

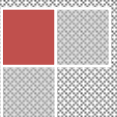
ESTUDIO DEL EMPLEO DE LA VARIEDAD SHIKITITA COMO PATRÓN ENANIZANTE EN UNA PLANTACIÓN SUPERINTENSIVA DE ‘MANZANILLA DE SEVILLA’

TFM INGENIERÍA AGRONÓMICA



TUTORES: Mireia Corell González AUTOR: Francisco Javier Clavero Criado

Alfonso Moriana Elvira Fecha de entrega: 05/09/2017





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**
UNIVERSIDAD DE SEVILLA



**ESTUDIO DEL EMPLEO DE LA VARIEDAD
SHIKITITA COMO PATRÓN ENANIZANTE EN UNA
PLANTACIÓN SUPERINTENSIVA DE
'MANZANILLA DE SEVILLA'**
TFM INGENIERÍA AGRONÓMICA

Vº.Bº. TUTORES

Mireia Corell González

Alfonso Moriana Elvira

AUTOR:

Francisco Javier Clavero Criado

Fecha de entrega: 05/09/2017



Llegado este punto, el presente trabajo me gustaría bríndaselo en primer lugar a mi familia;

A mi padre, Paco, por dejarme disfrutar de esta bonita, pero a la vez dura forma de vida, que es, el amor al campo.

A mi madre, Asu, por ser esa persona luchadora incondicional en la que obtengo un valioso apoyo cuando me propongo una meta.

A mi hermana, Asun, por ser el motor que me empuja a aspirar a más.

Agradecer a Alfonso Moriana, Mireia Corell y M^a José Martín-Palomo por acordarse de mi persona y presentarme este bonito trabajo, en el que he aprendido, y más como profesional, en un tema de actualidad. A Ignacio Giron, por ayudarme en todo lo que he necesitado, aportando su toque de humor diario en el trabajo.

A todos los profesores que han pasado por la pizarra de la primera promoción del Máster de Agronomía de la Universidad de Sevilla, por aportar conocimientos, pero aún más por ser compañeros de gremio, pues entre todos aportábamos nuestro granito de arena.

Y no podía olvidarme de ellos, ese grupo masculino de compañeros y AMIGOS que me llevo de la primera Promoción del Máster de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla, en el que la diferencia de edad era algo secundario, por tenerlos en todo momento y transmitir vivencias magistrales en sus especialidades.



INDICE GENERAL

1. RESUMEN.	15
2. INTRODUCCIÓN	18
2.1. ORIGEN Y PRECEDENCIA DEL OLIVO.....	19
2.2. PRESENCIA DEL OLIVAR EN EL MUNDO.	19
2.2.1. EL CULTIVO DEL OLIVAR EN ESPAÑA.	20
2.3. SITUACIÓN DE LA ACEITUNA DE MESA.	21
2.4. PLANTACIONES SUPERINTENSIVAS.....	23
2.5. LA VARIEDAD MANZANILLA DE SEVILLA Y SU RECOLECCIÓN.....	24
2.6. LA VARIEDAD SHIKITITA.	25
2.7. PATRONES ENANIZANTES.	26
3. OBJETIVOS.	30
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	34
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA FINCA “LA HAMPA”.....	35
4.1.1. SITUACIÓN	35
4.1.2. MEDIDAS METEOROLÓGICAS.....	36
4.1.3. EL CLIMA.	37
4.1.4. SUELO.....	38
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA, DISEÑO EXPERIMENTAL Y PROTOCOLO DE RIEGO.....	39
4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA.....	39
4.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.	40
4.2.3. RIEGO.	41
4.3. MEDIDAS EN CAMPO.....	43
4.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RAMOS.	43
4.3.2. CALIBRE DEL FRUTO.	44
4.3.3. VOLUMEN DE COPA.....	46
4.3.4. DIÁMETRO DEL TRONCO.	47
4.3.5. POTENCIAL HÍDRICO.	48
4.3.6. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA.....	49
4.4. MEDIDA DE LOS VASOS XILEMÁTICOS.....	50
4.5. COSECHA.	51



4.6. ANÁLISIS DE DATOS.....	54
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
5.1. CLIMATOLOGÍA.....	57
5.2. FISIOLOGÍA DEL CULTIVO.....	59
5.3. CRECIMIENTO VEGETATIVO.....	63
5.4. FLORACIÓN Y DESARROLLO DEL FRUTO.....	69
5.5. CANTIDAD Y CALIDAD DE LA COSECHA.....	73
6. CONCLUSIONES.....	77
7. BIBLIOGRAFÍA.....	81



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de aceituna de mesa. Media de Campañas 2011-16.	21
Figura 2. Producción nacional de aceituna de mesa. Campañas 2015-16.	22
Figura 3. Recorrido en coche desde el IRNAS a la finca experimental “la Hampa”, acceso por SE-30 y posterior incorporación a A-8058.....	35
Figura 4. Vista ampliada de de la finca. El rectángulo rojo señala la ubicación del ensayo experimental; la circunferencia azul señala la ubicación de la estación meteorológica.	36
Figura 5. Croquis del Diseño experimental.....	41
Figura 6. Evolución de las temperaturas máximas (línea gris) y mínimas (línea negra) registradas durante el año 2016.	57
Figura 7. Evolución de las precipitaciones (Barras verticales) y ETo diaria (línea gris) registrada durante el año 2016.....	58
Figura 8. Evolución del Potencial hídrico en tallo durante el periodo experimental.....	59
Figura 9. Evolución de la Conductancia estomática durante el periodo experimental.....	61
Figura 10. % de vasos xilemáticos mayores de 10 η m,	62
Figura 11. Evolución de la longitud de los ramos durante el periodo experimental.....	64
Figura 12. Evolución de la elongación de los entrenudos durante el periodo experimental.....	65
Figura 13. Evolución del volumen de la copa medida en el periodo experimental.....	66
Figura 14. Evolución del diámetro del cuello de la raíz medido en el periodo experimental.....	67
Figura 15. Evolución del diámetro del tronco a 35 cm del suelo medido en el periodo experimental.....	68
Figura 16. Evolución del número de inflorescencias por brote medido en el periodo experimental.....	70
Figura 17. Evolución del número de frutos por brote medido en el periodo experimental.....	71
Figura 18. Evolución del volumen del fruto medido en el periodo experimental.	72



INDICE DE TABLA

Tabla 1. Distribución autonómica de la superficie de olivar destinado a mesa según exclusividad o doble aptitud, secano o regadío (ha).....	23
Tabla 2. Descripción de las aceitunas en función del estado de madurez	53
Tabla 3. Cantidad y calidad de cosecha en la parcela experimental en el año 2016.	73



1. RESUMEN



1. RESUMEN.

En el mundo se estima que hay más de 1.000 millones de olivos, siendo España el primer productor con 5,3 millones de toneladas. De esta producción el 5,81% se destina para el aderezo de aceituna, concentrando esta producción mayoritariamente en la comunidad autónoma de Andalucía con el 76% de la producción, y más concretamente en la provincia de Sevilla con el 55%.

Estas producciones van en aumento, pues desde la década de los 90, innovaciones como mejora en la eficiencia de los riegos, la elección de variedades, el incremento de la densidad de plantación con la consiguiente intensificación del cultivo y la mecanización de las labores, principalmente de la recolección, han favorecido las plantaciones de olivar en detrimento de otros cultivos. El olivar de verdeo, en la retaguardia de los avances en el cultivo, no ha experimentado grandes mejoras, pues las principales variedades son muy vigorosas, encontrando dificultades técnicas para intensificar el cultivo, como es el caso de 'Manzanilla de Sevilla'. Sin embargo, investigaciones recientes apuntan a que sería posible una recolección con cabalgadora sin mermas significativas de calidad.

Mediante mejora genética se obtuvo 'Shikitita', considerada una variedad enana y comercializada para plantaciones en superintensivas de aceite. Este proyecto pretende estudiar la viabilidad de la utilización de 'Shikitita' como patrón de 'Manzanilla de Sevilla' para plantaciones de alta densidad.

Se ha realizado un ensayo en la finca experimental "La Hampa" en Coria del Río (Sevilla), propiedad del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Se trata de una parcela de olivar de 4 años de edad con un marco de 4 x 1,75 m de la variedad Manzanilla de Sevilla en condiciones de regadío con 4 goteros por árbol de 8 L.hora⁻¹, en el que se ha estudiado por segundo año consecutivo el efecto que 'Shikitita' como patrón por su posible efecto enanizante. El diseño experimental ha sido en bloques al azar con 7 repeticiones por tratamiento, formándose los bloques por una única fila con tres árboles por tratamiento, siendo el árbol central el utilizado como árbol control. Los árboles injertados se obtuvieron en el año 2011 en las instalaciones del IFAPA de "Alameda del Obispo" (Córdoba), mientras que los árboles francos se



propagaron en 2012. La plantación se realizó en mayo de 2013. La programación del riego se realiza en función de valores de potencial hídrico de tallo para asegurar un estado hídrico óptimo en la etapa vegetativa y una restricción del riego durante el endurecimiento de hueso, con posterior rehidratación antes de cosecha. La evaluación del efecto del patrón se ha realizado estudiando los haces vasculares y tomando medidas de crecimiento vegetativo, desarrollo fenológico, relaciones hídricas del cultivo, datos de cosecha.

El crecimiento no experimentó mermas significativas en la longitud de ramos ni en la tasa de crecimiento empleando 'Shikitita' como patrón, reduciéndose simplemente el 6 – 7% la elongación de los entrenudos. El diámetro del tronco a 35 cm del suelo resultó ser un 12% inferior en el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita con respecto al tratamiento franco. La producción y calidad de la cosecha no presentaron diferencias significativas para ambos tratamientos, aunque los árboles injertados sobre 'Shikitita' presentaron una tendencia a mayor cosecha (un 10% más aproximadamente) y menor tamaño de fruto (un 10% menos aproximadamente). Este trabajo describe la primera cosecha realmente comercial de la plantación estando sus características a niveles similares a las descritas en la bibliografía para plantaciones tradicionales.

'Shikitita' presenta indicios en algunos parámetros de posible efecto enanizante sobre 'Manzanilla de Sevilla' aunque no presenta diferencias estadísticamente significativas generalizadas. Por lo que no se puede decir que se comporte como patrón enanizante de la variedad Manzanilla de Sevilla. Sería necesario seguir estudiando la evolución de la plantación en los próximos años para poder evaluar el efecto de 'Shikitita' como posible patrón enanizante de 'Manzanilla de Sevilla'.



2. INTRODUCCIÓN



2. INTRODUCCIÓN

2.1. ORIGEN Y PRECEDENCIA DEL OLIVO.

El olivo, *Olea europea L.*, procede de la familia botánica *Oleaceae*. Esta familia se distribuye por las zonas tropicales y templadas del mundo y a ella pertenecen numerosas especies vegetales, tanto de porte rastrero como de porte erguido. La mayoría de estas especies vegetales son árboles y arbustos que producen aceites esenciales en sus flores y frutos, aceites empleados por el ser humano en la vida cotidiana.

El género que engloba el olivo, *Olea*, incluye alrededor de 35 especies de plantas aparte de la especie *Olea europea L.* teniendo en cuenta las variedades cultivadas y los olivos silvestres. La subespecie cultivada es *sativa* diferenciándose de la *sylvestris* que se corresponde con el olivo silvestre o acebuche. El fruto obtenido de esta planta es un fruto muy preciado, siendo el único comestible de toda la familia botánica y conociéndose y cultivándose en la época de Mesopotamia y Egipto.

El origen del olivo se encuentra en el Medio Oriente, donde era común en todo el Mar Mediterráneo. Los comerciantes introdujeron las semillas de olivo y esquejes o brotes en Europa y en el norte de África. Además, gracias a los viajes de personajes históricos como Cristóbal Colón, Fernando Magallanes o Juan Sebastián Elcano, se difundió por América. Hoy en día es cultivado también en países como Sudáfrica, China, Japón y Australia. Rallo et al. (2008) indica que el olivo se encuentra en el hemisferio sur en zonas más tropicales que en el hemisferio norte al ser modificadas por la cota.

2.2. PRESENCIA DEL OLIVAR EN EL MUNDO.

Se estima que en el mundo hay plantados más de 1.000 millones de olivos que se extiendan alrededor de 10 millones de hectáreas repartidas por todo el planeta, dedicando algo más de un millón de hectáreas a la producción de aceituna de mesa.

Hoy por hoy, el olivo está presente en numerosos países del mundo, sin embargo, la mayor parte de la producción se concentra en un número muy



reducido de ellos. Según la FAO (2014), España es el primer productor de aceituna del mundo con 5,3 millones de toneladas seguida con 3,2 de Italia, 2,2 de Grecia, 1,3 de Turquía y Túnez con 3,2, 2,2, 1,3 y 0,8 millones de toneladas respectivamente. Se estima que alrededor de 7,5% de los olivos mundiales se encuentran en regadío (Rallo et al., 2008). Entre los años 1993-2014, se ha obtenido una producción media anual de 18 millones de toneladas (FAOSTAT, 2014), de los cuales el 90% se destina a aceituna para almazara y el 10% para aceituna de mesa (COU, 2015).

2.2.1. EL CULTIVO DEL OLIVAR EN ESPAÑA.

En España el olivo se distribuye por la mayoría del territorio, exceptuando las comunidades de la cornisa cantábrica, lo que le lleva a ser el primer productor mundial. En la actualidad, la superficie de olivar está incrementándose a nivel nacional gracias a la mecanización, a las técnicas de no laboreo del suelo, al riego localizado, a la mejora en la lucha integrada de plagas y enfermedades, a la mejora de material vegetal y la plantación a un solo pie (Rallo y Barranco, 2015). Dentro de España, Andalucía es la comunidad autónoma con mayor producción con el 62% del olivar nacional, experimentando un considerable aumento anual a pesar de los arranques que se produjeron en los años 70 y a principio de los 80. Estos arranques han sido compensados con nuevas plantaciones en terrenos más productivos (Rallo et al., 2008). A principios de la década de los noventa, como consecuencia de los altos costes de recolección, la escasez de mano de obra y el aumento de densidades de plantación, se dio el paso a la total mecanización de este cultivo especialmente en lo referido a la recolección de aceituna de aceite.

Uno de los objetivos más importantes de la mejora actual es la obtención de nuevas variedades. De los programas públicos del IFAPA y la Universidad de Córdoba se encuentran especialmente dedicados a variedades de aceituna para la industria de transformación. La Universidad de Sevilla en cambio tiene un programa de mejora de aceituna de mesa consistente en plantaciones más productivas, de buen tamaño, calidad y con resistencia al molestado que se produce con la recolección (Jiménez 2009 y 2012).



2.3. SITUACIÓN DE LA ACEITUNA DE MESA.

El Consejo Oleícola Internacional (2014) define a las variedades de aceituna de mesa como aquellas “elegidas por producir frutos cuyo volumen, forma, proporción de pulpa respecto al hueso, delicadeza de la pulpa, sabor, firmeza y facilidad para separarse del hueso los hacen particularmente aptos para la elaboración; sometido a tratamientos para eliminar el amargor natural y conservado mediante fermentación natural o tratamiento térmico, con o sin conservantes; envasado con o sin líquido de gobierno”.

De forma directa se consume el 10% de la producción de aceituna. España es su primer productor mundial, seguido Egipto, Turquía, Grecia, Argelia, Marruecos e Irán (Fig. 1).

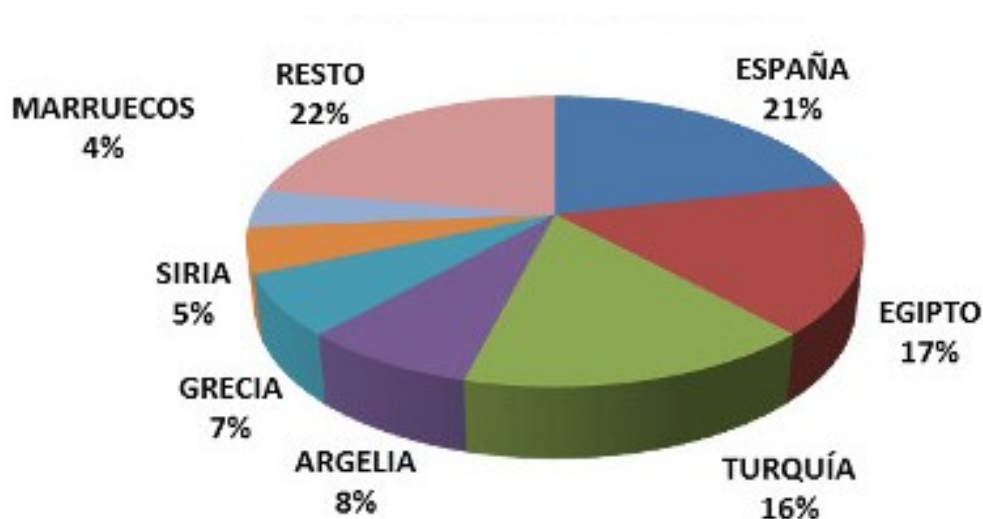


Figura 1. Producción mundial de aceituna de mesa. Media de Campañas 2011-16. Fuente. Consejo Oleícola Internacional.

La producción media mundial de las campañas 2011-2016 es de 2.531600 toneladas, siendo la producción española el 21,40% de esta (COI, 2015). Según la encuesta realizada en 2016 sobre superficies y rendimientos (ESYRCE, 2016) de los más de dos millones y medio de hectáreas, el 94,19% de las hectáreas se destinan en España a aceituna para la obtención de aceite y el 5,81% (152.345 ha) destinada para aceituna de mesa. Estas últimas se concentran prácticamente en las comunidades de Andalucía y Extremadura, contando con 83,86% y un 13,49%. Según los datos de la Agencia de



Información y Control Alimentarios (AICA), en la campaña 2014/2015 la producción de España de aceituna de mesa fue de 601.210 toneladas, de las cuales Andalucía supuso el 76% de la producción (456.920 T). Sevilla es la provincia española que encabeza el ranking de productores nacionales de aceituna de mesa muy por encima de la segunda productora que es Córdoba (Fig. 2).

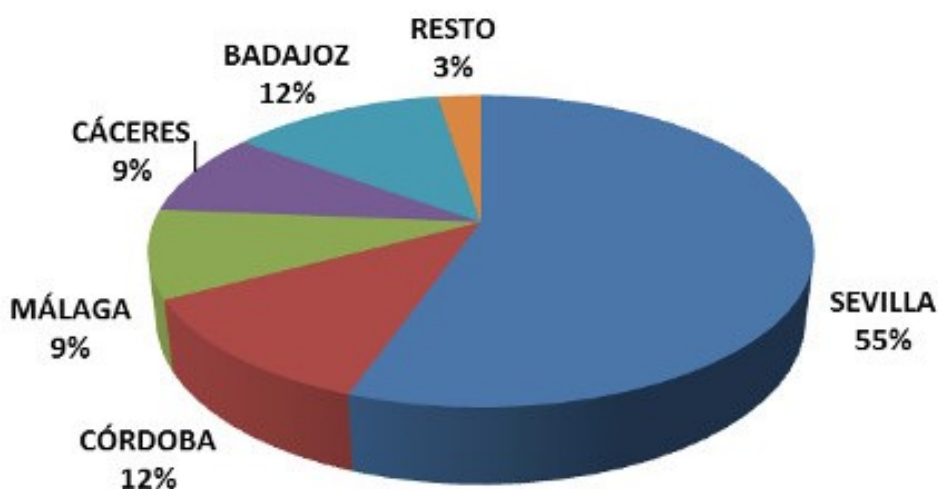


Figura 2. Producción nacional de aceituna de mesa. Campañas 2015-16. Fuente: Agencia de Información y Control Alimentarios.

EL riego es especialmente importante en la producción de aceituna de mesa. Se estima que un 43% de la superficie se encuentra en regadío (MAGRAMA, 2015) y gran cantidad de ella procede de olivos de doble aptitud (Tabla 1).

CCAA	Mesa			Doble aptitud			TOTAL
	Secano	Regadío	TOTAL	Secano	Regadío	TOTAL	
ANDALUCIA	21.699	34.036	55.735	45.217	22.030	67.247	122.982
ARAGON		7	7	1.324	142	1.466	1.473
BALEARES	22		22	31	179	209	231
CATALUÑA	20		20	1.622	223	1.845	1.865
EXTREMADURA	18.947	1.107	20.053	510		510	20.563
ESPAÑA	40.688	35.150	75.837	48.704	22.574	71.277	147.114

Tabla 1. Distribución autonómica de la superficie de olivar destinado a mesa según exclusividad o doble aptitud, secano o regadío (ha). Fuente ESYRCE, 2014. MAGRAMA.

2.4. PLANTACIONES SUPERINTENSIVAS.

Se considera plantaciones superintensivas o en seto a las plantaciones de olivos con una densidad desde 450 plantas.hectárea⁻¹ hasta más de 1,500 plantas.ha⁻¹ en el caso de setos en regadío. Este sistema de plantación es más costoso de implantar pero consigue adelantar la entrada en producción y la mecanización prácticamente total de todas las labores está permitiendo que se extienda por todo el mundo. Estas plantaciones presentan dos ventajas fundamentales frente a las plantaciones tradicionales e intensivas. La precoz entrada en producción de este tipo de plantaciones que suele ser al tercer año, alcanzando producciones máximas en torno al 6º-7º año de 12.000-15.000 kg.ha⁻¹. Posiblemente la mayor ventaja respecto a otras densidades es que la recolección de aceitunas se realiza de forma mecanizada, usando una cosechadora autocabalgante que permite recolectar el fruto a mayor velocidad y sin utilizar mano de obra, abaratando notablemente los costes de producción.

El modelo de producción en seto consiste en aprovechar los recursos naturales de luz, agua y suelo al máximo para producir la mayor cantidad de cosecha al menor costo posible (Gómez del Campo, 2007). En las plantaciones en seto es crucial seleccionar una densidad de plantación que optimice la productividad sin tener serios problemas de competencias entre las plantas ya que no existen, como sucede en otros frutales, patrones de poco vigor o enanizantes. León et al (2007) describen el comportamiento de la variedad 'Arbequina' durante los primeros 7 años de vida de la plantación, no



encontrando diferencias significativas en los caracteres del fruto pero si encontrando un aumento acumulado por hectárea tanto de aceituna como de aceite al aumentar la densidad de plantación.

2.5. LA VARIEDAD MANZANILLA DE SEVILLA Y SU RECOLECCIÓN.

La variedad Manzanilla de Sevilla es la variedad más cultivada para la obtención de aceituna de aderezo. La producción en España se centra en Sevilla, Badajoz y Huelva (Rallo, 2005). Dicha variedad es la más apreciada y reconocida mundialmente por su productividad y por las cualidades organolépticas de su fruto (Rallo, 2005). La recolección tradicional de esta variedad es manual pero los elevados costes de recolección hacen que se esté limitando el cultivo en muchos países. En los últimos años, la recolección mecanizada ha sido un avance para la aceituna de mesa, permitiendo una reducción muy importante del gasto de cultivo más cuantioso, pudiendo llegar a suponer una reducción del 50% de los gastos totales (Ferguson et al, 2010). Las plantaciones en seto, al igual que las plantaciones actuales destinadas para aceite, permitirían la recolección mecanizada y por tanto la disminución de costes (Di Vaio et al, 2012).

Las variedades que pueden usarse en la producción en seto están muy limitadas. En aceite, habitualmente, se emplean variedades como Arbequina y Arbosana, siendo el resto de un uso muy restringido. El vigor de 'Manzanilla de Sevilla' hace que no se haya planteado anteriormente su intensificación hasta las densidades de olivar en seto. A este problema se le suma la recolección, pues al ser un fruto muy delicado se produce molesto (Jiménez et al, 2011). Sin embargo, en los últimos años, se está investigando la viabilidad de plantaciones superintensivas de esta variedad. Morales-Sillero et al (2014) presentan resultados muy favorables, sugiriendo que sería posible la recolección mecanizada para esta variedad. La eficiencia horaria en la recolección con cabalgadora es mayor que en la recolección manual (576 horas.ha⁻¹ vs 1.7 horas.ha⁻¹). El daño por molesto, superior al 90% en la recolección mecanizada, se eliminó en el aderezo y un tratamiento previo de



lejía diluida (hidróxido de sodio al 2,5% (p/v)) enfriada a 18° C) que lo redujo hasta el 3% (Morales-Sillero, 2014).

2.6. LA VARIEDAD SHIKITITA.

La variedad Shikitita es una variedad obtenida por mejora genética, del cruzamiento de 'Picual' y 'Arbequina'. Se inició en el programa de mejora entre la Universidad de Córdoba y el IFAPA (Instituto de Formación Agraria y Pesquera de Andalucía) de 1992, obteniendo la selección final en 2006. Destaca por su vigor reducido, por lo que favorece a sus menores costes de poda y mayor longevidad de los setos, porte llorón, maduración temprana, buen rendimiento graso, buena extracción de aceite, excelentes características organolépticas y tolerancia al frío. Como características negativas resaltan la baja estabilidad del aceite y la susceptibilidad al repilo y antracnosis (Rallo et al, 2008). Es una variedad considerada enana, lo que hace que se adapte especialmente a las plantaciones superintensivas de aceite en la actualidad (Rallo, 2014).

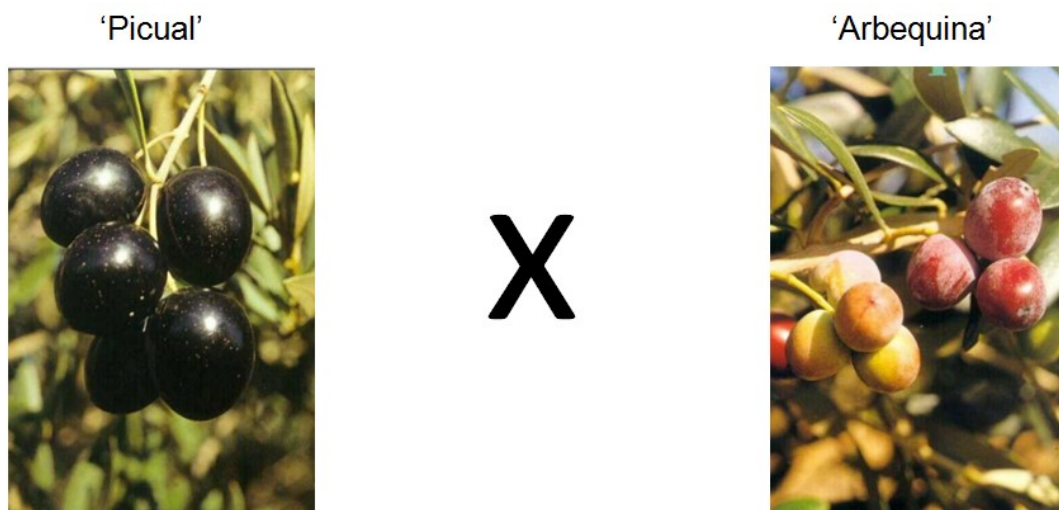


Imagen 1. Cruzamiento de los progenitores de la variedad Shikitita obtenida por mejora genética en Andalucía. Fuente: Ponencia de D. Lorenzo León Moreno.



2.7. PATRONES ENANIZANTES.

Las plantaciones en la fruticultura tradicional, se compone de dos individuos, uno que confiere las cualidades óptimas para el cultivo atendiendo a las características del suelo principalmente (resistencia a fitopatógenos, al encharcamiento, a la caliza...), que sería el patrón, y otro que aporta las cualidades óptimas de mercado del fruto, organolépticas y morfológicas, que es la variedad. Los patrones también se han empleado además con otra intención, la de conferir a la planta una disminución del vigor, como ocurre en melocotonero, durazno, manzano o cerezo, con el fin de intensificar las plantaciones. En el olivo, esta técnica viene empleándose durante una década, reduciendo el vigor de las plantas para intensificar su densidad hasta el nivel de plantación superintensiva. Se sabe que mediante el empleo de patrones enanizantes se puede modificar el volumen, la superficie de copa, el diámetro del tronco y las producciones de determinadas variedades (Reig del Río Rincón, 1997). En 1939, Beakbane y Thompson llevaron a la hipótesis de que el fenómeno está relacionado con la influencia de los portainjertos en las relaciones hídricas entre los árboles.

En manzano, Blanco et al (2008), demostraron que la variedad Jonagored, variedad muy vigorosa, injertada sobre el patrón P16 mostraba brotes mucho más cortos y unas hojas más pequeñas. Atkinson et al(2003) observaron que las plantas de manzano injertadas sobre patrones enanizantes presentaban una conductancia hidráulica en las raíces finas y en los tallos menor que en las plantas con portainjertos más vigorosos. En condiciones de estrés se observó un menor paso de savia con patrones enanos (Hussein and McFarland, 1994). En melocotón, se demostró que los árboles injertados en portainjertos enanizantes se relaciona con las relaciones hídricas de la planta, al encontrar una reducción del diámetro del tronco y del potencial hídrico de tallo, que se asoció a un mecanismo de reducción de la conductancia hidráulica en los patrones enanizantes. (Basile et al, 2003; Olien and Lasko, 1984 y 1986; Gonçalves et al, 2006). El enanismo en este frutal injertado sobre patrón enano viene asociado a menos conductancia hidráulica debido al menor diámetro de los vasos del xilema (Tombesi et al., 2010 y 2011). Estudios posteriores han confirmado de nuevo en melocotonero que el enanismo se asocia con el

decrecimiento de la conductancia hidráulica debido a la existencia de vasos xilemáticos más pequeños. Los patrones más enanos mostraban más cantidad de vasos de xilema en comparación con los patrones más vigorosos. (Bruckner et al., 2014). En cerezo, un mayor porcentaje de madera xilemática en raíces y tallo no siempre fue posible relacionarla con la conductancia y el vigor. Los parámetros anatómicos más fiables fueron la frecuencia de los vasos, el área de los vasos y el porcentaje de vasos en la sección de madera (Zorić et al, 2012). Los cerezos estudiados presentaban menor proporción xilema/floema que los árboles sobre patrones vigorizantes debido al espesor del xilema, al igual que encontró Olmstead et al (2006). Coincidiendo también con Tombesi et al (2010) en que los patrones vigorosos de melocotón tenían diámetros de vasos más grandes pero menos número por campo visual y que el vaso era más grande en la raíz en comparación con los tallos.

En olivo existen escasos estudios. En el IRTA-Mas de Bover se estudiaron 30 variedades empleadas como patrones para estudiar su influencia en el desarrollo vegetativo y productivo del clon 'IRTA-i.18' de la variedad Arbequina y tras seis años los ensayos demostraron que los patrones pueden modificar el vigor de la variedad injertada (Mallén Vivó, 2007). Se observó que sobre el citado clon los patrones Menya, Cipressino, Razzola, FS-17 y Oblonga se comportaron como vigorizantes aumentando el volumen de copa y la producción. Contrariamente los patrones Arbosana, Corbella Izmir Sofralic y Verdal de Manresa confirieron un vigor reducido a la variedad Arbequina. En el estudio de Nardini et al (2006) demostraron que el clon 'Leccino Dwarf' reduce la masa foliar de la variedad en un 50% y que los sistemas radiculares presentaron del orden del 60-70% de la resistencia hidráulica de la planta, siendo insignificante la resistencia que presentaba el injerto.

El objetivo del presente trabajo es comprobar si la variedad Shikitita se comporta como patrón enanizante con la variedad Manzanilla de Sevilla, solucionando una problemática en la olivicultura moderna del exceso de vigor con las variedades tradicionales en las plantaciones de alta densidad. Este estudio, combinado con la posibilidad de mecanizar con cabalgadoras plantaciones de 'Manzanilla de Sevilla' abre un gran nicho de posibilidades en la olivicultura de mesa.



3. OBJETIVOS



3. OBJETIVOS.

El presente trabajo fin de máster pretendió estudiar el efecto del uso de la variedad Shikitita utilizada como patrón enanizante de la variedad Manzanilla de Sevilla en diferentes aspectos del cultivo:

1. Evaluar las relaciones hídricas de los árboles, su fisiología y desarrollo xilemático.
2. Describir el efecto del uso del patrón Shikitita en el desarrollo vegetativo del cultivo.
3. Observar la producción y los principales parámetros de calidad de la aceituna con 'Manzanilla de Sevilla' autoenraizada e injertada sobre 'Shikitita'.



4. MATERIALES Y MÉTODOS



4. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA FINCA “LA HAMPA”.

4.1.1. SITUACIÓN

La finca “La Hampa”, donde se ha realizado el ensayo, está situada en el término municipal de Coria del Río (Sevilla), a 20 km aproximadamente de la capital, siendo propiedad del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y está adscrita al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Su latitud es de 37° 17' 0.43" N y su longitud de 6° 03' 56.42" W, encontrándose a una altura media sobre el nivel del mar de 30 m.

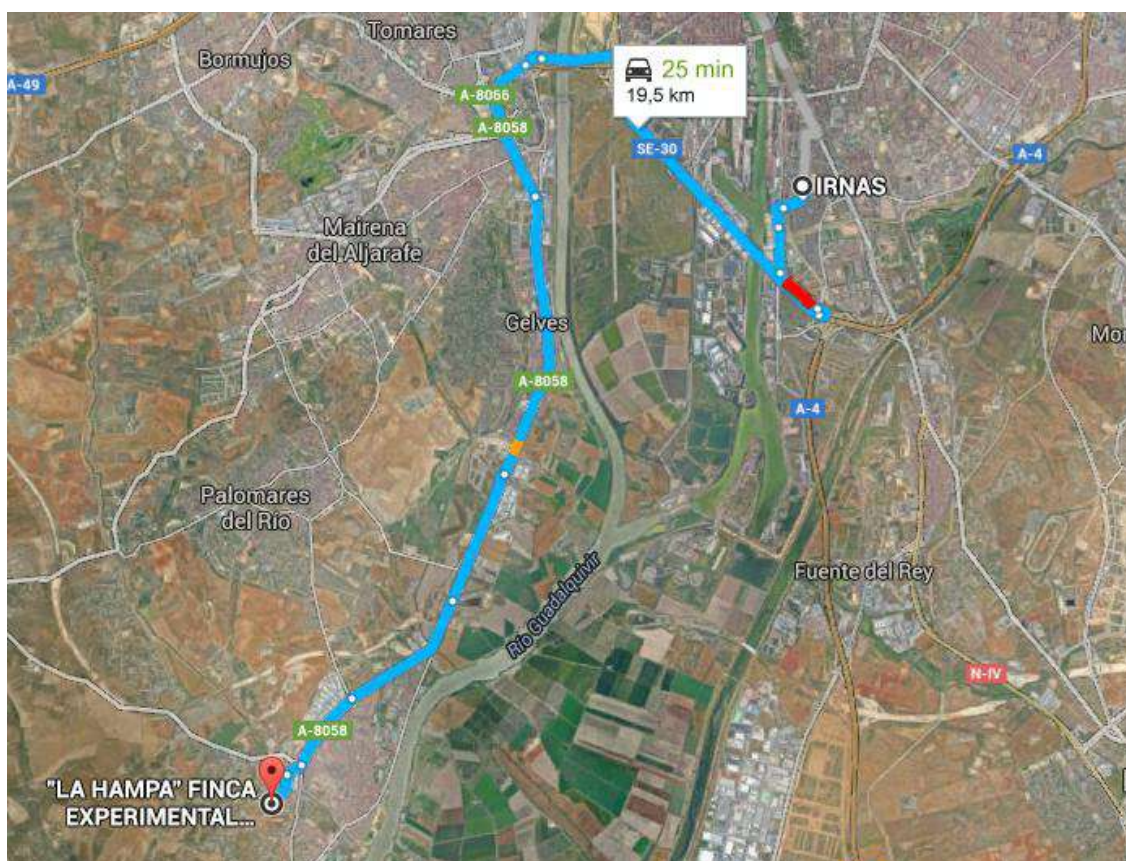


Figura 3. Recorrido en coche desde el IRNAS a la finca experimental “La Hampa”, acceso por SE-30 y posterior incorporación a A-8058. Fuente Google Maps.





Figura 4. Vista ampliada de la finca. El rectángulo rojo señala la ubicación del ensayo experimental; la circunferencia azul señala la ubicación de la estación meteorológica. Fuente Google Maps.

4.1.2. MEDIDAS METEOROLÓGICAS.

Las mediciones meteorológicas del ensayo se han obtenido de la estación meteorológica La Puebla del Río, perteneciente a la Red de Sistema de Información Agroclimática para el Regadío, propiedad del Ministerio de Agricultura y Pesca, alimentación y Medio Ambiente, instalada esta desde el 26 de octubre del 2000, realizándose la última calibración el pasado 26 de septiembre de 2012. Se ubica en la latitud de $37^{\circ} 13' 33,78''$ N y longitud de $6^{\circ} 8' 1,97''$ W, siendo su altura con respecto al nivel del mar de 25 m. La estación meteorológica de la finca experimental no se pudo considerar por algunos errores en la calibración.

Se encuentran instalados un termohigrómetro Rotronic modelo HC2-S3, una anemoveleta R.M. Young modelo 05103, un piranómetro SKYE Instruments modelo SP1110, un pluviómetro R.M. Young modelo RM52203 y

un datalogger Campbell Scientific modelo CR10X, separada unos 8,7km del recinto donde se encuentra el ensayo

En dicha estación se registran los siguientes parámetros: Temperatura media (°C), Humedad Relativa media (%), velocidad de viento media ($m\ s^{-1}$), radiación fotosintéticamente activa ($\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$), radiación neta ($W.m^{-2}$), dirección del viento (0-360°), temperatura mínima (°C), Hora de temperatura mínima, Humedad Relativa mínima (%), Hora de Humedad Relativa mínima, temperatura máxima (°C), hora de temperatura máxima, velocidad del tiempo



Imagen 2. Estación meteorológica de La Puebla del Río situada en La Puebla del Río (Junta de Andalucía).

máxima ($m\ s^{-1}$), hora de velocidad del viento máxima, precipitación (mm). Los datos de precipitación se recogen cada 10 minutos. Además, esta estación calcula; presión de vapor de saturación media (KPa), déficit de presión de vapor del aire (KPa), Temperatura Punto de Rocío (°C) y Radiación Acumulada Total ($MJ\ m^{-2}$).

4.1.3. EL CLIMA.

Mudarra (1988), describió el clima de la finca “La Hampa”, clasificándolo según Thornthwaite, como un clima Mesotérmico seco-subhúmedo, con moderado exceso de agua en invierno ($C_1\ B'_2\ s\ b'_4$).

Según Papadakis, para esta finca experimental, “La Hampa”, Coria del Río, Sevilla (1971-2015) sería:

- Invierno: **Citrus citrus (Ci)**. Con inviernos suficientemente suave para cítricos pero no libre de heladas. Sin dificultades de vernalización para el trigo.



- Verano: **Gossypium cálido (G)**. verano suficientemente largo y cálido para cultivar algodón.
- Régimen térmico: **Subtropical cálido (SU)**.
- Régimen hídrico: **Mediterráneo seco (Me)**.
- Unidad climática: **Mediterráneo**.

Los datos pluviométricos registrados (AEMET, 2016) indican que las precipitaciones mínimas se recogieron en los meses estivales, con una notable diferencia con respecto al resto de meses. Desde junio a septiembre se extiende la temporada seca, mientras que las lluvias se recogen entre el otoño y la primavera. La ETo media anual es de 1165 mm y las precipitaciones media anual de 587,77 mm.

4.1.4. SUELO.

Se trata de un suelo con una profundidad útil de 2 metros aproximadamente, en la parcela de ensayo totalmente nivelado. En la siguiente capa se encuentra estratos de arenisca caliza que impermeabilizan el suelo dificultando la penetración de raíces y agua. La textura que presenta la capa útil es franca –arenosa, uniforme en todo el perfil con valores medios de 14.8% de arcillas, 7% de limos, 73.5 de arenas gruesas y el 4.7% de arenas finas.

Mediante análisis realizados en laboratorio, se ha determinado que el contenido volumétrico de agua en suelo (θ , $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$) es de $0.33 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ para un potencial mátrico (ψ_m) de 0 MPa (a saturación), y de $0.10 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ para -1.5 MPa. Pocas horas tras el riego (condiciones similares a capacidad de campo, CC), los valores de θ medidos en campo, cercano al gotero, no suele ser superior a $0.20 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$.

La densidad aparente media (ρ_b , $\text{Mg}.\text{m}^{-3}$) de la capa fértil (los primeros 0.20 m) varía entre 1.4 y $1.7 \text{ Mg}.\text{m}^{-3}$, según la localización y el tráfico dentro de la parcela. El contenido en M.O. del suelo es bajo ya que solamente presenta 0.6% de M.O.; el contenido de fósforo y potasio es de 10 ppm Olsen y 185 ppm respectivamente, atendiendo a niveles normales para dicha zona.



4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA, DISEÑO EXPERIMENTAL Y PROTOCOLO DE RIEGO.

4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA.

La parcela cuenta con una superficie aproximada de 500m², plantada de olivos de 4 años de edad, con un marco de 4 x 1.75 de la variedad Manzanilla de Sevilla y con formación en seto, diferenciando dos tratamientos, según la variedad esté injertada sobre patrón Shikitita o autoenraizado (que de aquí en adelante denominaremos tratamiento Franco). El suelo se encuentra en no laboreo, empleando escarda química, manual y mecánica para controlar las especies adventicias.

El ensayo se encuentra en regadío. Cada línea de olivos tiene dos ramales de riego, con dos goteros antidrenantes y autocompensantes de plato de 8 l.hora⁻¹ por árbol. El agua empleada proviene de un pozo de la finca.



Imagen 3. Vista de una de las calles de la parcela experimental, 4 mayo 2016.

El agua presentó una conductividad eléctrica media (CE) de $2.45 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-3}$, un contenido de sales de $1.6 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, y un contenido medio de cloruro de $468 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, según análisis. Con estos valores obtenidos en el análisis, se clasificó el agua como ligeramente salina, con riesgo de toxicidad por exceso de cloruro si el riego es por aspersión o superficie, pero no es presenta riesgo por cloruros para el riego localizado que se lleva a cabo en la finca.

El agua es bombeada desde el pozo hasta 8 depósitos de 2.000 litros cada una que se sitúa junto al cabezal de riego que se encuentra en la caseta. Desde este cabezal parten las tuberías que riegan la parcela de ensayo y el resto de la finca. En el inicio de cada tubería, se encuentran instaladas electroválvulas para controlar cada sector de riego de la finca. El sistema instalado es controlado por un programador de riego Agronic modelo 4000 (Progres, Lérida, España). A la salida del agua para la parcela hay un contador volumétrico para la medida del agua aplicada.

4.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño es de bloques al azar con 7 repeticiones por tratamiento, siendo los tratamientos del ensayo los siguientes:

- Patrón Manzanilla de Sevilla Franca: árboles autoenraizados.
- Patrón Shikitita: árboles injertados de 'Manzanilla de Sevilla' sobre 'Shikitita'.

Los bloques se forman por una línea con tres árboles por tratamiento en la que el olivo central es el utilizado como árbol control. Los árboles injertados se obtuvieron en el año 2011 en las instalaciones del IFAPA "Alameda del Obispo" (Córdoba), mientras que los árboles autoenraizados se propagaron en el año 2012. Dicha plantación se realizó en mayo del año 2013.



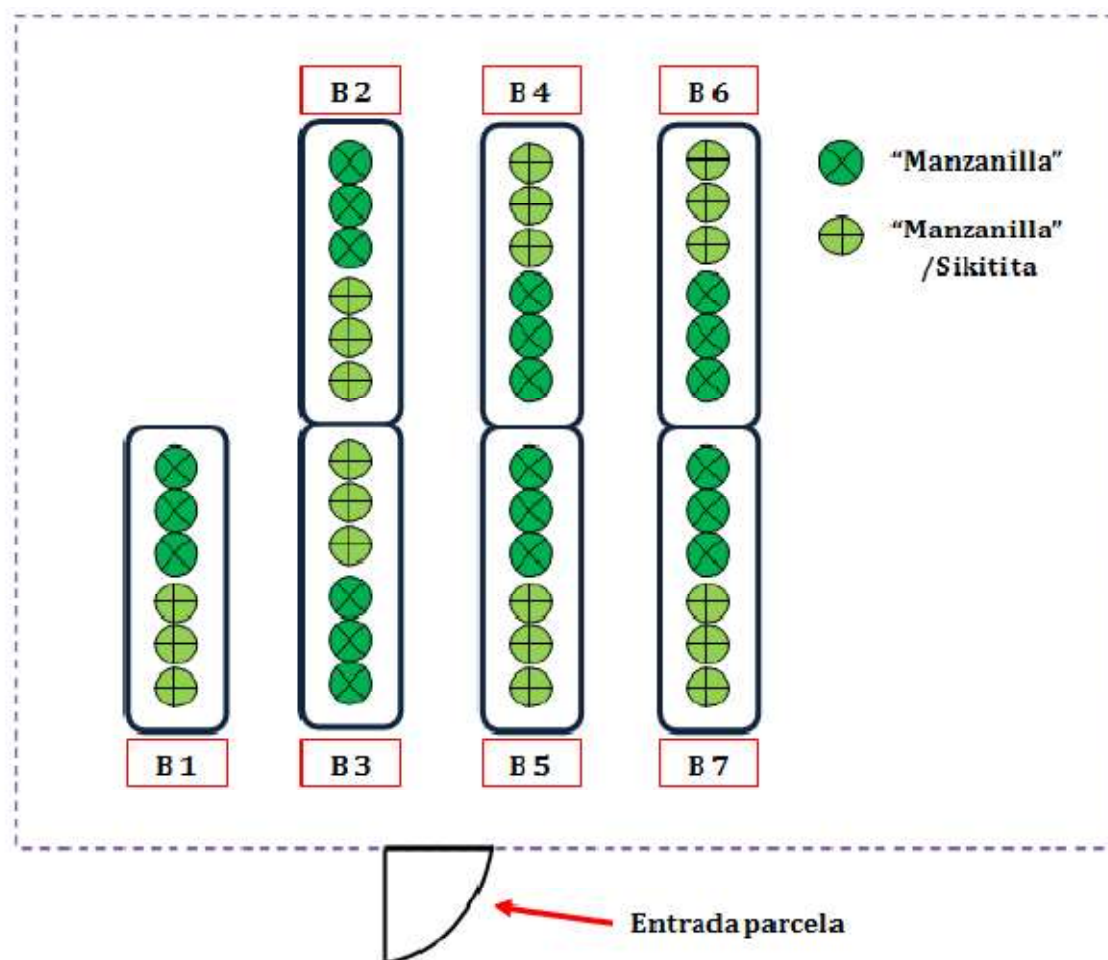


Figura 5. Croquis del Diseño experimental. Fuente: Manuel Verano Ballesteros.

4.2.3. RIEGO.

La aplicación de agua al cultivo se realizó mediante una programación de riego deficitario controlado (RDC) y se realizó en base a la medida de potencial hídrico de tallo medido a mediodía en hoja cubierta siguiendo los trabajos de Moriana et al (2012) y Girón et al (2015). Esta programación de riego deficitario permitía comenzar con una estimación de consumo de agua real en estas plantaciones. El objetivo del riego era mantener las plantas en ausencia de estrés hídrico, marcando como referencia -1,2 MPa, antes de endurecimiento de hueso y -1.4 MPa durante la rehidratación. Durante el periodo de endurecimiento el umbral planteado es de -3.0 MPa. El periodo de endurecimiento de hueso se determinó empleando el método sugerido por Rapoport et al (2013) que indica que el endurecimiento masivo del endocarpo



coincide con el cambio de pendiente que se produce en el crecimiento longitudinal de la aceituna. Este periodo se estimó que comenzó el día 15 de Junio (DDA, día del año, 165). El final del periodo de estrés hídrico no tiene un marcador morfológico claro por lo que se recuperaron los árboles a partir del día 23 de agosto (DDA, día del año, 236).

Esta metodología nos indica el estado hídrico del cultivo, es decir cuando tenemos que regar, pero no resuelve el problema de que dosis de agua aplicar. Moriana et al (2012) proponen la aplicación de agua en función de la distancia de las medidas realizadas a los umbrales propuestos, obteniendo la máxima cantidad de agua a aplicar del cálculo de la máxima evapotranspiración diaria del cultivo, estimada en 4 mm.día^{-1} . Las cantidades a aplicar en una semana depende de la proximidad de la medida de potencial hídrico al umbral. Los criterios de aplicación fueron los siguientes:

- Valores de potencial hídrico mayores que el umbral planteado, no se riega.
- Si los valores de potencial hídrico obtenido son menores que el umbral se aplicará una lamina de agua acorde a la distancia del umbral:
 - o Si la distancia al umbral es inferior al 10% no se riega.
 - o Si la distancia al umbral está entre 10-20% se riega 1 mm.día^{-1} .
 - o Si la distancia al umbral está entre 20-30% se riega 3 mm.día^{-1} .
 - o Si la distancia al umbral es superior al 30% se incrementa 4 mm.día^{-1} .

Con este manejo se consigue responder de forma rápida a las variaciones de potencial hídrico, teniendo en cuenta que la medida empleada para programar el riego es discontinua. Ante una caída brusca del potencial medido se incrementa el riego rápido. Siempre teniendo como referencia un único valor constante. Con este protocolo de riego la cantidad total de agua que se empleó fue de 123.1 mm.



4.3. MEDIDAS EN CAMPO.

En cada bloque se señalaron 10 ramos de forma aleatoria en el árbol central con cintas y etiquetas, siendo sobre estos ramos donde se han realizado las medidas.

4.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RAMOS.

La elección de los ramos al comienzo del ensayo se realizó al azar sobre el árbol control de cada bloque y tratamiento. Estos ramos se fueron caracterizan durante todo el ensayo midiendo su crecimiento (Imagen 3), conteo de número de inflorescencias y posterior número de frutos. Las medidas de longitud del ramo se realizaron a partir de una marca realizada en cada brote con Cicatrizante (MASTIK) en el momento de la selección.



Imagen 4. Vista de la medida de longitud de ramos el día 16 abril 2016.

La longitud de los ramos es un parámetro que comenzó a tomarse a partir de DDA 90 (30 de marzo) hasta el DDA 243 (30 de agosto).



Para medir el crecimiento de ramos (longitud, cm) se empleó una regla milimetrada, realizando la medida de forma periódica cada 15 días aproximadamente.

Desde que las inflorescencias fueron visibles, y posteriormente las infrutescencias,



se contaron el número de estas por ramo de forma periódica. Este conteo se comenzaba en el ápice del brote seleccionado y se iba contando todas las inflorescencias hacia la base del brote, incluyendo las ramas principales, hasta que no había ninguna, pero no incluyendo las

Imagen 5. Vista del conteo de frutos por brote

ramificaciones del brote. Esta medida al igual que la anterior también se realizaba cada 15 días.

El número de frutos por inflorescencia se realizó a partir de la fase de endurecimiento del hueso, cuando consideramos que la abscisión de inflorescencias y frutos por efecto del cuajado ya había parado, más concretamente, el día de inicio de toma de dato fue el DDA 174, finalizando el DDA 236.

4.3.2. CALIBRE DEL FRUTO.

Esta medida se realizó sobre 10 frutos elegidos al azar en cada árbol control de forma quincenal, por lo que el número de aceitunas testadas por tratamiento era de 70 frutos. La toma de datos comenzó el DDA 146 (25 de mayo), finalizando el DDA 250 (6 de septiembre). Primero se medía el diámetro longitudinal desde la zona de inserción del pedúnculo hasta el ápice y posteriormente se medía el diámetro transversal. Con estos datos y asimilando



la aceituna a un elipsoide, empleamos la siguiente fórmula para calcular el volumen del fruto.

$$\left[V = \frac{4}{3} \pi \frac{\text{\textcircled{D}}\text{ancho} \text{\textcircled{D}}\text{ancho} \text{\textcircled{D}}\text{largo}}{1000} \right]$$



Imagen 6. Vista de la medida del diámetro longitudinal de la aceituna.

La medición (V , mm^3) se realizó con un pié de rey digital de la marca Imdica (Suministros Imdica, S.L., Barcelona, CAT, ESP). Las medidas comenzaron desde que aparecieron los primeros frutos cuajados y su tamaño permitía su medida.



4.3.3. VOLUMEN DE COPA.

La medida se realiza en el árbol control de cada parcela elemental, con una periodicidad mensual, comenzando la toma de datos el DDA 63 (3 de marzo) y finaliza el DDA 243 (30 de agosto). Se medían los árboles en sus tres ejes de coordenadas:

- X: paralelo a la línea de portagoteros.
- Y: perpendicular a la línea de portagoteros.
- H1: Altura de árbol.
- H2: Altura de desde el suelo al inicio de los ramos.

Con estos datos se completa la siguiente fórmula de volumen:

$$\left[V = \frac{4}{3} \pi (\text{promediodelos 4 parámetrosmedidos})^3 \right]$$



Imagen 7. Vista de la medida de altura de copa.



Para esta medida se utilizó una regla telescópica marca Leica, realizando dicha medida siempre la misma persona para minimizar los errores y tener el mismo criterio de medida.

4.3.4. DIÁMETRO DEL TRONCO.

Esta medida se toma por duplicado en cada árbol, la primera a nivel del suelo, cuello de raíz, y la segunda medida a 35 cm del suelo, utilizando un pie de rey digital (mm). Como en otros casos, el olivo medido es el árbol control de cada parcela experimental.



Imagen 8. Vista de la medida del diámetro del tronco a 35 cm del suelo.

Esta medida se realizaba regularmente una vez al mes aproximadamente, iniciando la toma de datos el DDA 63 y finalizó el DDA 243 (3 de marzo al 30 de agosto).



4.3.5. POTENCIAL HÍDRICO.

La determinación del potencial hídrico de tallo (Ψ_h , MPa.) se ha realizado con un cámara de presión tipo Scholander de la marca PMS Instrument, modelo 1.000 (PMS Instrument Company, Albany, OR, USA) (imagen 8) o con cámara de presión Scholander tradicional, modelo 3005 (Soilmoisture, Corp. Santa Bárbara, CA, USA). Se comenzó la toma de datos de este parámetro el 30 de marzo (90 DDA) finalizando el periodo el 22 de septiembre del mismo año (266 DDA).



Imagen 9. Cámara de presión empleada para la medida de potencial hídrico de tallo.

Este parámetro se determinaba semanalmente a medio día solar en hojas basales y sanas de los brotes que crecían en el tronco y ramas principales del árbol, principalmente interiores para evitar la incidencia de la radiación solar. Se utilizaba una hoja por árbol, midiendo un total de 7 hojas por tratamiento, una por cada parcela elemental. Para ello, a primera hora de la

mañana se envolvían un par de hojas de cada olivo, una hoja para la medida y otra hoja de reserva para subsanación de errores o posibles contratiempos. De esta manera se evitaba la transpiración de la hoja y se equiparaba el potencial hídrico de la hoja a la del tronco.

La preparación de la hoja una vez se ha separado del árbol, debe ser lo más rápida posible, cortando una porción del limbo de la hoja sin dañar la nerviación central para poder introducir el peciolo de la hoja en el cabezal de la cámara, para inmediatamente introducirla en la cámara de presión, cerrando esta herméticamente. Se aumenta la presión progresivamente teniendo en cuenta las recomendaciones de Turner (1981). El momento en el que se humedece la superficie de corte del peciolo y se inicia el burbujeo se corresponde con el equilibrio de potencial, es decir el potencial que tiene el agua en el interior de la hoja está en equilibrio con el que hay en el interior de la cámara.

4.3.6. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA.

Para realizar la medida de la conductancia estomática (g , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) se ha utilizado un porómetro de régimen transitorio, concretamente el modelo SC-1, de la marca Decagondevices (Decagondevices Inc., Pullman, WA, USA) (Imagen 9).

Moriana et al (2002) describe que el ciclo de conductancia en hojas de olivo es muy característico, teniendo su máximo a primeras horas de la mañana para disminuir por efecto de la demanda evaporativa hasta un mínimo que permanece hasta que comienza la limitación por radiación. Nuestra intención era la estimación de la conductancia máxima por lo que las medidas se realizaron a primera hora de la mañana, en torno a las 10-11 GMT en hojas escogidas al azar que estuvieran completamente expandidas, expuestas al sol y sin anomalías aparentes. El número de hojas medidas fue de 1 por parcela elemental, es decir 7 de cada tratamiento. La toma de datos comenzó el DDA 139 (18 de mayo) y finalizó el DDA 250 (6 de septiembre).





Imagen 10. Detalle del porómetro SC-1 en el momento que se está realizando una medición.

4.4. MEDIDA DE LOS VASOS XILEMÁTICOS.

Se analizaron los vasos xilemáticos de 3 tallos de 5mm de diámetro en cada árbol control. Para ello se realizaron 5 cortes histológicos como mínimo por sección, de 50 μm de grosor. Estos cortes se realizaron con un criostato CM1950 (Leica Microsystems, Alemania) siguiendo la metodología descrita por Brückner and De Jong (2014). Posteriormente a estos cortes histológicos se realizaron fotografías de cada corte histológico con un microscopio óptico BX61 (OLYMPUS, Japón), empleando Epifluorescencia (10x, 2 segundos de exposición).



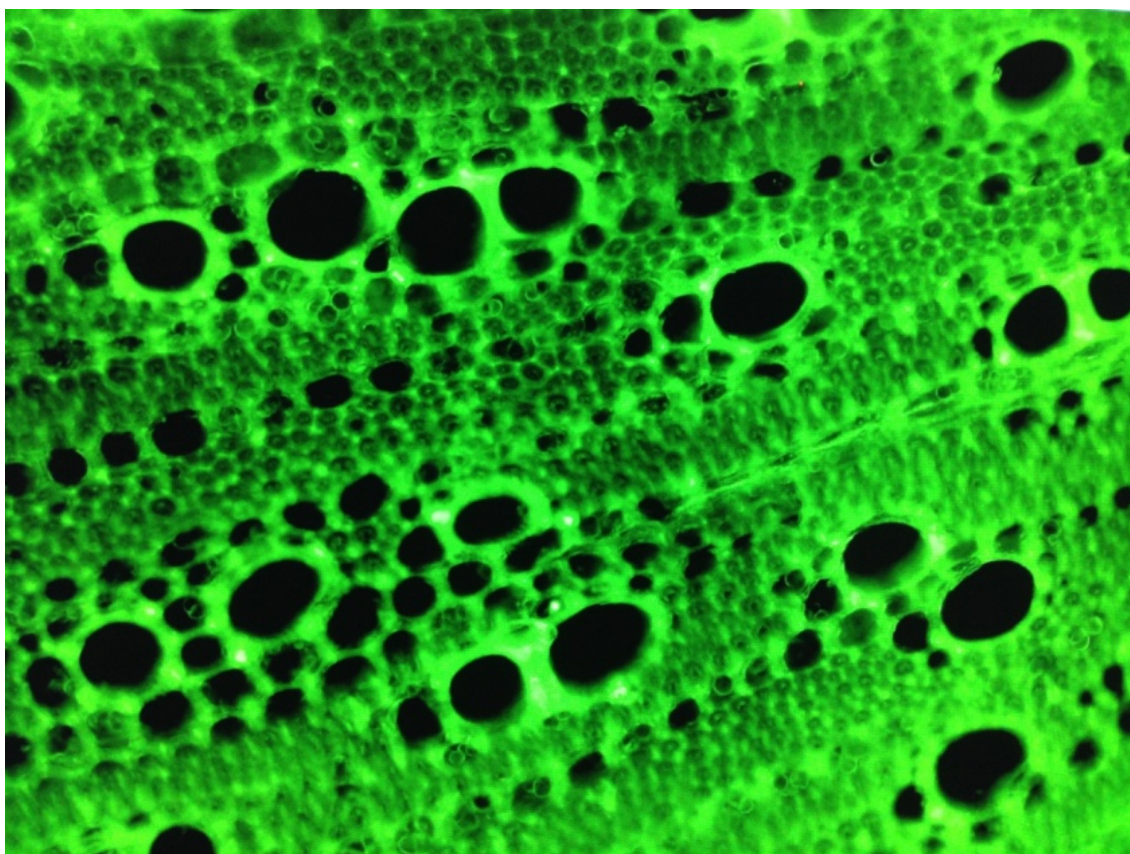


Imagen 11. Detalle de la imagen obtenida mediante epifluorescencia de los vasos xilemáticos.

El análisis de las fotografías se realizó con el programa informático ImageJ, y se midieron los diámetros máximos de los vasos del xilema a través del análisis del área de cada vaso.

El parámetro empleado ha sido el % de vasos xilemáticos de cada tamaño, en intervalos de 10 – 20, 20 – 30, 30 – 40, 40 – 50, 50 – 60 y >60 μm , en cada una de la secciones analizadas.

4.5. COSECHA.

La recolección se realizó el 13 de septiembre, fecha que consideramos la adecuada para la recolección de la variedad Manzanilla de Sevilla destinando su fruto para aceituna de mesa, de forma manual empleando macacos. Las aceitunas de cada parcela elemental se depositaron en bolsas independientes, catalogando estas como muestras independientes.





Imagen 12. Aceitunas en el momento de la recolección.

Una vez en laboratorio, se taró la bolsa y posteriormente se cuantificó el peso de cada muestra.

A continuación se analizaron las siete muestras de cada tratamiento, una por bloque de repetición, y se determinó el Índice de Madurez según Hermoso et al (1995), el escandallo (número de frutos por kilogramo), relación pulpa/hueso y textura (Kg) para lo que se empleó un penetrómetro.

La relación pulpa/hueso fue determinada deshuesando 10 frutos al azar y pesando por separado en fresco la pulpa y el hueso. Seguidamente se introducen en una estufa con circulación de aire forzado a 70°C hasta alcanzar peso constante, ya deshidratado y poder peso seco de las muestras separado para obtener la relación pulpa/hueso seco.

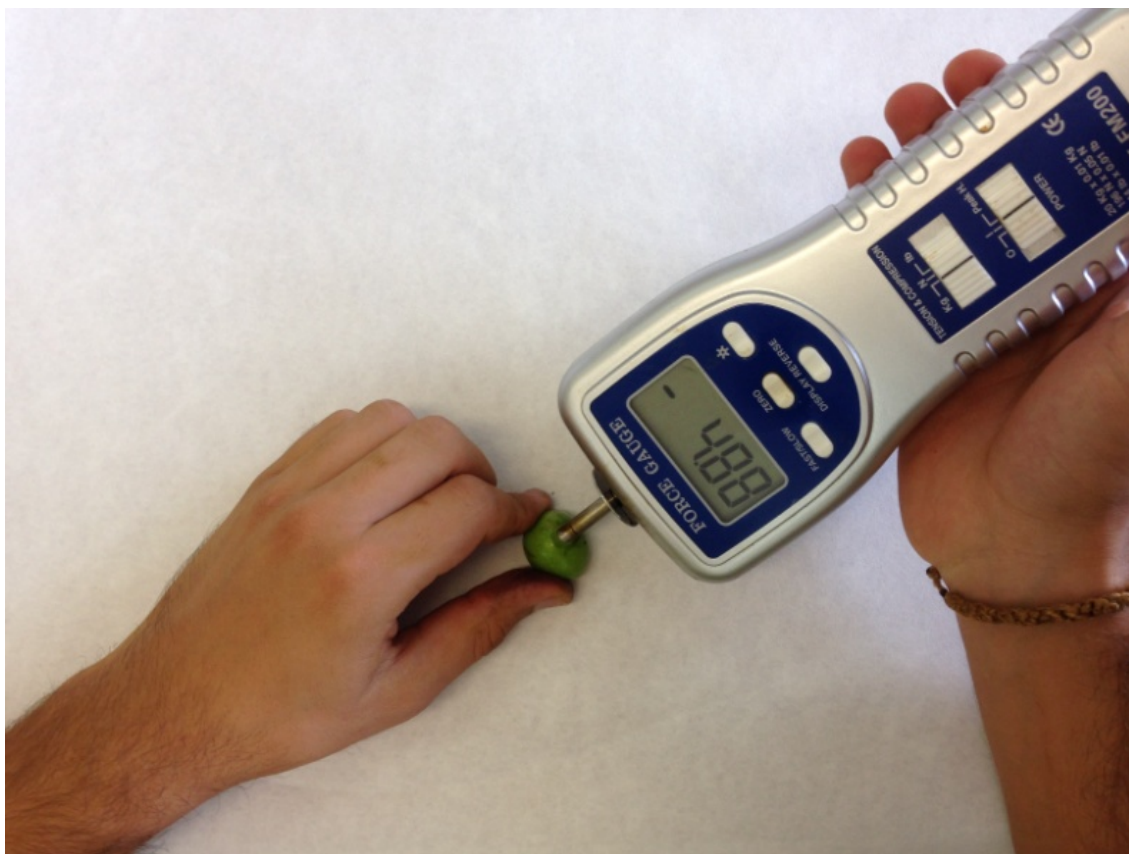


Imagen 13. Detalle del penetrómetro en el momento que se realizó la medición.

Tabla 2. Descripción de las aceitunas en función del estado de madurez (Hermoso et al, 1995).

0	Piel verde intensa
1	Piel verde amarillenta
2	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto, inicio del envero
3	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto, final del envero
4	Piel negra y pulpa blanca
5	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
6	Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso
7	Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso



4.6. ANÁLISIS DE DATOS.

Los datos fueron introducidos de forma manual en el programa de cálculo "Microsoft Excel", en el cual se calcularon los promedios de cada bloque de repetición y la desviación estándar de estos. El siguiente paso, mediante el programa "Statistix 8" se realizaron los análisis de varianza para cada parámetro medido, y un test de separación de medias, con el test de Tukey, para un nivel de confianza de los resultados del 95% y del 99%.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. CLIMATOLOGÍA.

En la figura 6 se observa la evolución que las temperaturas, máximas y mínimas ocurridas a lo largo del año 2016. Estas medidas se registraron en la estación Meteorológica de La Puebla del Río, situada a 8,7 km del ensayo. Las temperaturas más bajas se observaron en los meses invernales sin valores inferiores a 0° C, excepto el DDA (día del año) 48 (17 de febrero) en el que la mínima registrada fue de -1,50° C. Las temperaturas máximas se registraron en los meses estivales, siendo el DDA 249 (5 de septiembre) el día que se observó la temperatura más alta registrada con un valor de 43,2° C.

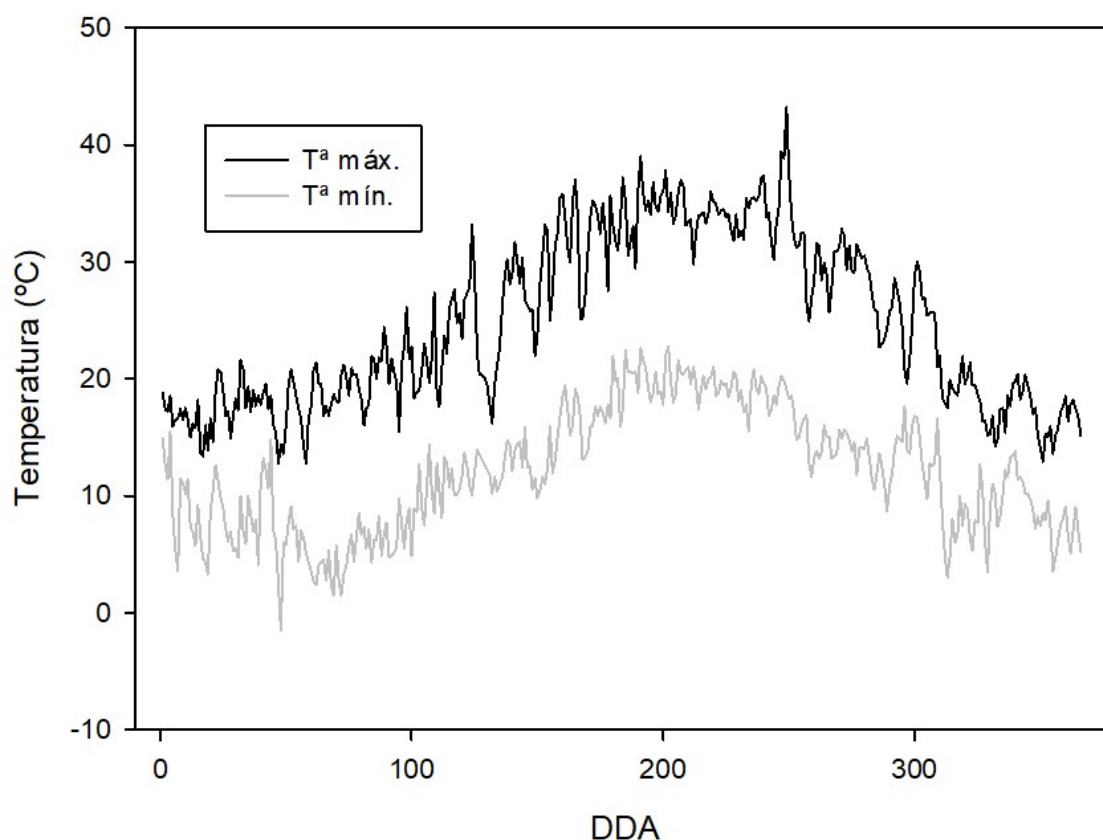


Figura 6. Evolución de las temperaturas máximas (línea gris) y mínimas (línea negra) registradas durante el año 2016. Datos obtenidos de la estación agroclimática de La Puebla del Río (Junta de Andalucía).

En la figura 7 se puede apreciar la evolución de las precipitaciones y la evapotranspiración de referencia (ET_o) durante el año 2016. La



evapotranspiración sigue un esquema muy similar al de las temperaturas (Figura 6). Con valores inferiores a la unidad durante el invierno y cercanos a 7 mm.día⁻¹ durante el verano, obteniendo los DDA 122 y 123 (1 y 2 de mayo) 8,02mm.día⁻¹, siendo este el máximo valor estacional. Durante el periodo del ensayo el valor medio de la ETo fue de: 5,31 mm. día⁻¹, y una ETo acumulada de 940,11 mm, siendo ésta muy superior a la precipitación registrada.

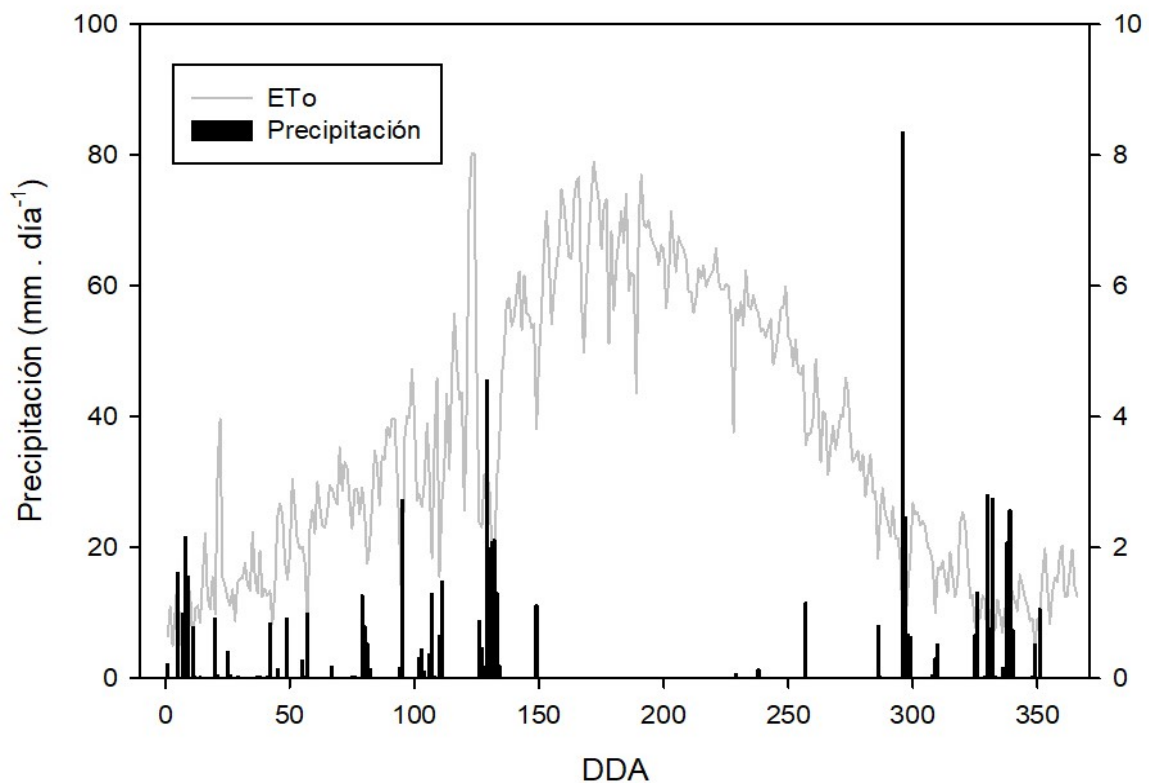


Figura 7. Evolución de las precipitaciones (Barras verticales) y ETo diaria (línea gris) registrada durante el año 2016. Datos obtenidos de la estación agroclimática de La Puebla del Río (Junta de Andalucía).

Las fechas de las precipitaciones corresponden con las descritas por el clima Mediterráneo, se distribuyeron entre el otoño y la primavera, y fueron inapreciables durante el verano. La precipitación acumulada registrada en el año 2016 fue de 683,10 mm, lo que nos indica que es un año normal de lluvias, ya que la media de la zona es de 584,77 mm (SIAR 2006-2016).

5.2. FISIOLOGÍA DEL CULTIVO.

En la figura 8 se representan los valores medios de potencial hídrico de tallo (Ψ_h) del cultivo a lo largo del periodo de estudio. En la fase crítica de esta especie, floración y cuajado (del DDA 81 al DDA 118), los valores de potencial fueron óptimos, los valores medios se mostraron por encima del umbral que establece Moriana et al, 2002, (-1,2 MPa). A partir del DDA 165, coincidiendo con la fase de endurecimiento masivo de hueso (Fase II) se restringió el riego hasta el DDA 250. En este periodo los potenciales oscilaron entre -1,2 MPa y -3 MPa para los dos tratamientos, descendiendo del umbral propuesto únicamente el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita los DDA 215 y 231.

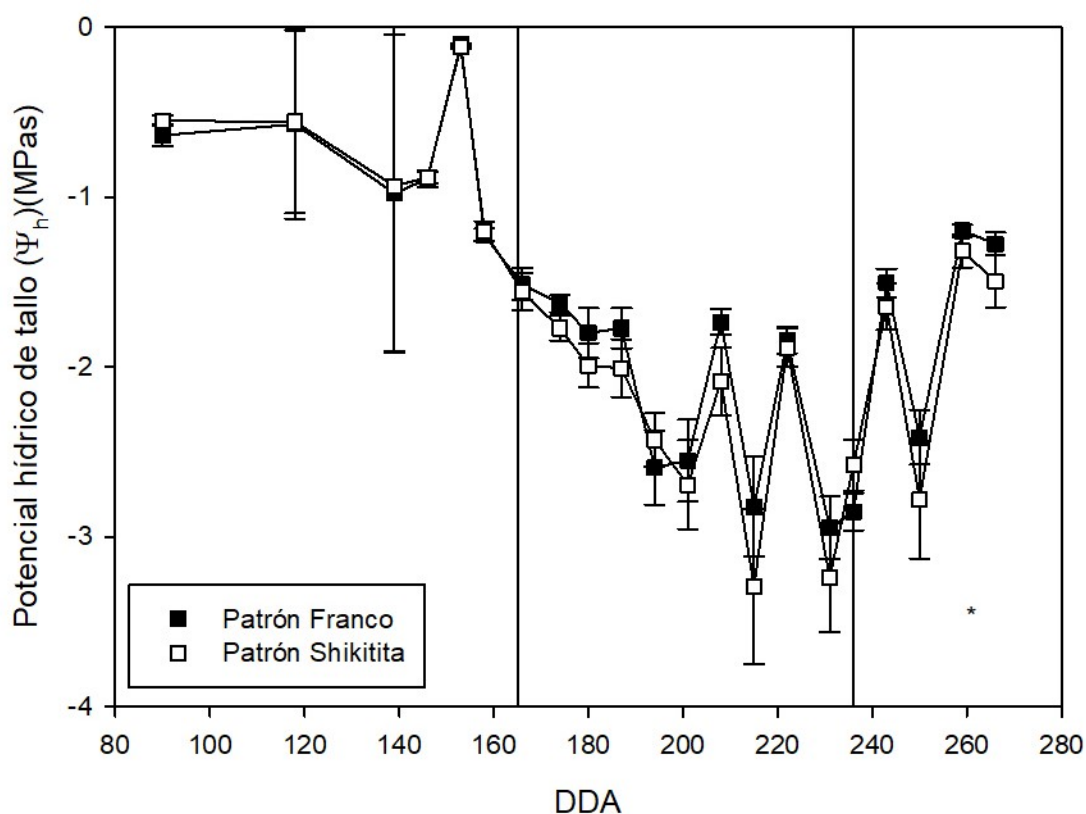


Figura 8. Evolución del Potencial hídrico en tallo durante el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 7 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

Los valores de potencial fueron muy similares para ambos tratamientos. Desde el inicio del estudio hasta la medida realizada el DDA165, el tratamiento



de 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita mostro valores mayores que 'Manzanilla de Sevilla Franca', mientras en la fase II, en la que se redujo el riego en ambos tratamientos: 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita mostró valores medios de potencial hídrico de tallo ligeramente inferiores. Esta tendencia continuó en la rehidratación del árbol (Fase III), pero en este caso se revelaron diferencias estadísticamente significativas en la medida realizada el DDA 259. Mientras en la última medida realizada, previa a la recolección se observaron de nuevo valores más bajos en 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita, pero no existieron diferencias estadísticamente significativas. Esta misma tendencia de valores menores de potencial hídrico de tallo en los árboles 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita ya fue obtenida en el año anterior (datos no mostrados).

Los niveles de estrés hídrico obtenidos durante el periodo de endurecimiento del hueso son de un nivel moderado según diferentes trabajos de riego en los que se afecta al crecimiento del fruto pero la reducción en cosecha es pequeña o nula (Moriani et al., 2003; Iniesta et al., 2009; Girón et al. 2015). Sin embargo, fue a partir de este periodo cuando se observó una cierta tendencia a menores valores de potencial hídrico en los árboles injertados en Shikitita. El olivo es una especie que se caracteriza por tener una gran resistencia en el transporte del agua debido a un menor diámetro de los vasos conductores (Lo Gullo y Salleo, 1989). El efecto de los patrones enanizantes en la hidráulica del árbol ha sido muy poco estudiada pero podría estar relacionado con una disminución, aún mayor, de estos diámetros xilemáticos. Nardini (2006) en la variedad Leccino, observó que el empleo de patrones enanizantes, produjo una reducción de la conductividad hidráulica en un 60%. También en melocotonero, el empleo de patrones enanizantes puede ocasionar una disminución de la conductividad hidráulica y una disminución del potencial hídrico de tallo (Hernández-Santana et al 2016, Bruckner, C.H et al, 2014, Tombesi et al 2010; Basile et al 2003). Sin embargo, este efecto de menores valores de potencial hídrico de tallo también puede estar ligado a la carga de fruta (Martín-Vertedor et al. 2011). En nuestro caso el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita presentó mayor carga de fruta (como analizaremos más adelante).



La figura 9 muestra la evolución a lo largo del ciclo de la conductancia estomática en hoja medida a primera hora de la mañana, cercano al máximo diario. Este parámetro presentó una evolución similar para ambos tratamientos a lo largo del ciclo de ensayo, encontrando una diferencia significativa en los valores del DDA 158 (6 de junio) día en el tratamiento Franco presenta una disminución significativa clara.

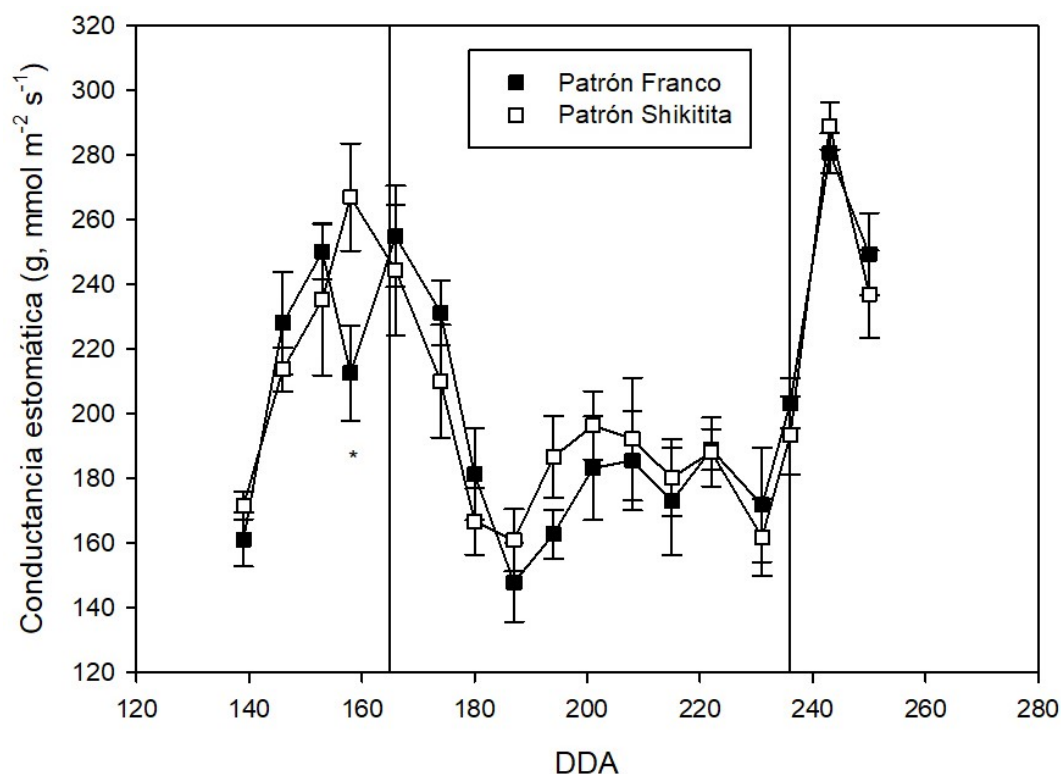


Figura 9. Evolución de la Conductancia estomática durante el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 7 datos. Las barras verticales representan el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

En la fase de estrés hídrico, comprendido entre los DDA 165 y DDA 236 se observó como el tratamiento con el patrón Shikitita tiende a ser superior al tratamiento de 'Manzanilla de Sevilla'. Esta tendencia disminuyó en las dos últimas medidas en las que las plantas mejoraron su estado hídrico. La subida tan elevada al final del periodo de estrés hídrico estuvo relacionada, posiblemente, con condiciones meteorológicas. Los datos de potencial hídrico y conductancia estomática durante el periodo de estrés hídrico sugieren posibles



cambios en la fisiología de la planta. Los árboles injertados en Shikitita tendieron a menores valores de potencial hídrico pero a mayores de conductancia lo que sugiere una posible regulación más eficiente del intercambio gaseoso empleando este patrón. Trabajos recientes sugieren un efecto significativo de las raíces en el intercambio gaseoso del olivo (Torres-Ruiz et al., 2013).

La figura 10 representa el porcentaje de vasos según su tamaño. Los dos portainjertos dan lugar a una distribución similar en el tamaño de vasos, con un 80% de los vasos con un diámetro inferior a 30 μm . Sólo hubo diferencias significativas en el rango de diámetro de 50 – 60 μm , en el cual el tratamiento ‘Manzanilla de Sevilla’/Shikitita presentó un 1,44% con respecto al 0,95% del tratamiento franco. El tratamiento franco sólo tendió a un mayor porcentaje en el tamaño de vasos más pequeños, en el intervalo de 10 – 20 μm con 66,60% y 64,18% en ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla de Sevilla’/Shikitita respectivamente. En el resto la tendencia fue a la inversa con valores ligeramente superiores en el caso de los árboles injertados sobre Shikitita.

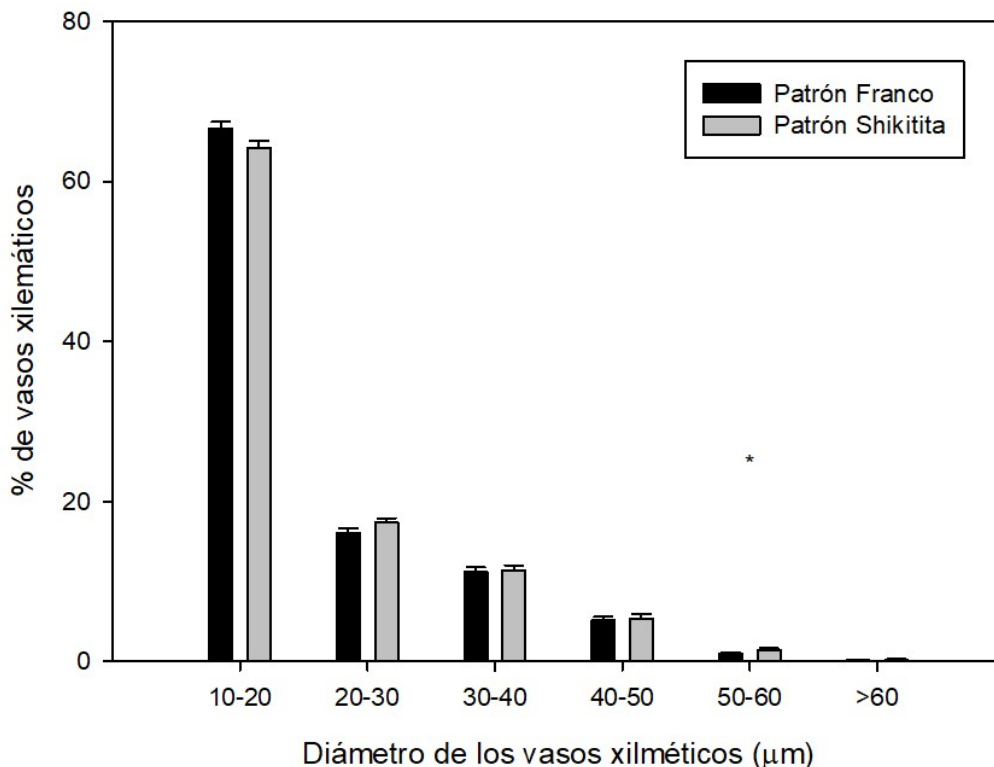


Figura 10. % de vasos xilemáticos mayores de 10 μm , los valores son la media de 63 cortes histológicos (3 cortes por sección de 3 tallos por árbol, en

7 árboles por tratamiento). Las barras negras representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y las barras grises a 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Las barras verticales representan el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

Los resultados obtenidos no se corresponden con los descritos en otros trabajos anteriores para melocotonero (Tombesi et al, 2010; Bruckner, C. et al, 2014) y cerezo (Zorić, L. et al, 2012), pues en nuestro caso el tratamiento franco, presentó mayor número de vasos xilemáticos de menor tamaño que el tratamiento con patrón enanizante. Lo que en principio, sugiere que no hay una arquitectura hidráulica diferencial entre ambos tratamientos.

En el primer año de estudio el comportamiento fue similar (Verano, 2016), en el que los vasos del xilema más cuantiosos fueron los de menor tamaño, y no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Pero en ese primer año si se observó una tendencia en los diámetros de los vasos xilemáticos mayores, que mostraron medias más bajas en los intervalos de 30-40, 40-50 y $>60\mu\text{m}$ del tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita.

5.3. CRECIMIENTO VEGETATIVO.

El crecimiento de los brotes tuvo un comportamiento similar en los dos tratamientos estudiados (Fig.11). A partir de la medida realizada el DDA 118 se apreciaron longitudes mayores en el tratamiento de 'Manzanilla de Sevilla', esta tendencia se mantuvo durante todo el estudio sin llegar a apreciarse diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las medidas realizadas. A lo largo del experimento se observan dos fases de crecimiento. Una primera fase en la que el crecimiento fue muy pronunciado, desde el inicio hasta el DDA 146 (25 de mayo) a partir del cual se estabilizó el crecimiento de los ramos. Este efecto es debido al inicio de la fase de endurecimiento masivo de hueso (Rallo y Suárez 1989). La reducción del crecimiento en esta fase del cultivo está bien descrita en el cultivo de 'Manzanilla de Sevilla' en anteriores trabajos del grupo (Girón et al 2015, Corell et al 2017), asociada a la carga de fruta del cultivo, al crecimiento y desarrollo de los frutos. En esta segunda fase, el crecimiento se detuvo, como ya sucediera en 2015 en el mismo ensayo (Verano, 2016).



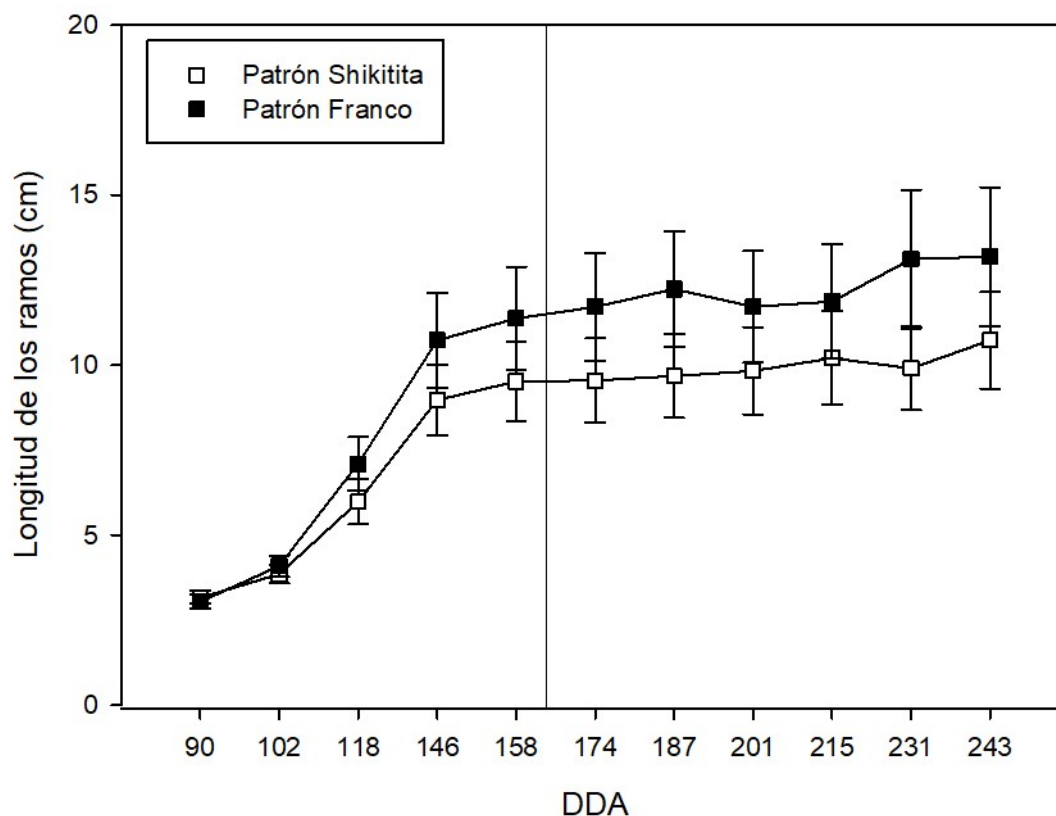


Figura 11. Evolución de la longitud de los ramos durante el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a ‘Manzanilla de Sevilla’ Franca, y los cuadrados blancos ‘Manzanilla de Sevilla’/Shikitita. Cada valor es la media de 70 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

La Fig. 11 muestra claramente que no hubo un efecto enanizante con el empleo de ‘Shikitita’ como patrón. En otros estudios se ha llegado a observar una reducción del 50% de la masa foliar en ‘Leccino’ cuando se emplearon patrones enanizantes Leccino Dwarf, en comparación con otros patrones no enanizantes (Nardini et al, 2006). De hecho en frutales es habitual el empleo de patrones enanizantes por el control del vigor de la variedad según Di Vaio et al (2012). Este control del vigor se ha asociado en varios estudios a la reducción de la conductividad hidráulica, por la reducción de los haces vasculares, especialmente el tamaño de los vasos xilemáticos en melocotonero (Bruckner and Dejong, 2013; Tombesi et al 2010; Basile et al. 2003) en manzano (Atkinson et al. 2003) y en cerezo (Ljubojevic et al, 2013; Zorić et al, 2012).



En la figura 12 se aprecia la evolución que experimentó la longitud de los entrenudos durante el periodo experimental. Este valor es prácticamente constante a lo largo de todo el experimento. El tratamiento de 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita presentó inicialmente una tendencia, no significativa, a entrenudos más largos, hasta el DDA 188. A partir de esta fecha el tratamiento con patrón franco aumentó su longitud de entrenudos dando lugar a una diferencia estadísticamente significativa en el DDA 231 con una media de 0,75 cm de elongación entrenudos en el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla' y 0,70 cm en el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita.

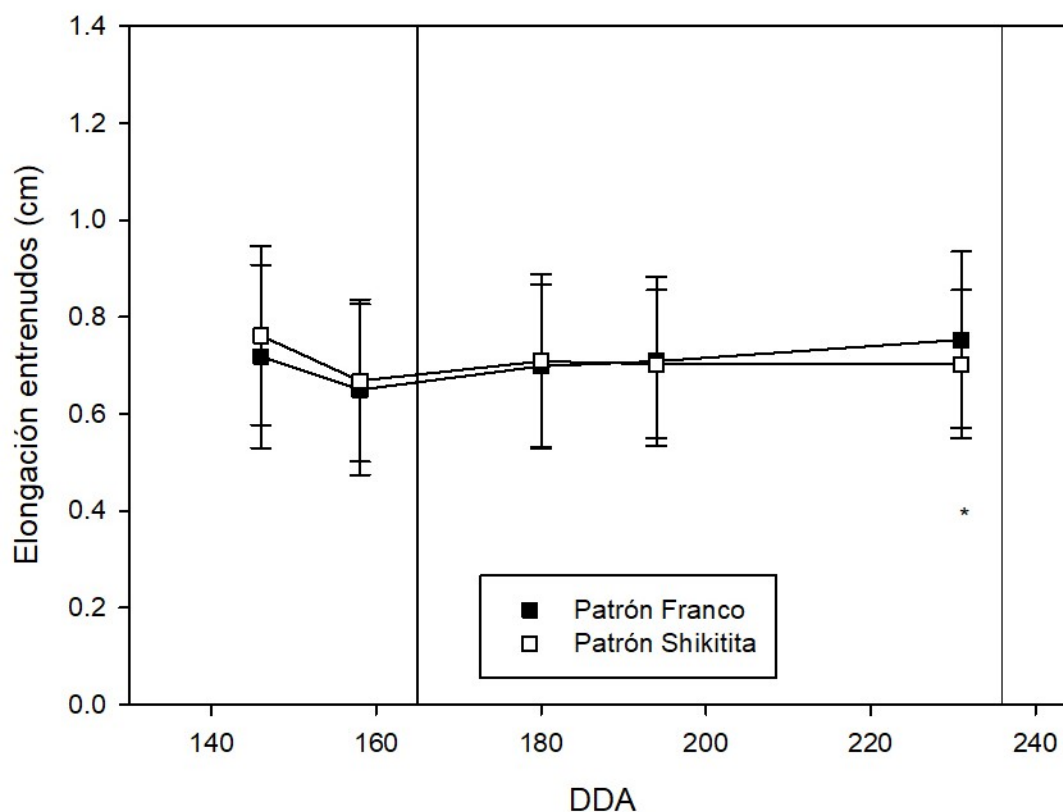


Figura 12. Evolución de la elongación de los entrenudos durante el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 70 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

El efecto de reducción de los entrenudos en el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita coincidió con la bajada del potencial hídrico de tallo a -2



MPas (Fig. 8), puede relacionarse con la mayor biomasa radicular, y por tanto mayor capacidad de explorar el perfil de suelo que puede presentar el tratamiento franco, relacionándose con los estudios de Gambetta et al (2012), describieron en *Vitis vinifera*, la biomasa de las raíces fueron significativamente mayor en los portainjertos de alto vigor.

En la figura 13 se ha representado la evolución del volumen de copa durante el periodo de ensayo, observando un desarrollo similar en ambos tratamientos, mostrando en todo momento el tratamiento con patrón franco un ligero aumento del volumen, coincidiendo aproximadamente con la ralentización del crecimiento de los brotes.

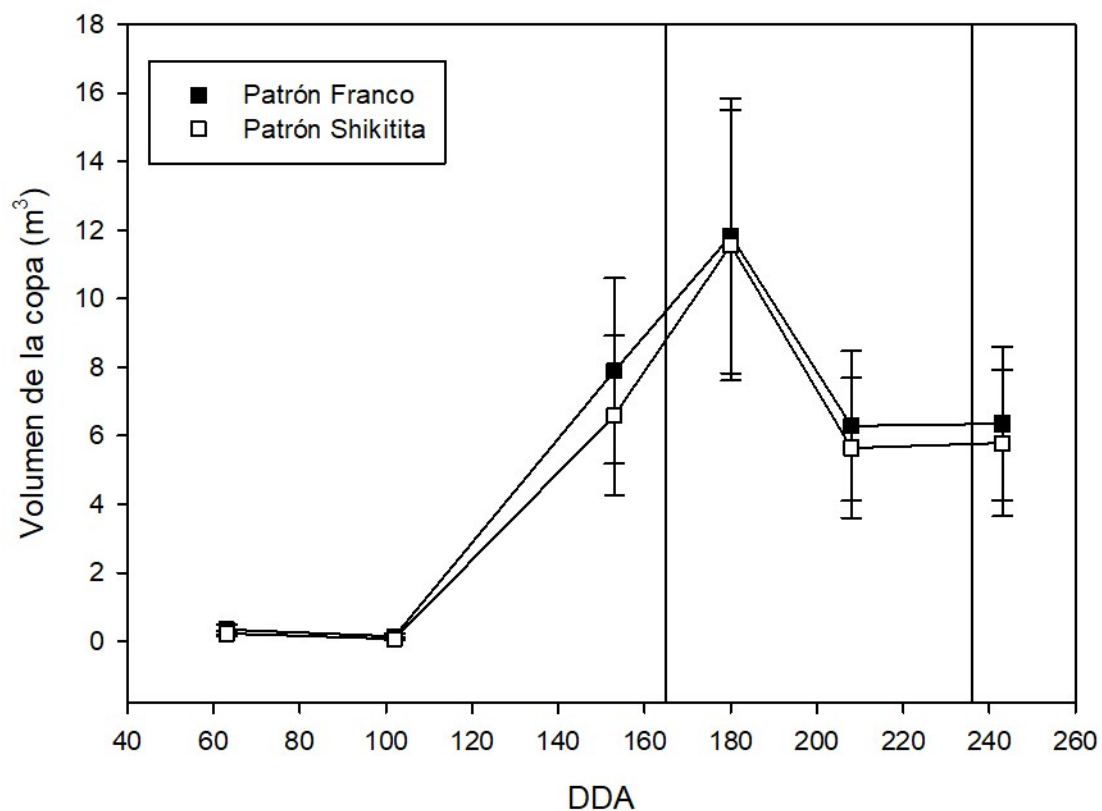


Figura 13. Evolución del volumen de la copa medida en el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a ‘Manzanilla de Sevilla’ Franca, y los cuadrados blancos ‘Manzanilla de Sevilla’/Shikitita. Cada valor es la media de 70 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

Se observó una primera fase con una pendiente creciente, coincidiendo con la primera fase descrita en la longitud de ramos, hasta el DDA 180 (28 de junio), fecha en la que se produjo un punto de inflexión con la consiguiente caída del volumen de copa que pudo deberse al peso de la fruta que hizo que inclinara los ramos, manteniéndose constante durante la fase de endurecimiento de hueso.

Las figuras 14 y 15 muestran la evolución del diámetro del tronco medido en el cuello de la raíz y a 35 cm del suelo. No se observó diferencias estadísticamente significativas.

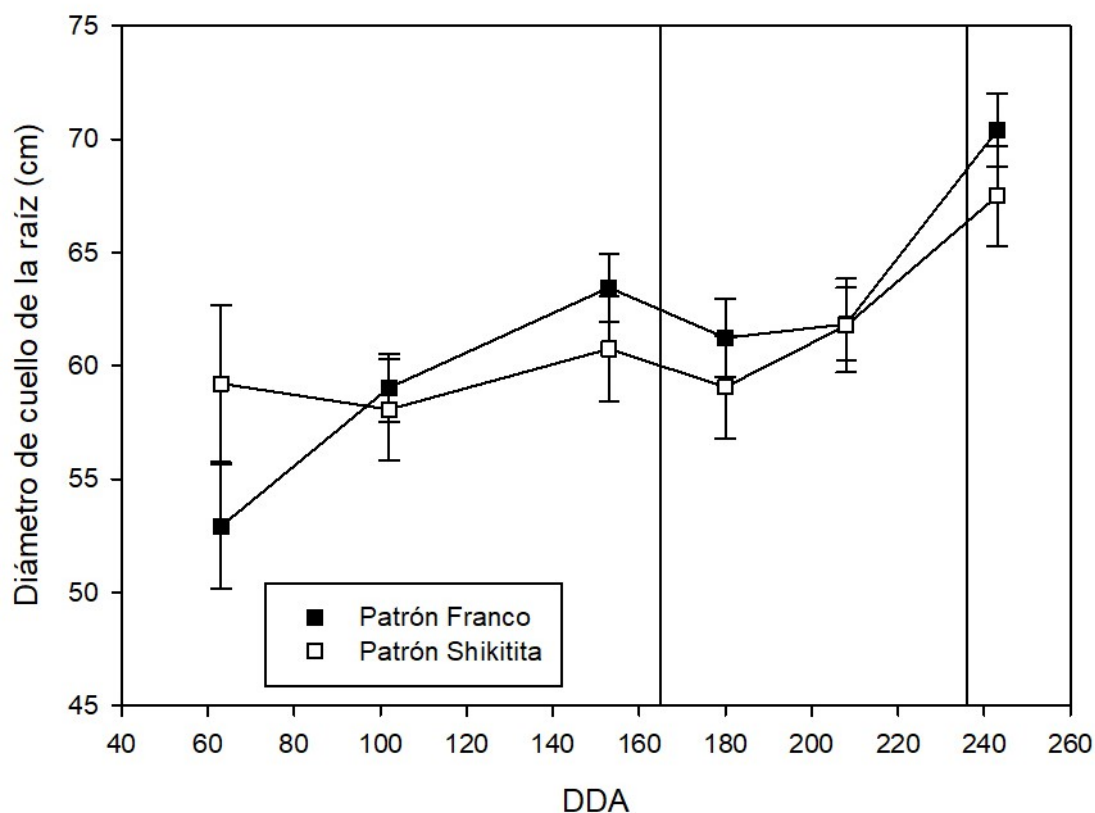


Figura 14. Evolución del diámetro del cuello de la raíz medido en el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 7 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).



Al inicio de la toma de datos, el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita presentaba mayor diámetro en el suelo que el tratamiento de patrón franco, pero a partir del DDA 96 (5 de abril) se invirtió la tendencia, presentando durante el resto del ensayo el tratamiento con el patrón franco tendencia a mayores diámetros de cuello de la raíz. Se observó un pequeño receso en el crecimiento del diámetro del tronco a nivel del suelo coincidiendo con la fase de entrada en estrés que se fijó el DDA 165, siendo puntual y manifestando un crecimiento hasta el final de la toma de datos.

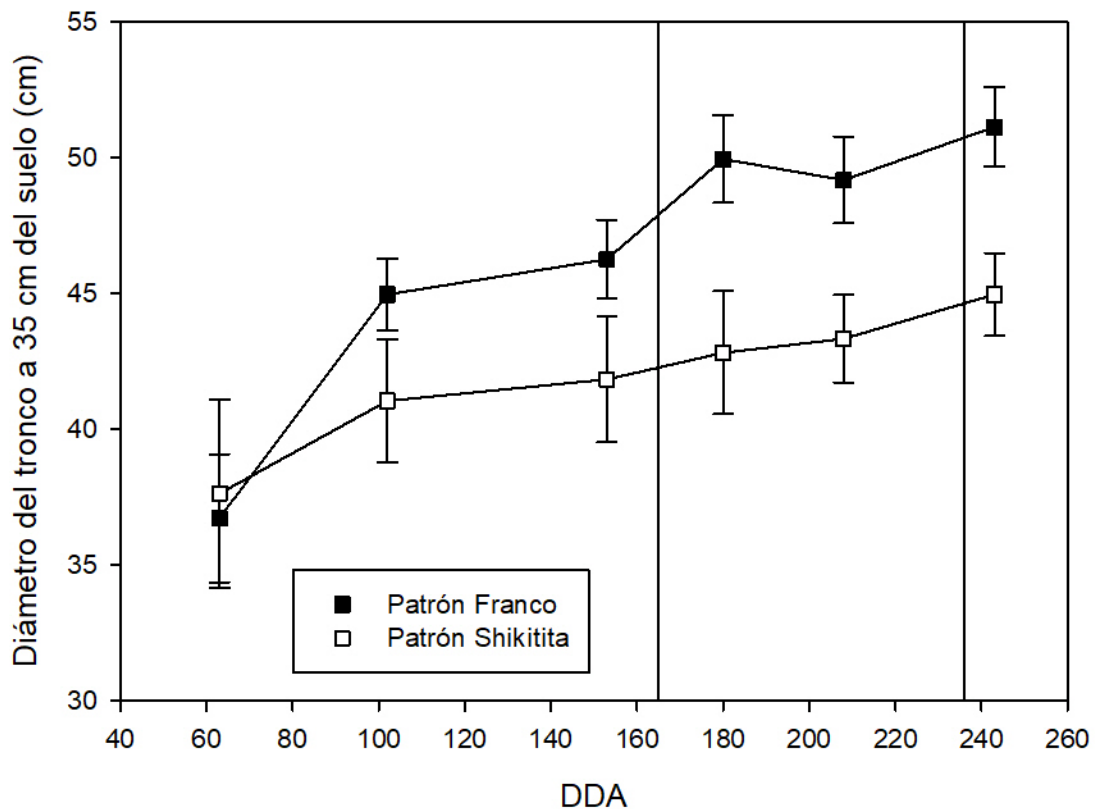


Figura 15. Evolución del diámetro del tronco a 35 cm del suelo medido en el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 7 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

En cambio, el diámetro del tronco a 35 cm del suelo presentó un crecimiento lineal a lo largo del todo el periodo (Fig. 15). También se observó como el tratamiento con patrón franco tiene un mayor desarrollo del tronco que



el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita, lo que coincide con los resultados obtenidos en las figuras 6 y 7. Tombesi (2010) describe que los patrones vigorosos de melocotón presentaron menor número de vasos de xilema pero más grandes estos en la raíz que en el tallo. Battistini et al (2003), observaron en el patrón de cerezo semi-enanizante Víctor presentaba menor sección transversal que el patrón Mazzard F12/1 (patrón vigoroso), 176 cm² el patrón semi-enanizante en comparación con 201 cm² que presentó el patrón vigoroso. Del Río et al (2002) en un ensayo de 'Picual' y 'Arbequina' sobre patrones, mostraron que la colección de 'Picual' injertada sobre diversos patrones presentaron diferencias en el diámetro de los troncos con respecto a los 'Picual' autoenraizados y autoinjertados, variando entre el 6-32% el diámetro. En nuestro ensayo la diferencia de diámetro a 35 cm del suelo es del 12% inferior en el patrón Shikitita en comparación con el tratamiento autoenraizado.

5.4. FLORACIÓN Y DESARROLLO DEL FRUTO.

En la figura 16 se muestra la evolución de la floración de los olivos del ensayo. Ambos tratamientos respondieron al mismo esquema de floración, presentando en todo momento un mayor número de inflorescencia el tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita. En ningún momento se observaron diferencias estadísticamente significativas. Se diferenciaron tres fases en el parámetro. Una primera fase, entre comienzo de toma de datos y el DDA 118, en la que el árbol desarrolló sus yemas a inflorescencias, eliminando éstas y posteriormente las infrutescencias de forma progresiva entre el DDA 118 y 153 (segunda fase), hasta estacionarse con un número constante de infrutescencias por ramo hasta el final de la toma de datos. Este despojo de inflorescencias e infrutescencias se corresponde con el ciclo normal del olivo, ya que este solo cuaja del 1 – 3% de sus flores (Rallo, 1994).



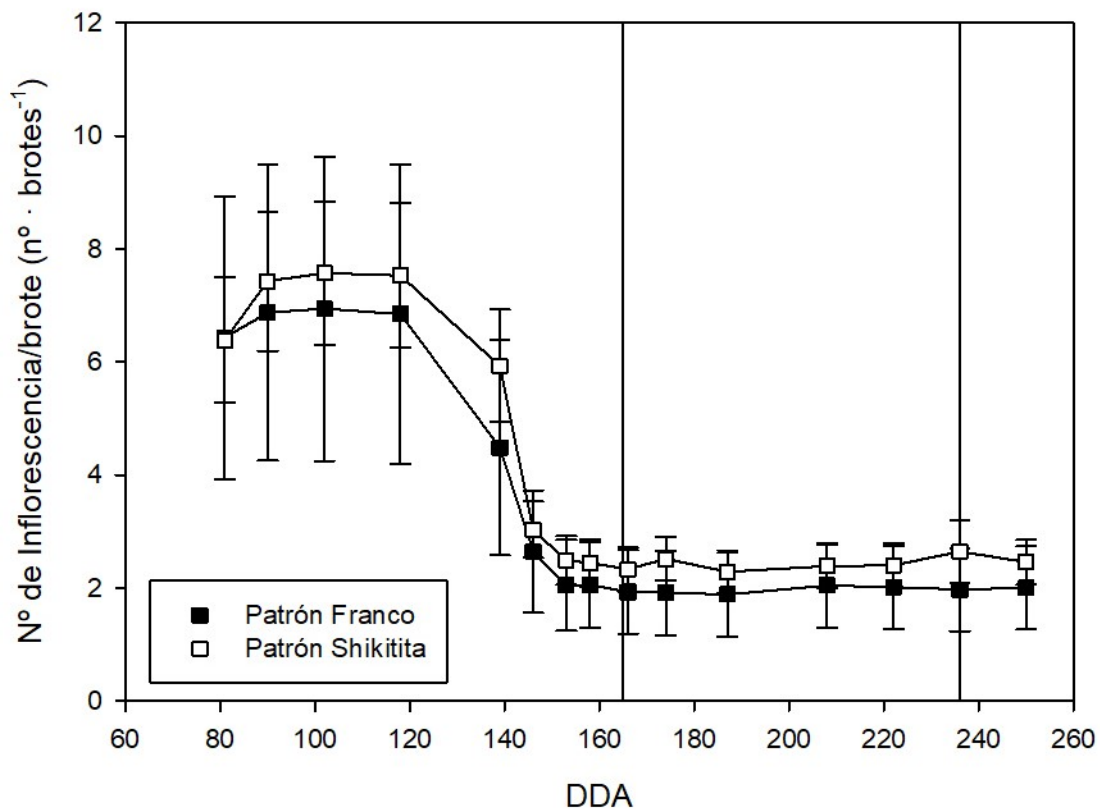


Figura 16. Evolución del número de inflorescencias por brote medido en el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a ‘Manzanilla de Sevilla’ Franca, y los cuadrados blancos ‘Manzanilla de Sevilla’/Shikitita. Cada valor es la media de 70 datos. Las barras verticales representan el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

Esta tendencia a mayor número de inflorescencia que presentó el tratamiento ‘Manzanilla de Sevilla’/ Shikitita se puede relacionar con el mayor volumen de copa, mayor altura de las plantas y la menor longitud de entrenudos que presentó en la campaña anterior (Verano, 2016), puesto que el olivo es una especie que fructifica sobre los brotes de dos años. Caballero y del Río (1997) describen que la floración de ‘Picual’ y ‘Manzanilla de Sevilla’ injertadas sobre patrón Lechín de Sevilla, no parece verse afectada por el injerto, aunque si señalaron que como el patrón reduce la superficie productiva, la producción se ve disminuida.

La figura 17 muestra el número de frutos por ramo, permaneciendo constante a lo largo del ensayo y sin apreciarse diferencias estadísticamente significativas.

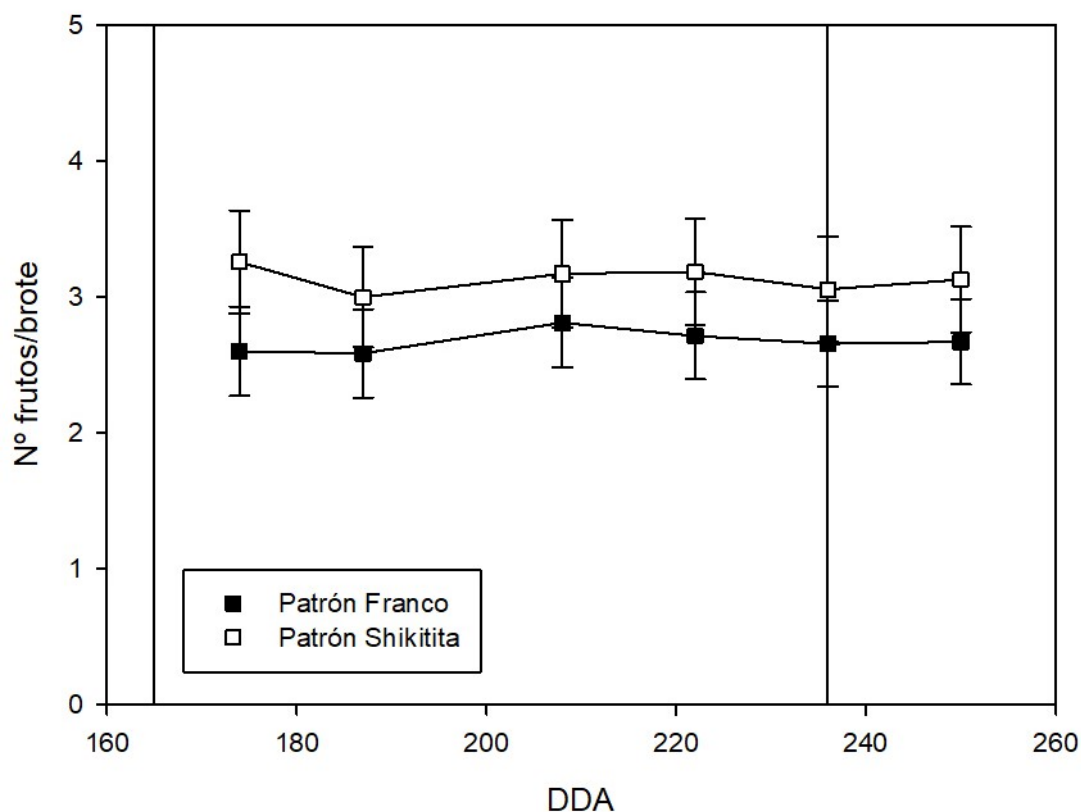


Figura 17. Evolución del número de frutos por brote medido en el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 70 datos. Las barras verticales representan el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

El tratamiento 'Manzanilla de Sevilla'/ Shikitita presentó un mayor número de frutos en todo el periodo de ensayo, del orden de 0,4 frutos más que el tratamiento con patrón franco. Ambos tratamientos presentaron una tendencia constante.

En la aceituna de mesa, un parámetro muy importante es el volumen del fruto, ya que en este sector se demandan frutos de calibre grande. En la figura que se muestra a continuación (fig. 18) se representa la evolución del volumen del fruto a lo largo del ensayo. La figura experimentó un crecimiento lineal



para los dos tratamientos, siendo ligeramente superior en el tratamiento con patrón Manzanilla de Sevilla.

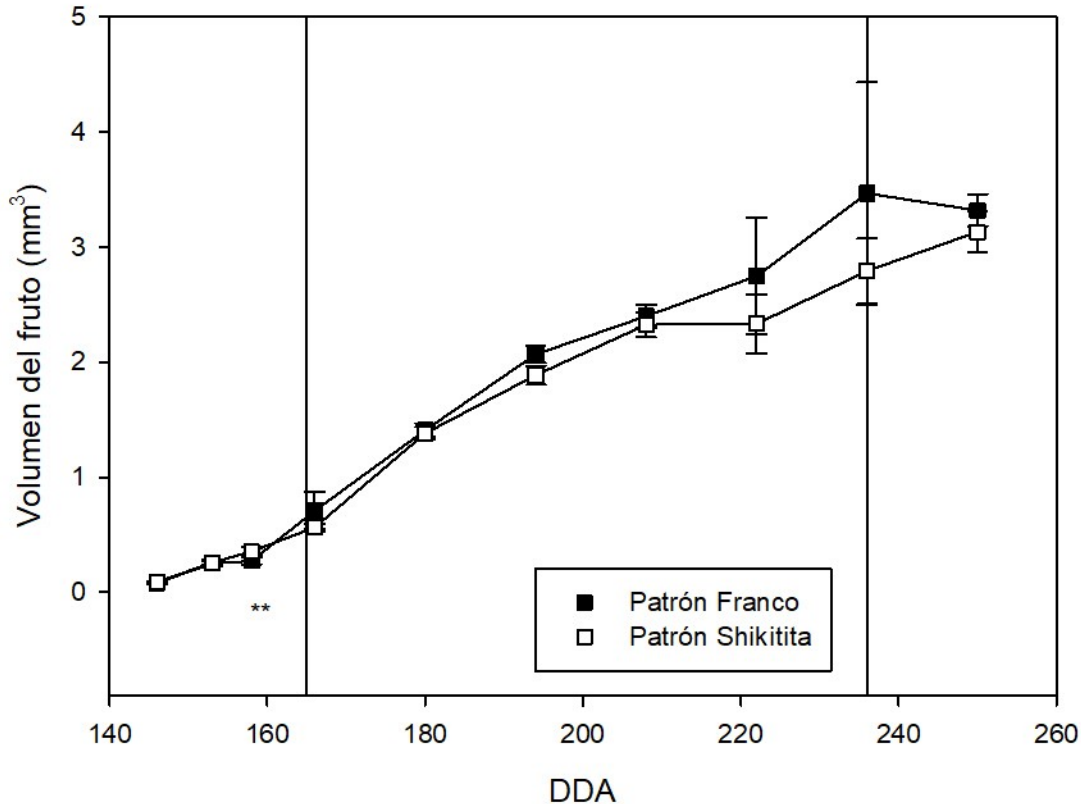


Figura 18. Evolución del volumen del fruto medido en el periodo experimental. Los cuadrados negros representan a 'Manzanilla de Sevilla' Franca, y los cuadrados blancos 'Manzanilla de Sevilla'/Shikitita. Cada valor es la media de 70 datos. Las barras verticales representa el error estándar y los asteriscos diferencias significativas (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, test de Tukey).

El DDA 153 se observó una diferencia estadísticamente significativa entre el volumen de ambos tratamientos, presentando la media de los datos del patrón franco un volumen de $0,25 \text{ mm}^3$ y patrón Shikitita un volumen de $0,26 \text{ mm}^3$. Sin embargo, estas diferencias no se confirmaron con medidas posteriores por lo que posiblemente no son reales. Durante el periodo sometido a estrés hídrico no se observó mermado el ritmo de engorde de la aceituna en el tratamiento franco pero si que hubo una parada en el tratamiento de Shikitita alrededor del DDA 220. Girón et al. (2015) trabajando en la variedad Manzanilla de Sevilla sugirieron que con valores de potencial hídrico de tallo en torno a $-2,5 \text{ MPa}$, no se afecta al crecimiento del fruto. Esta parada en Shikitita podría

sugerir una mayor sensibilidad al estrés hídrico empleando este patrón que sería preciso comprobar en próximos estudios.

5.5. CANTIDAD Y CALIDAD DE LA COSECHA.

En la tabla 3 se reflejan los resultados de cosecha obtenidos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos, pero si se apreciaron valores ligeramente superiores en la cosecha de aceitunas procedentes de los olivos injertados sobre patrón Shikitita. Puede ser debido a la mayor floración que tuvo y al mayor número de frutos por ramos aunque el volumen de copa fue similar. La cosecha obtenida en este trabajo se puede considerar la primera, ya que en años precedentes los valores obtenidos fueron inferiores a 1000 kg.ha⁻¹.

Tabla 3. Cantidad y calidad de cosecha en la parcela experimental en el año 2016. Medias ± representan el error estándar. No hubo diferencias significativas entre tratamientos

	Patrón Manzanilla de Sevilla Franca	Patrón Shikitita
Cosecha (Kg · ha⁻¹)	4.105,64 ± 2.405	4.491,64 ± 2.059
Pulpa/hueso fresco	5,37 ± 0,38	5,02 ± 0,22
Pulpa/hueso seco	1,93 ± 0,18	2,15 ± 0,10
Índice madurez	0,91 ± 0,03	0,91 ± 0,03
Escandallo (Frutos · Kg⁻¹)	263,41 ± 11,07	282,15 ± 16,49
Índice de molestado (Frutos · Kg⁻¹)	0,06 ± 0,03	0,09 ± 0,03
Textura (Kg cm⁻²)	4,40 ± 0,14	4,72 ± 0,12

La cosecha obtenida en este año (al cuarto año de plantación) supone aproximadamente la mitad de la cosecha media de una plantación adulta que



se suele obtener a un marco tradicional (7x5m) en la misma parcela y con la misma variedad. Pastor et al (2006) en un ensayo de densidades para el cultivar Arbequina, de aceite, obtuvo al 4º año una cosecha similar a la presentada en este trabajo. Morales et al (2014) en uno de los pocos ensayos en plantaciones superintensivas de 'Manzanilla de Sevilla' presenta datos de 9678 kg.ha⁻¹ en una plantación con 5 años de edad. En ambos trabajos los valores obtenidos son similares a los que cabría esperar en el ensayo. Esto supone adelantar las fechas de entrada en producción empleando con este tipo de densidades. Los valores de máxima cosecha comercial en plantaciones superintensivas de aceite varían entre 8.000-13.000 Kg.ha⁻¹ (Tous, et al., 2007) pero no está claro si también podrían obtenerse en variedades de mesa. De acuerdo a los datos de Morales et al (2014) los rangos de cosecha podrían ser similares. Sin embargo, a diferencia de las plantaciones de aceite en el caso de las superintensivas de mesa es muy importante mantener los estándares de calidad en cuanto a tamaño y relación pulpa-hueso. No hubo diferencias significativas entre patrones en ninguno de los índices de calidad medidos (relación pulpa hueso, escandallo, índice de madurez, índice de molestado y textura). Aunque el escandallo tendió a ser algo más bajo, aceitunas más grandes, en los árboles 'Manzanilla de Sevilla'/Franco. Los valores obtenidos son los habituales para esta variedad (Morales-Sillero et al 2014; Girón et al 2015) lo que sugiere que en este estadio de la plantación no habría diferencia en la calidad de las aceitunas obtenidas. Otra cuestión importante es el consumo de agua que puedan tener estas plantaciones que, evidentemente, será superior a las tradicionales. En el presente trabajo aplicando condiciones de riego deficitario controlado se realizó un consumo de 123.1 mm. Este valor está dentro de las dotaciones habituales para olivar pero las necesidades deberán ser evaluadas en los próximos años cuando haya un mayor desarrollo de los árboles.



6. CONCLUSIONES



6. CONCLUSIONES.

Con los datos obtenidos en el presente trabajo podemos concluir:

1. No hay un efecto significativo de la variedad Shikitita como patrón en comparación con árboles francos.
2. La respuesta al estrés hídrico fue similar en ambos tratamientos aunque hubo tendencias claras que sugieren un posible comportamiento diferencial en los árboles injertados en 'Shikitita'.
3. El desarrollo vegetativo fue similar en ambos tratamientos aunque hubo parámetros como el diámetro del tronco de la variedad, la longitud de entrenudos y la expansión de los brotes que sugieren que se podría estar iniciando una pérdida de vigor en los árboles injertados sobre 'Shikitita'.
4. La cosecha obtenida y los parámetros de calidad medidos fueron similares en ambos tratamientos aunque los árboles injertados sobre 'Shikitita' tendieron a una mayor cosecha y a un menor tamaño de fruto.
5. La cosecha obtenida está a niveles similares a la descrita en plantaciones superintensivas de aceite con la misma edad. La calidad de la cosecha obtenida es similar a los estándares de calidad de plantaciones tradicionales de Manzanilla de Sevilla.



7. BIBLIOGRAFÍA



7. BIBLIOGRAFÍA.

AEMET (2016). Agencia Española de Meteorología.

<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos>

AICA (2016). Agencia de Información y Control Alimentarios.

<http://www.aica.gob.es/>

ASEMESA (2016). Asociación Española de Exportadores e Industriales de Aceituna de Mesa. http://www.asemesa.es/content/datos_generales_del_sector

Atkinson, C. J., Else, M. A., Taylor, L. & Dover, C. J. (2003). Root an stem hydraulic conductivity as determinants of growth potential in grafted tres of Apple (*Malus pumila* Mill.). *J. Exp. Bot.*, 54, 1221 – 1229.

Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (2008). EL Cultivo del Olivo. 6ª Edición. Capítulo 1, La olivicultura en el mundo y en España. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

Barritt, B. H., Konishi, B. S. & Dilley, M. A. (2003). Influencia de 12 clones de M.9 y otros 12 patrones enanizantes en el crecimiento, la productividad y la susceptibilidad al golpe de sol en el manzano 'Fuji'. *ITEA*. Vol. 99V, N°. 1, 132 – 139.

Basile, B., Marsal, J. & DeJong, T. M. (2003). Daily shoot extensión growth of peach tres growing on rootstocks that reduce scion growth is related to daily dynamics of stem wáter potential. *TreePhysiology*, 23, 695 – 704.

Battistini, A. & SubiràBerini, E. (2003). Resultados agronómicos de 'Victor', un patrón semi-enanizante para cerezo. *ITEA*. Vol. 99V, N°. 1, 120 – 122.

Beakbane, A. B. & Thompson, E. C., (1939). Anatomical studies of stems and roots of Hardy fruit tres. II. The internal structure of the roots of some vigorous an some dwarfing apple rootstocks, and the correlation of structure with vigour. *J. Pomol. Hortic. Sci.*, 17, 141 – 149.

Beakbane, A. B. (1956). Possible mechanisms of rootstock effect. *Ann. Appl. Biol.*, 44, 517 – 521.

Blanco, A., Mata, A. P., Lasaosa, A. & Val, J. (2008). The P16 rootstock inhibits the growth but enhances the fruit quality of 'Jonagored' apples when grown under warm summer conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6, 412 – 421.



Botu, I., Turcu, E. & Botu, M (2003). Nuevas selecciones de patrones de ciruelo con bajo vigor y elevada capacidad de propagación. *ITEA*. Vol. 99V, N°. 1, 83 – 91.

Bruckner, C. H. & DeJong, T. M. (2014). Proposed pre-selection method for identificación of dwarfing peach rootstocks based on rapid shoot xylem vessel analysis. *Scientia Horticulturae*, 165, 404 – 409.

Caballero, J. M. y Del Rio, C. (1997). Relaciones recíprocas patrón injerto en olivo. *Fruticultura*, 88 (Especial Olivicultura II), 6 – 13.

Clearwater, M. J., Lowe R. G., Hofstee, B. J., Barclay, C., Mandemaker A. J. & Blattman, P. (2004). Hydraulic conductance and rootstock effects in grafted vines of kiwifruit. *J. Exp. Bot.*, 55, 1371 – 1382.

Cohen, S. & Naor, A. (2002). The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of Apple trees predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant Cell Environ*, 25, 17 – 28.

COI (2016). Consejo Oleícola Internacional.

http://www.internationaloliveoil.org/?lang=es_ES

Corell, M., Martín-Palomo, M. J., Pérez-López, D., Centeno, A., Girón, I., Moreno, F., Torrecillas, A. & Moriana, A. (2017). Approach for using trunk growth rate (TGR) in the irrigation scheduling of table olive orchards. *Agricultural Water Management*, 192, 12-20.

Del Río, C., Caballero, J.M., Beltrán, G., Uceda, M. Tous, J., Romero, A., Mallen, N., Plana, J., & Hermoso, J. F. (2002) selección de patrones de olivo modificadores del vigor, la precocidad de producción y la calidad de variedades de interés agronómico. Subproyecto CAO99-016-C2-01. Jornadas de investigación y transferencia de tecnología al sector oleícola.

Di Vaio C., Marra F. P., Scaglione G., La Mantia M. & Caruso T. (2012) The effect of different vigour olive clones on growth, dry matter partitioning and gas Exchange under water deficit, *Scientia Horticulturae*, Volume 134, 1 Pages 72-78.

Dichio, B., Montanaro, G., Sofo, A. & Xiloyannis, C. (2012). Stem and whole-plant hydraulics in olive (*Olea europaea*) and kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Tree*. DOI 10.1007/s00468-012-0787-3.

Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE). Encuesta de Marco de Áreas de España. (2016). <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>



Ferguson, L., Rosa, U.A., Castro-García, S., Lee, S. M., Guinard, J. X., Burns, J., Krueger, W. H., O'Connell, N. V. & Glozer, K. (2010). Mechanical harvesting of California Table and olives. *HortScience*, 1, 53 – 63.

Gambetta, G. A., Manuck, C. M., Drucker, S. T., Shaghasi, T., Fort, K., Mattherws, M. A., Walker, M. A. & McElrone, A. J. (2012). The relationship between root hydraulics and scion vigour across *Vitis* rootstocks: what role do root aquaporins play?. *Journal of Experimental Botany*, Vol 63, 18, 6445 - 6455

Girón I. F., Corell M., Martín-Palomo M. J., Galindo A., Torrecillas A., Moreno F. & Moriana A. (2015). Feasibility of trunk diameter fluctuations in the scheduling of regulated deficit irrigation for table olive trees without reference trees. *Agricultural Water Management*, 161, 114-126.

Girón I. F., Corell M., Galindo A., Torrecillas E., Morales, D., Dell'Amico, J., Torrecillas A., Moreno F. & Moriana A. (2015). Changes in the physiological response between leaves and fruits during a moderate water stress in table olive trees. *Agricultural Water Management*, 148, 280-286.

Gobierno de España. MAGRAMA. Dirección General de Producciones y Mercados. Subdirección General de Frutas y Hortalizas. Aceite de Oliva y Viticultura (2016). Diagnóstico sobre el sector de la aceituna de mesa en España.

Gómez del Campo, M. (2007). Effect of water supply on leaf area development stomatal activity, transpiration and dry matter production and distribution on Young olive trees. *Australian Journal of agricultural Research*. 58, 385 – 391.

Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, E., Santos, A., Silva, A. P., Bacelar, E., Correia, C. & Rosa, E. (2006). Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Tree Physiology*. 26, 93 – 104.

Google Maps. <https://www.google.es/maps/>

Hernández-Santana, V., Rodríguez-Domínguez, C. M., Fernández, J. E. & Díaz-Espejo, A. (2016). Role of leaf hydraulic conductance in the regulation of stomatal conductance in almond and olive in response to water stress. *Tree Physiology*. 00, 1 – 11.

Hsiao T.C. (1990). Measurements of plant water status Chap. 9. Pp. 243–279 in: *Irrigation of agricultural crops* (B.A. Steward & D.R. Nielsen, editors). Agronomy Monograph, 30. *American Society of Agronomy*, Madison.

Hussein, I. A. & McFarland, M. J. (1994). Rootstock-induced differences in sap flow of 'Granny Smith' apple. *HortScience*. 29, 1120 – 1123.



Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F & Villalobos, F.J. (2009). The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, oil and yield of olive trees. *Eur. J. Agr.* 30, 258-265.

Jiménez R. (2009). Evaluación de la aptitud de nuevos genotipos de olivo para su elaboración como aceituna de mesa. Univ. Cádiz, Cádiz, Spin, MScDiss.

Jiménez R. (2012). Puesta a punto de métodos de evaluación de parámetros de calidad de aceituna de mesa en un programa de mejora genética. Univ. Seville, Seville, Spain, PhD Diss.

Jiménez R., Rallo P., Suarez M.P., Morales-Sillero A., Casanova L & H. Rapoport. (2011). Fruitbruising in table olives. *Acta Hort.* 924:419–424.

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. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 5, 554 – 558.

Léon, L. ‘Chiquitita’. Una nueva variedad de olivo para plantaciones en seto. IFAPA. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.

Ljubojević, M., Ognjanov, V., Zorić, L., Maksimović, I., Bosnjaković, D & Barać, G. (2013). Modeling of water movement through cherry plant as preslecting tool for prediction of tree vigor. *Scientia Horticulturae* 160, 189 – 197.

Lo Gullo, M.A. & Salleo, S. (1988). Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytol.* 108, 267-276.

Mallén Vivó, N. (2007). Evaluation of different olive rootstocks for agronomical improvement of the ‘Arbequina’ "clone IRTA-i.18". Universidad de Lleida. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Centro Mas de Bover.

Martín-Vertedor, A. I., Pérez Rodriguez, J. M., Prieto Losada, H., Fereres Castiel, E., 2011. Interactive responses to water deficits and crop load in olive (*Olea europaea* L., cv. Morisca) I. Growth and water relations. *Agric. Water Manage.* 98, 941–949.

Morales-Sillero, A., Rallo, P., Jiménez, M. R., Casanova, L., & Suárez, M. P. (2014). Suitability of Two Olive Cultivars (‘Manzanilla de Sevilla’ and ‘Manzanilla Cacereña’) for Mechanical Harvesting in Superhigh-density Hedgerows. *HortScience*, 8, 1028 – 1033.

Moriana, A. & Fereres E. (2002). Plant Indicators for Scheduling Irrigation for Young Olive Trees. *IrrigationScience*, 21, 83–90.



Moriana, A., Orgaz, F., Fereres, E. & Pastor, M. (2003). Yield responses s nature olive orchard to water deficits. *Journal os the American Society for Horticultural Science.*, 128, 425 – 431.

Moriana, A., Pérez-López D., Prieto M.H., Ramirez-Santa Pau M. & Pérez-Rodríguez J.M. (2012). Midday stem water potential as a useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. *AgriculturalWater Management*, 112: 43-54.

Mudarra, J.L. (1988). Reconocimiento de los suelos de la comarca de El Aljarafe (Sevilla). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 126.

Muñoz-Cobo, M. P., Hidalgo, J. C, Vega, V. & Fereres, E. (2006). Densidades de plantación en olivar de regadío. El caso de las plantaciones superintensivas en Andalucía. *Fruticultura Profesional*. 160, 27 – 42.

Nardini, A., Gascó, A., Raimondo, F., Gortan, E., Lo Gullo, M. A., Caruso, T. & Salleo, S. (2006). Is rootstock-induced dwatffing in live an effect of reduced plant hydraulic efficiency?. *Tree Physiology*, 26 1137 – 1144.

Olien, W. C. & Lasko A. N. (1984). A comparison of the dwarfing character and water relations of five Apple rootstocks. *Acta Hortic.* 146, 151 – 158.

Olien, W. C. & Lasko A. N. (1986). Effect os rootstock on Apple (*Malus domestica*) tree water relations. *Physiology Plant.* 67, 421 – 430.

Olmstead, M. A., Lang, N. S., Ewers, F. W. & Owens, S. A. (2006). Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted onto swarfig and nondwarfig rootstocks. *J Am SocHort Sci*, 131, 577 – 585.

Rallo L. & Barranco D. (2015). Nuevas variedades para nuevos olivares. <http://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/135014-Nuevasvariedades-para-nuevos-olivares.html>. Visitado: 09/07/2017

Rallo, L. (2014). Breeding Oli and Table Olives for Mechanical Harvesting in Spain. *HortTechnology*, 3, 295 - 300.

Rallo L., Barranco D., de la Rosa R., & León L. (2008). 'Chiquitita' olive. *HortScience*, 43(2), 529-531.

Rallo, L., Barranco, D., Caballero, J. M. Del Río, C., Martín, A., Tous, J. & Trujillo, I. (2005). Variedades de Olivo en España. *Junta de Andalucía-MAPA-Ediciones Mundi-Prensa*. Madrid, 480 pp.

Rallo, L. (1994). Fructificación y producción en olivo. *Agricultura*, 746, 13 – 16.

Rallo, L. & Suarez, M. P. (1989). Seasonal distribution of dry matter within the olive fruit-bearing limb. *Adv. Hortic. Sci.* 3, 55 – 59.



Reig, J. M. C. & del Río Rincón, C. (1997). Relaciones recíprocas patrón-injerto en olivo. *Fruticultura profesional*, 88, 6-13.

Rapoport H.F., Pérez- López D., Hammami, S.B.M., Agüera, J. & Moriana, A. (2013). Fruit pit hardening: physical measurement during olive fruit growth. *Annals of Applied Biology*. 163 (2) 200–208.

Rossi, L., Sebastiani, L., d'Andria, R., Morelli, G., Tgognetti, R. & Cherubini, P. (2014). Different Irrigation Regimes Induce Changes in Vessel Size in Olives Trees (*Olea europea* L.) from Southern Italy. *Acta Hort.* 1038, 455 – 462.

SIAR (2016). Sistema de Información Agroclimática para el Regadío.

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController>

Tombesi, S., Johnsos, R.S., Day, K. R. & DeJong, T. M. (2010). Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size-controlling capacity of peach rootstocks. *Annals of Botany*, 105, 327 - 331.

Tombesi, Almeahdi, A. & DeJong, T. M. (2011). Phenotyping vigour control capacity of new peach rootstocks by xylem vessel analysis. *Scientia Horticulturae*, 127, 353 - 357.

Torres-Ruiz, J. M., Díaz-Espejo, A., Chamorro, V., Fernández, J. E., Sebastiani, L., Minnocci, A. & Infante, J. M. (2006). Influence of the Water Treatment on the Xylem Anatomy and Functionality of Current Year Shoots of Olive Trees. *Tree Physiology*. 26, 93 – 104.

Torres-Ruiz J.M., Díaz-Espejo A., Morales-Sillero A., Martín-Palomo M.J., Mayr S., Beikircher B. & Fernández J.E. (2013). Shoot hydraulic characteristics, plant water status and stomatal response in olive trees under different soil water conditions. *Plant and Soil*, 373: 77-87.

Torres-Ruiz, J. M., Díaz-Espejo, E., Morales-Sillero, A., Martín-Palomo, M. J., Mayr, S., Beikircher, B. & Fernández, J. E. (2013). Scion-rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry. *Plant Soil*. 373, 77 – 87.

Tous, J., Romero, A., Hermoso, J. & Mallén, N. (2007). Sistemas de producción del olivo en seto: experiencias en Cataluña. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 360 – 367.

Tous, J., Ninot, A. & Romero, A. (2009). II Jornadas Nacionales del Grupo de Olivicultura de la SECH. *Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. SECH*.



Turner, N.C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58, 339 - 366.

Vasquez, H. D. (2013). Evaluación de *Poncirus trifoliata* var. Mostruosa Flying Dragon como portainjerto enanizante para naranja y mandarina comparado con otros patrones. *Tesis doctoral*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.

Verano, M. (2016). Efecto de la variedad Sikitita como patrón enanizante en una plantación superintensiva de 'Manzanilla de Sevilla'. TFG INGENIERÍA AGRÍCOLA. ETSIA. Universidad de Sevilla.

Zorić, L., Ljubojević, M., Merkulov, L., Luković, J. & Ognjanov, V. (2012). Anatomical Characteristics of Cherry Rootstocks as Possible Preselecting Tools for Prediction of Tree vigor. *J. Plant Growth Regul*, 31, 320 – 331.





El olivo es una planta arraigada al Mediterráneo. Ya dijo Duhamel: "allá donde el olivo renuncia, termina el Mediterráneo". Tal es el interés por su fruto, que su extensión por el globo terráqueo es una realidad, ampliándose la frase anterior, "allí donde el sol lo permite, el olivo se implanta y gana terreno"; pasando del olivar tradicional de varios pies, con árboles de gran porte y un número insuficiente de plantas por unidad de tierra, al olivar en seto con plantas de bajo vigor y un par de miles de plantas por hectárea.

Fco. Javier Clavero Criado

