow olive orchard cv. 'Arbequina': effect on fruit characteristics and yield. Irr. Sci. 31, 259–269.

Gómez-del-Campo, M., 2013b. Summer deficit-irrigation strategies in a hedgerow olive orchard cv. 'Arbequina': relationship between soil and tree water status, and growth and yield components. Span. J. Agric. Res. 11, 547–557.

Grattan, S. R; Berenguer, M. J ; Connell, J. H ; Polito, V.S ; Vossen, P. M., 2006. Olive oil production as influence by different quatities of applied water. Agricultural Water Management 85: 133-140.

Gucci, R; Lodolini, E; Rapoport, H.F., 2007. Productivity of olive trees with different water status and crop load. Journal Of Horticultural Science & Biotechonology, 82. 648-656.

Gucci, R., Lodolini, E.M., Rapoport, H.F., 2009. Water deficit-induced changes in mesocarp cellular processes and the relationship between mesocarp and endocarp during olive fruit development. Tree Physiol. 29, 1575–1585.

Joan, J.Ll; Palacios, I.; E. Tomás, (2008). Calidad sensorial del aceite de olive virgin extra elaborado en PI: optimización en precosecha.Revista Phytoma 202, octubre de 2008.

Lavee, S., 1986. C.R.C. Olive. In: Handbook of fruit set and development. Pp 261-274. Monselise, S.P. (Ed), C.R.C. Press, Florida.

Lavee, S., Avidan, N., 1994. Protein content and composition of leaves and shoot bark in relation to alternate bearing of olive trees (Olea europaea L.). Acta Hortic. 356, 143–147.

León, L., de la Rosa, R., Rallo, L., Guerrero, N., Barranco, D., 2007. Influence of spacing on the initial production of hedgerow 'Arbequina' olive orchards. Span. J. Agric. Res. 5, 554–558.

Mateo López, J. M., 2006. Tablas de rangos e interpretaciones analíticas. Madrid. Dpto de Publicaciones de la E.U.I.T.A.

Martínez, J.M., Muñoz, E., Alba, J., Lanzón, A., 1975. Report about the use of the ''Abencor'' analyzer. Grasas y Aceites 26, 379–385.

McCutchan, H., Shackel, K.A., 1992. Stem water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (Prunus domestica L. cv. French). J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117, 607–611.

Monteleone, J. I.; Zuritz, C. A.; Gascón, A. D.; Morabito, J. A. (2013). Efecto del riego y la poda en el contenido de componentes menores y ácidos grasos del aceite de oliva virgen varietal Farga. Grasas y aceites, 64 (4), julio-septiembre, 369-377, 2013, issn: 0017-3495.

Morettini, A., 1972. Olivicoltura. Ramo editorial degli agricoltori. Rome. Italy.

Moreno, F; Fernandez, E; Clothier, B; Green, S., 1996. Transpiration and root water uptake by olives trees. Plant Soil 184: 85-96.

Moriana, A; Fereres, E., 2003. Plant indicators for scheduling irrigation of young oilve trees. Irrigation Science 21: 83-90.

Navarro, C; Parra, J. M., 2008. Plantación en: El Cultivo del Olivo. Barranco, D; Fernández-Escobar, R y Rallo, L. Mundi- Prensa. Madrid. (173- 213).

Novillo, J; Álvarez, J. M., 2006. Apuntes de Edafología y Climatología. Madrid. Dpto de Publicaciones de la E.U.I.T.A.

Rallo, L., (1995). Selección y mejora genética del olivo en España. Olivae 59, 46-53.

Ravetti, L., 2008. Evaluation of new olive mechanical harvesting technologies in Australia. Acta Hortic. 791, 387–392.

Rius, X; Lacarte, J.M., 2010. La revolución del Olivar: El cultivo en seto. Barcelona

Orgaz, F; Fereres, E., 2007. Riego. En: El cultivo del olivo, 6ª ed., Barranco, D.,Fernández-Escobar, R y Rallo, L (Eds). Ediciones Mundi- Prensa. Madrid.

Ortega-Farias, S.; F. Flores, 2009. Effect of three levels of wáter application on oil yield and quality for an olive (cv. Picual) orchard. VI International Symposi-um on Irrigation of Horticultural Crops, iña del Mar (Chile), 2-6 de November.

Pastor, M., 2005. Cultivo del olivo con riego localizado. Madrid. Mundi-Prensa, Junta de Andalucía.

Pastor, M; Castro, J; Mariscal, M. J; Vega, V; Orgaz, F; Federes, E; Hidalgo, J., 1999. Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. Investigación Agraria: Producción Vegetal 14(3): 393- 404.

Pinney K, Polito VS (1990). Olive pollen storage and In vitro germination. In: International Symposium on olive growing. (Eds.) L. Rallo, J.M. Caballero and R. S., Rscaba, ISHS Acta Horticult., 1: 286.

Sellés, G; Ferreyra, R; Sellés, I; Lemus, G., 2006. Effect of different irrigation treatments on the fuit load, fruit load, fruit size and yiel of olive trees cv. Sevillana.

Sibbett, G.S.; Osgood, J., 1994. Site Selection and preparation, Tree Spacing and Design, Planting, and Initial Trainig. In: Olive Production Manual. University of California. Plublication 3.353.

Trapero, A; Blanco, M. A., 2008. Enfermedades. Páginas 495- 550 En El cultivo del olivo. D. Barranco, R. Fernández- Escobar y L. Rallo (Eds). Ediciones Mundi- Prensa. Madrid.

Tognetti, R; Andria, Lavini, A; Morelli, G., 2006. The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of Olea europeae L. (cvs.Frantoio and Leccino).Europ.J Agronomy 25, 356-364.

Tombesi, A., Cartechini, A., 1986. L´effetto dell´ombreggiamento della chioma sulla differenziazione delle gemme a fiore dell´olivo. Riv. Ortoflorofrut. It. 70, 277–285.

Tous, J., Romero, A., Hermoso, J.F., 2010. New trends in olive orchard design for continuous mechanical harvesting. Adv. Hortic. Sci. 24, 43–52.

Tous, J., Romero, A., Hermoso, J.F., Msallem, M., Larbi, A., 2012. Olive orchard design and mechanization: present and future. Acta Hortic. 1057, 231–246.

Ulger, S., Sonmez, S., Karkacier, M., Estoy, N., Akdesir, O., Aksu, M., 2004. Determination of endogenous hormones, sugar and mineral nutrition level during the induction, initiation and differentiation stage and their effects on flower formation in olive. Plant Growth Regul. 42, 89–95.