



TRABAJO FIN DE GRADO

Efecto de las condiciones de avance de la cosechadora cabalgante (velocidad y frecuencia de batido) sobre la incidencia del molestado en aceituna de mesa (*Olea europaea* L.) cvs. Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña.



Mz. Cacereña



Mz. de Sevilla

Alumno: Manuel González Sánchez

Titulación: Grado en Ingeniería Agrícola

Especialidad en Explotaciones Agropecuarias

Directoras:

Dra. M^a del Rocío Jiménez González

Dra. Laura Casanova Lerma

Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
(ETSIA)

Sevilla, 20 de enero de 2017



TRABAJO FIN DE GRADO

Efecto de las condiciones de avance de la cosechadora cabalgante (velocidad y frecuencia de batido) sobre la incidencia del molestado en aceituna de mesa (*Olea europaea* L.) cvs. Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña

Alumno: Manuel González Sánchez

Titulación: Grado en Ingeniería Agrícola

Especialidad en Explotaciones Agropecuarias

Directoras:

Dra. M^a del Rocío Jiménez González

Dra. Laura Casanova Lerma

**Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
(ETSIA)**

Sevilla, 20 de enero de 2017

AGRADECIMIENTOS

Como es de bien nacido el ser agradecido, no me gustaría culminar esta etapa de mi vida sin agradecer a la Dra. M^a del Rocío Jiménez González y a la Dra. Laura Casanova Lerma, toda su ayuda, esfuerzo y entrega para que este Trabajo Fin de Grado sea a día de hoy una realidad. Gracias por vuestra inmensa profesionalidad y por demostrarme valores de trabajo que permanecerán conmigo para siempre.

También darle las gracias a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla, por los valores formativos aportados a mi enseñanza durante estos años y por permitirme conocer y ser partícipe de una gran familia como es la Universidad de Sevilla.

Por último quiero también agradecerle a mi familia su apoyo, en particular a mis padres, hermanas y novia, pues sin todos ellos nunca hubiese alcanzado la meta de mis estudios.

RESUMEN

El conocimiento de los daños causados por la recolección mecanizada con cosechadora cabalgante se erige como el tema principal de este Trabajo Fin de Grado.

El *molestado* en aceituna de mesa, se define como el daño ocasionado en los frutos como consecuencia de un impacto o golpe durante la recolección, almacenaje post-cosecha o procesado del fruto y que origina alteraciones en las aceitunas.

A raíz de la introducción de la maquinaria en los sistemas de recolección, surge la necesidad de buscar respuestas a varios aspectos, entre los que destaca el molesto producido sobre el fruto. Para ello, en los últimos años, un equipo de investigadores de la Universidad de Sevilla en colaboración con Interaceituna trabaja en encontrar respuestas a muchas de las cuestiones que se plantean en el olivar de mesa actual.

En este Trabajo Fin de Grado, intentaremos dar respuesta a uno de los aspectos más importantes de la recolección mecanizada, como es el ajuste de los parámetros de la cosechadora cabalgadora (velocidad de avance de la máquina y frecuencia de batido), para conseguir obtener frutos de dos variedades de mesa ('Manzanilla de Sevilla' y 'Manzanilla Cacereña') con el menor nivel de daños posible.

Se realizó por lo tanto una toma de muestras en una finca de olivar en régimen superintensivo de 'Manzanilla de Sevilla' y 'Manzanilla Cacereña', llevando a cabo una recolección manual y mecanizada con tres tratamientos diferentes de recolección: V1 (2 Km/h y 470 batidos), V2 (3 Km/h y 470 batidos) y V3 (2 Km/h y 430 batidos), con el empleo de una cosechadora cabalgadora. A través de los frutos obtenidos se han estudiado una serie de parámetros, por mediación de los cuales conocemos la incidencia de los distintos tratamientos de recolección sobre el molesto ocasionado en los frutos.

En primer lugar se ha realizado una descripción cualitativa de los frutos, a partir de las porciones molestadas. En ellas se ha podido comprobar el grado de molesto producido, el cual se manifiesta a partir de un oscurecimiento del exocarpo y posteriormente del mesocarpo del fruto. Además del oscurecimiento del fruto, también se han observado la presencia de roturas celulares en los tejidos internos y la pérdida de grosor de la superficie del fruto.

Centrándonos en aspectos externos del fruto derivados de la recolección mecanizada, hemos estudiado el Índice de molesto de los frutos, empleando para ello una escala de categorías, el porcentaje de frutos molestados (con daños ligeros y severos) y el porcentaje de frutos arañados y rajados. Con este estudio cuantitativo, conocemos los daños a nivel superficial producidos sobre los frutos por efecto de la recolección mecanizada.

Para conocer las características del daño ocasionado por la cabalgadora, se ha medido la longitud, anchura y profundidad de las manchas superficiales de los frutos muestreados, a partir de los cuales hemos podido determinar el área externa dañada y el volumen del daño en cada fruto estudiado. Estos parámetros nos permiten conocer el grado de severidad del molestado producido a partir de los tres tratamientos de recolección mecanizada.

Por último, se ha llevado a cabo la medición del *TDA* (Área Interna Dañada), utilizando para ello, una porción de mesocarpo con presencia de molestado.

A partir del estudio de estos parámetros, considerando las dos variedades empleadas en el estudio ('Manzanilla de Sevilla' y 'Manzanilla Cacereña'), las dos modalidades de recolección (manual y mecanizada), y el tiempo de fijación de los frutos (2 y 24 horas) tras la recolección, hemos obtenido que la variedad Manzanilla de Sevilla muestra mayor susceptibilidad a la recolección mecanizada que la 'Manzanilla Cacereña', en cuyo caso, el molestado producido durante la recolección es menor.

Respecto a los parámetros estudiados de la cosechadora cabalgadora, indicar que a razón de los resultados obtenidos, el ajuste de la frecuencia de batido de la máquina tiene mayor importancia que la velocidad de avance de la cosechadora, pues de dicha frecuencia depende el porcentaje de derribo de los frutos y como tal, el daño por molestado generado en los frutos durante dicho proceso de recolección.

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES.-	1
2.- INTRODUCCIÓN.-	5
2.1.- Botánica y Morfología.-	7
2.2.- Historia e importancia socio-económica del olivar.-	9
2.3.- El olivar de mesa.-	10
2.3.1.- Importancia del olivar de mesa.-	10
2.3.2.- Principales variedades de aceituna de mesa.-	15
2.4.- Recolección de la aceituna de mesa.-	17
2.4.1.- Evolución de las técnicas de recolección del olivar de mesa.-	17
2.4.2.- Sistemas de recolección mecanizada.-	19
2.5.- La calidad en aceituna de mesa.-	24
2.5.1.- Parámetros de calidad de la aceituna.-	24
2.5.2.- El molestado en aceituna de mesa.-	26
3.- OBJETIVOS	27
4.- MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1.- Material Vegetal y emplazamiento de la plantación.-	33
4.2.- Diseño Experimental.-	34
4.3.- Obtención de frutos y fijación.-	36
4.4.- Realización de la descripción cualitativa del molestado de los frutos.-	38
4.5.- Medición del área externa y volumen del molestado de frutos.-	40
4.6.- Medición del Área interna dañada (<i>Total Damaged Area “TDA”</i>) de los frutos tras la recolección.-	40
4.7.- Análisis estadístico de los datos.-	41
5.- RESULTADOS.-	43
5.1.- Descripción cualitativa de los daños por molestado.-	45
5.2.- Cuantificación de los daños (molestado) en frutos recolectados con cosechadora cabalgante.-	49
5.2.1.- Cuantificación de los daños (molestado) en frutos de la variedad Manzanilla de Sevilla recolectados con cosechadora cabalgante.-	51

5.2.2.- Cuantificación de los daños (molestado) en frutos de la variedad Manzanilla Cacereña recolectados con cosechadora cabalgante.-	53
5.3.- Área externa y volumen de la zona dañada (molestado) de los frutos durante la recolección.-	54
5.3.1.- Determinación de las medidas correspondientes a la zona dañada de los frutos (longitud, anchura y profundidad) durante la recolección.-	54
5.3.2.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada en los frutos durante la recolección.-	56
5.3.2.1.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada (molestado) en los frutos de la variedad Manzanilla de Sevilla durante la recolección.-	57
5.3.2.2.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada (molestado) en los frutos de la variedad Manzanilla Cacereña durante la recolección.-	58
5.4.- Área Interna Dañada (TDA) de los frutos durante la recolección.-	59
6.- DISCUSIÓN.-	63
6.1.- Descripción cualitativa de los daños por molestado.-	65
6.2.- Determinación del molestado en los frutos: Índice de Molestado, Porcentaje de Frutos Molestados, Arañados y Rajados.-	67
6.3.- Área externa y volumen de la zona dañada (molestado) de los frutos.-	70
6.3.1.- Determinación de las medidas correspondientes a la longitud, anchura y profundidad, para el cálculo del área externa y volumen del daño producido en los frutos.-	70
6.3.2.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada (molestado) de los frutos.-	70
6.4.- Área Interna Dañada (TDA) de los frutos molestados.-	72
7.- CONCLUSIONES.-	75
8.- BIBLIOGRAFÍA.-	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Muestras procesadas por variedad para la determinación del área interna “TDA”.	41
Tabla 2.- Porcentaje de muestras con roturas celulares en la zona dañada del mesocarpio, de los cultivares de aceituna de mesa ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’ recolectadas mecánicamente a diferentes velocidades de avance de la cosechadora (2 y 3 Km/h) y frecuencia de batido (430 y 470 batidos/min) a las 2 y 24 horas tras la recolección.	46
Tabla 3.- Índice de molestado (<i>IM</i>), porcentaje de frutos molestados (% <i>FM</i>), porcentaje de frutos con molestado ligero (% <i>ML</i>), porcentaje de frutos con molestado severo (% <i>MS</i>), porcentaje de frutos arañados (% <i>FA</i>) y porcentaje de frutos rajados (% <i>FR</i>) en función del cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), tratamiento de recolección (manual y mecánica: V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).	51
Tabla 4.- Índice de molestado (<i>IM</i>), porcentaje de frutos molestados (% <i>FM</i>), porcentaje de frutos con molestado ligero (% <i>ML</i>), porcentaje de frutos con molestado severo (% <i>MS</i>), porcentaje de frutos arañados (% <i>FA</i>) y porcentaje de frutos Rajados (% <i>FR</i>) en la variedad Manzanilla de Sevilla para los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).	53
Tabla 5.- Índice de molestado (<i>IM</i>), porcentaje de frutos molestados (% <i>FM</i>), porcentaje de frutos con Molestado Ligero (% <i>ML</i>), porcentaje de frutos con molestado severo (% <i>MS</i>), porcentaje de frutos arañados (% <i>FA</i>) y porcentaje de frutos rajados (% <i>FR</i>) en la variedad Manzanilla Cacereña para los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).	54
Tabla 6.- Longitud (<i>L</i>), anchura (<i>A</i>) y profundidad (<i>P</i>) de la zona dañada de los frutos durante la recolección según el cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y el tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).	55
Tabla 7.- Área externa (<i>A ext</i>) y Volumen (<i>Vol</i>) de la zona dañada (molestada) durante la recolección de los frutos.	57
Tabla 8.- Área externa (<i>A ext</i>) y Volumen (<i>Vol</i>) de la zona dañada (molestada) durante la recolección en la variedad Manzanilla de Sevilla.	58

Tabla 9.- Área externa (<i>A ext</i>) y Volumen (<i>Vol</i>) de la zona dañada (molestada) durante la recolección en la variedad Manzanilla Cacereña.	59
Tabla 10.- Área Interna Dañada (<i>TDA</i>) de los frutos durante la recolección según: el cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/min), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y el tiempo (2 y 24 horas) tras la recolección.	60
Tabla 11.- Área Interna Dañada (<i>TDA</i>) de los frutos durante la recolección en ‘Manzanilla de Sevilla’.	61
Tabla 12.- Área Interna Dañada (<i>TDA</i>) de los frutos durante la recolección en ‘Manzanilla Cacereña’.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Distribución de la producción mundial de aceitunas de mesa (COI, media de campañas 2011-2016).	11
Figura 2.- Distribución de la superficie de olivar en plantación según su aptitud productiva (ESYRCE, 2015).	12
Figura 3.- Distribución de la producción nacional de aceituna de mesa (AICA, 2015).	13
Figura 4.- Distribución del consumo mundial de aceitunas de mesa (COI, 2016).	14
Figura 5.- Evolución del consumo nacional de aceituna de mesa (Toneladas) en el periodo enero/junio (MAGRAMA, 2015).	14
Figura 6.- Diferentes sistemas de recolección mecanizada: cosechadora cabalgante (Vx 7090 Olive, Newholland) (A), vibrador de tronco (B), vibrador manual motorizado (C).	22
Figura 7.- Cosechadora cabalgante (V x 7090 Olive, Newholland) empleada en la recolección de los frutos de las variedades Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña.	36
Figura 8.- Clasificación de los frutos en tres categorías según la severidad del molestado presente en la superficie de los mismos.	37
Figura 9.- Proceso de fijación en FAE, a las 2 y 24 horas, de las muestras recolectadas en campo.	37
Figura 10.- Esquema del procedimiento de corte de la porción molestada del fruto, según la metodología descrita por Jiménez <i>et al.</i> (2016).	39
Figura 11.- Porciones molestadas de ‘Manzanilla Cacereña’(a) y ‘Manzanilla de Sevilla’ (b), recogidas de forma mecanizada mediante cosechadora cabalgante a una velocidad V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) y fijadas a las 24 horas tras la recolección.	45
Figura 12.- Porciones molestadas de ‘Manzanilla Cacereña’ (a) y ‘Manzanilla de Sevilla’ (b), recolectadas mecánicamente mediante cosechadora cabalgante siguiendo el tratamiento V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) y fijadas a las 2 horas tras su recolección.	45
Figura 13.- Porciones del mesocarpo de los frutos dañados durante la recolección con cosechadora cabalgante con diferentes tratamientos de recolección: (V1: 2 Km/h y 470 batidos por minuto, V2: 3 Km/h y 470 batidos por minuto y V3: 2 Km/h y 430 batidos por minuto). Variedad Manzanilla Cacereña: tratamiento V1 a 2 horas (A) y 24 horas (B) tras la recolección, tratamiento V2 a 2 horas (C) y 24 horas (D) tras la recolección, tratamiento V3 a 2 horas (E) y 24 horas (F) tras la recolección y testigo (M). Variedad Manzanilla de Sevilla: tratamiento V1 a 2 horas (G) y 24 horas (H) tras la recolección, tratamiento V2 a 2 horas (I) y 24 horas	

(**J**) tras la recolección, tratamiento V3 a 2 horas (**K**) y 24 horas (**L**) tras la recolección y testigo (**N**). 47

Figura 14.- Porciones del mesocarpo de los frutos dañados durante la recolección manual, fijados a las 24 horas tras su recolección. 49

1.- Antecedentes

1.- ANTECEDENTES.-

Es muy frecuente viajar por el panorama andaluz y contemplar campos que se pierden por el horizonte con infinitas hileras de olivos. Hablar del olivo es hablar de una parte de nuestra tierra, de un árbol que no es sólo un icono por su morfología, sino por su apreciado fruto, el cual adereza nuestros ratos de tertulia ya sea en salmuera o aliñadas, además de constituirse como un elemento principal en la gastronomía mediterránea, apareciendo en multitud de platos como condimento saludable y rico.

El olivo (*Olea europaea* L.) es un cultivo de extensión mundial, siendo España el principal país productor y Andalucía, una de las zonas olivareras más productiva y extensa.

Con el paso de los años se han ido seleccionando variedades como aceituna de mesa o aceituna para almazara, bien por sus cualidades organolépticas, su adaptación al medio o su rendimiento. La variedad de aceituna de mesa más tradicional y extendida por su aptitud al procesado y sus buenas características organolépticas es la ‘Manzanilla de Sevilla’.

La aceituna de mesa es un sector dinámico y diferenciado al del aceite. De la producción mundial de aceitunas, sólo el 10% se destina a mesa (aprox. 2 millones de toneladas anuales), y el 90% restante a la obtención de aceite y derivados (aceites lubricantes, aceites para fritura, aceites de uso industrial, etc.).

A día de hoy, uno de los grandes problemas con los que cuenta el sector olivarero, es el elevadísimo coste de la recolección manual de la aceituna (vareo u ordeño), que junto con los bajos precios que han alcanzado las aceitunas en las últimas campañas, están haciendo prácticamente insostenible el sector. Por ello, se está implantando la recolección de la aceituna de almazara con sistemas mecanizados, como vibradores de tronco con paraguas en plantaciones intensivas, y cabalgadoras en plantaciones superintensivas.

El gran reto actual pasa por encontrar sistemas de recolección mecanizada en aceituna de mesa, de cara a conseguir abaratar los costes del cultivo e incrementar en lo posible los beneficios del mismo. Para ello, las líneas de investigación más actuales se centran en optimizar la recolección mecanizada en plantaciones superintensivas de aceituna de mesa, para conseguir el menor daño (*molestado*) posible en los frutos.

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación “Optimización de la recolección con máquina cabalgadora en plantaciones superintensivas adultas de aceituna de mesa” realizado por investigadoras del Departamento de Ciencias Agroforestales (ETSIA-US) en una finca de olivar superintensivo ubicada en Elvas (Portugal), y financiado por la Organización Interprofesional de la Aceituna de Mesa (INTERACEITUNA). En particular, se estudia el efecto de la velocidad de avance de la máquina y la frecuencia de batido, sobre la incidencia del molestado provocado por la

recolección mecanizada en dos variedades de aceituna de mesa ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’ y su evolución en el tiempo.

2.- Introducción

2.- INTRODUCCIÓN.-

2.1.- Botánica y Morfología.-

El olivo *Olea europaea* L., pertenece a la familia *Oleaceae*. Esta familia se caracteriza por estar constituida por árboles, arbustos o trepadores que producen en ocasiones aceites esenciales en sus flores o frutos que son empleados por el hombre (Barranco *et al.*, 2008).

Actualmente encontramos más de 35 especies pertenecientes al género *Olea*. Dentro de la especie estudiada *Olea europaea*, encontramos tanto los olivos cultivados como los acebuches y las especies silvestres. Por este motivo, el olivo cultivado se incluye dentro de la subespecie *sativa* y el olivo silvestre o acebuche en la subespecie *sylvestris*.

La morfología del olivo viene supeditada por el cultivar empleado, aunque las características agronómicas del medio y el clima también ejercen una importante influencia sobre el mismo. El olivo adquiere por lo tanto una enorme diversidad de morfologías en función del tipo de cultivar, condiciones agronómicas y sistemas de cultivo en el que se encuentre, el clima de la zona y las labores de poda llevadas a cabo sobre el mismo. Todo esto es posible gracias a la gran plasticidad morfogenética que presenta el olivo (Barranco *et al.*, 2008).

El olivo presenta dos fases a lo largo de su vida, una primera fase juvenil que dura entre 5-8 años (cuando proceden de semillas) y una fase adulta (árbol reproductivamente maduro) que se extiende desde esa edad hasta el final de su período de vida. Además, es importante tener presente que dentro de un árbol adulto se dan todos los años dos tipos de crecimientos; uno vegetativo y otro reproductivo, de modo que en función de la fase en el que se encuentre se observan diferencias morfológicas y estructurales en dichos órganos (Barranco *et al.*, 2008).

El olivo cultivado se caracteriza por ser un árbol de tamaño medio con unos 4-8 m de altura según la variedad, pudiendo llegar a edades centenarias en pleno estado productivo. Su longevidad es fruto de su enorme adaptación al clima y al medio en el que se desarrolla. Su tronco se caracteriza por ser grueso y con nerviación marcada en ocasiones, con una corteza de color gris o verde grisáceo. Presenta una gran densidad de follaje en la copa, de ahí la importancia de realizar labores de poda anualmente para facilitar la correcta aireación e iluminación de las ramas. La copa de los árboles suele adquirir una forma redondeada debido a las estructuras de ramificación y a la poda ejercida, con el fin de contribuir a una mejora de la recolección de los frutos.

Las hojas se caracterizan por ser persistentes y duraderas pudiendo alcanzar los dos o tres años e incluso más. Se caracterizan por ser simples, de forma lanceolada y de bordes enteros. Se distribuyen de forma opuesta en cada nudo, presentando una disposición decusada (formando planos de 90°). El haz de dichas hojas es de color verde oscuro y brillante con una gruesa y fuerte cutícula que las protege de las altas tasas de

transpiración y le permite adaptarse a zona de elevadas temperaturas. El envés presenta una tonalidad blanquecina o plateada por la presencia de unos pelos aparasolados que a su vez contribuyen a disminuir la pérdida de agua por los estomas que se encuentran en dicha cara.

La raíz del olivo viene condicionada en primer lugar por el origen del mismo, pues en olivos procedentes de semillas se observa una primera raíz principal que domina al completo el sistema radicular del árbol sin que se aprecien raíces secundarias de importancia. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los nuevos olivos se obtienen por reproducción vegetativa a través de estaquillas, las cuales en su zona basal desarrollan multitud de raíces adventicias que actúan como raíces principales. Además, el tipo de enraizamiento que presente el olivo dependerá en gran medida de la variedad (Rapoport, 2008).

Las inflorescencias se desarrollan en las axilas foliares de los nudos del crecimiento vegetativo del año previo a la floración (Barranco *et al.*, 2008). Se caracterizan por presentar un desarrollo paniculado constituido por un eje central a partir del cual surgen las flores de forma aisladas o en pequeños grupos de tres o cinco, alcanzándose un número comprendido entre 10-40 en cada ramificación de la inflorescencia según la variedad y las condiciones de desarrollo tanto ambientales como morfológicas (Rapoport, 2008). Las flores de dichas inflorescencias pueden ser perfectas o estaminíferas (imperfectas). Estas últimas se caracterizan por carecer de ovario, lo que impide la formación de frutos a través de las mismas, dando lugar a los abortos ováricos que pueden alcanzar en determinados años porcentajes de hasta el 50% sin observarse merma alguna en la producción. La flor del olivo se caracteriza por ser de pequeño tamaño y actinomorfa (con simetría regular). El cáliz está formado por un conjunto de sépalos, manteniéndose junto a la base del ovario tras la caída de los pétalos. La estructura de la corola se compone de cuatro pétalos unidos a la base de color blanco-amarillentos y dos estambres (Rapoport, 2008).

Los frutos se forman a través de la polinización y posterior fecundación del ovario a través de los granos de polen que llegan al estigma, desde donde surgen los tubos polínicos, que en su interacción con el estilo constituyen un importante punto de control de la fecundación. Esta selección del tubo polínico recibe el nombre de selección gamética. En el caso del olivar, también se pueden formar frutos partenocárpicos, como resultado del engrosamiento del ovario sin que exista una polinización previa. Estos frutos reciben el nombre de zofairones y carecen de valor comercial.

El fruto del olivo es una drupa conocida como aceituna. Dicho fruto está compuesto generalmente por una sola semilla y un pericarpo (conjunto de tres tejidos). El pericarpo se compone de un primer tejido esencial como es el hueso o endocarpo dentro del cual se desarrolla el embrión. Un segundo tejido intermedio o mesocarpo que constituye la carne o pulpa del fruto y un tejido exterior o exocarpo que forma la piel de la aceituna

(Barranco *et al.*, 2008). La aceituna se caracteriza por ser un fruto de pequeñas dimensiones (1-4 cm de longitud y 0.6-2 cm de anchura) de forma elipsoidal a globosa. Dentro de la gran diversidad de formas y tamaños podemos establecer una distinción entre cultivares de frutos pequeños como: ‘Picual’, ‘Koroneiki’, ‘Arbequina’, etc. Dentro de los cultivares de fruto grande encontramos: ‘Gordal Sevillana’ y ‘Ascolana’ (Barranco *et al.*, 2008).

Los constituyentes principales de este fruto son el agua y el aceite. De este modo, se conoce que conforme aumenta el grado de madurez del fruto, disminuye el contenido húmedo del mismo incrementándose su riqueza en aceites (Gómez *et al.*, 2012).

2.2.- Historia e importancia socio-económica del olivar.-

El olivo silvestre o acebuche es un árbol común que se expande por oriente medio y todo el entorno del mediterráneo. El origen del cultivo de dicho árbol se encuentra en el cercano oriente, aunque no se puede precisar el área geográfica en el que nació. Su expansión llega con el sedentarismo de las civilizaciones y el nacimiento de una cultura agronómica sustentada en tres pilares: cereales, olivo y vid.

Dicho cultivo forma parte del origen de las culturas fenicia, asiria, judía, egipcia y griega. Los primeros documentos escritos sobre el olivo se encuentran en tablillas micénicas en barro, que datan del 2.500 a.C. de ahí la importancia que ya presentaba dicho cultivo en aquel entonces (Esenciadeolivo, 2014). Para encontrar las primeras referencias que hagan alusión a la existencia del olivo, nos remontamos al Paleolítico hace 30.000 años, mediante el hallazgo de yacimientos italianos, griegos y del norte de África. Por este motivo se cree que el olivo presenta un origen híbrido, por su formación a partir de especies como la *Olea africana* (cuyo origen procede de Arabia y Egipto), la *Olea ferruginea* de Asia y la *Olea laperrini* originaria del sur de Marruecos (Barranco y Rallo, 1984).

Los fenicios fueron los encargados de llevar a cabo su expansión aprovechando sus rutas comerciales por el mediterráneo. A través de dichas rutas, el olivo se instaló en los países bañados por el mediterráneo como Italia, Grecia y la Península Ibérica (España y Portugal), perdurando hasta nuestros días y emplazándose en el mapa mundial como la zona con mayor expansión territorial y productiva de dicho cultivo.

A partir del siglo XV, con los viajes oceánicos de Cristóbal Colón, Magallanes y Juan Sebastián Elcano, este cultivo colonizó y se extendió por el Nuevo Mundo y, en la actualidad, se cultiva también en Sudáfrica, China, Japón y Australia (Barranco *et al.*, 2008). Fue en dicho s. XV cuando el cultivo del olivo comienza a adquirir un papel fundamental en España, a través de la reconquista de los territorios olivareros, el incremento del consumo interno de aceite y aceitunas en aderezo y el importante auge comercial que comienza a darse en España.

Esta importancia perdura hasta nuestros días, al tratarse el olivo de un cultivo imprescindible para muchas comarcas españolas, cuyos habitantes viven expresamente de los beneficios generados a través del olivar. A nivel nacional, genera millones de jornales al año, lo que le convierte en un cultivo dinámico y crucial para la supervivencia de muchas regiones, donde la predominancia del monocultivo del olivo, lo convierten en la única alternativa laboral que encuentran a su disposición, al carecer de mayor diversidad de empleos.

Son estas regiones, los puntos neurálgicos de la preparación de las aceitunas aderezadas para su consumo en mesa (partidas, rajadas, desecadas, negras, rellenas, enteras en salmuera, etc.). Como recogen diferentes autores (Pabón Figueras y Ordóñez Jiménez, 2002), a principios del siglo pasado comienzan a prepararse estas aceitunas de mesa de forma industrial, de manera que en dichas industrias eran aliñadas, envasadas y preparadas para su comercialización. Se crea pues un negocio alrededor del olivar sustentado por dos sectores: el olivar de almazara y el olivar de mesa.

2.3.- El olivar de mesa.-

2.3.1.- Importancia del olivar de mesa.-

Actualmente existen más de 11 millones de hectáreas plantadas de olivar, siendo de este modo el cultivo agrícola con mayor superficie de plantación permanente a nivel mundial (COI, 2015). Cerca del 95% del total de la superficie se concentra en los países de la Cuenca Mediterránea, perteneciendo el 5% restante a los otros tres continentes.

Del total de la superficie mundial, el 73% aproximadamente se corresponde con un cultivo del olivar tradicional, extendido mayoritariamente por la Cuenca del Mediterráneo, el 26% hace referencia al cultivo del olivar en intensivo tanto en Europa como América, Asia y Oceanía y finalmente el 1% restante de la superficie mundial de olivar, hace mención a las nuevas plantaciones de superintensivo predominantes en los nuevos países productores de aceite de oliva (Agudo, 2015).

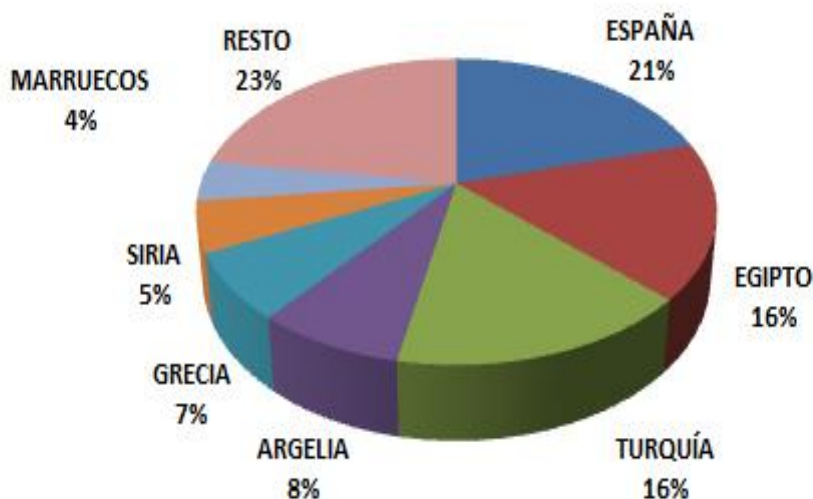
La producción olivarera mundial supera las 16 millones de toneladas de aceitunas anuales, el 90% de dicha producción es destinada a la obtención de aceite de oliva, y el 10% restante al aderezo o procesado para su comercialización y consumo como aceituna de mesa (Agudo, 2015).

En el último año, se ha producido un incremento del 0.7% de la superficie mundial de olivar. Para la campaña 2015-2016, el COI (Consejo Oleícola Internacional) estima que se alcancen unas producciones medias de 2.9 millones de toneladas de aceite de oliva. Por otra parte, este mismo organismo establece una producción mundial aproximada de 2.775.000 toneladas de aceituna de mesa (COI, 2015) (Figura 1).

A partir de los datos obtenidos del Consejo Oleícola Internacional (COI, 2011), sabemos que el olivar mundial cuenta con más de 850 millones de árboles, repartidos en más de 10 millones de hectáreas, de las cuales, aproximadamente 1 millón es destinada a la producción de aceituna de mesa.

A nivel de producción, España es el primer país productor de aceitunas de mesa del mundo, seguido a una distancia considerable por Egipto, Turquía, Argelia, Grecia, Siria y Marruecos. La producción media mundial obtenida en las cinco últimas campañas agrícolas, asciende a 2.563.700 toneladas, de las cuales 529.140 toneladas se produjeron en España, lo que supone un 21% de la producción mundial (Figura 1).

Figura 1.- Distribución de la producción mundial de aceitunas de mesa (COI, media de campañas 2011-2016).



Según la encuesta sobre superficie y rendimientos de cultivos de 2015, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (ESYRCE, 2015), España cuenta con 2.605.202 hectáreas de olivar, de las que aproximadamente un 5,75% (149.751 hectáreas) se dedica al olivar de mesa (Figura 2).

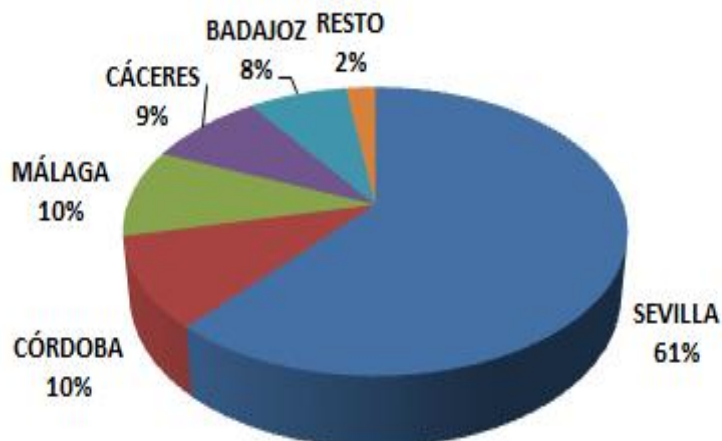
Figura 2.- Distribución de la superficie de olivar en plantación según su aptitud productiva (ESYRCE, 2015).



De las 149.751 hectáreas con las que cuenta el olivar de mesa en territorio español, la inmensa mayoría se encuentran en Andalucía (83,49%) y Extremadura (13,76%), lo que supone un 97,25% del olivar de mesa nacional.

Conocida la extensión del olivar en el campo español y su clasificación en función de la aptitud productiva a la que responde, estudiamos a continuación los niveles productivos del olivar de mesa. Según los datos facilitados por la Agencia de Información y Control Alimentarios (AICA), en la campaña 2014/2015 Andalucía obtuvo una producción total de aceitunas de mesa de 451.114 toneladas, alcanzando el 82% de la cuota productiva nacional. A nivel regional, Sevilla con 335.502 toneladas (74.37%), Córdoba con 55.529 toneladas (12.31%) y Málaga con 53.919 toneladas (11.95%) son las provincias que mayor rendimiento productivo presentan con un (98.63%) de la producción de aceituna de mesa andaluza. Por su parte, las industrias productivas ubicadas en Extremadura generaron el 17% de la producción nacional, quedando en su caso relacionadas a las provincias de Badajoz con 41.327 toneladas y Cáceres con 48.171 toneladas. De tal modo, que ambas regiones acaparan el 99% de la cuota de producción de aceituna de mesa a nivel nacional, en cuyo caso, en dicha campaña 2014/2015 el rendimiento del olivar de mesa español alcanzó las 546.761 toneladas recogidas (Figura 3).

Figura 3.- Distribución de la producción nacional de aceituna de mesa (AICA, 2015).

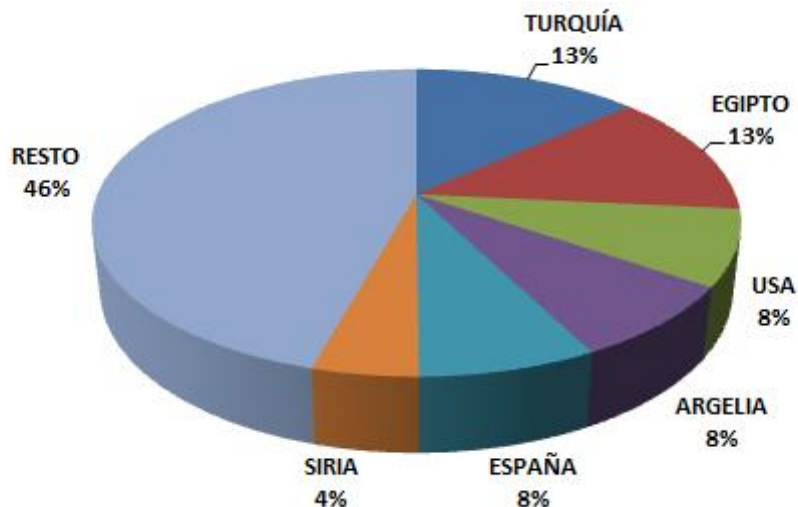


Hablar del sector de la aceituna de mesa en España, es hacer referencia a un sector de gran relevancia económica tanto en el conjunto de la industria agroalimentaria como en el conjunto sociocultural, pues del manejo y recolección de dicho fruto viven miles de familias a nivel nacional. La trascendencia de este sector viene dada tanto por el número de empleos que genera como por su volumen de producción y exportación, hecho que genera el liderazgo de España a nivel mundial en ambos conceptos.

Tal es la relevancia del sector de la aceituna de mesa, que a día de hoy aporta más de 1.000 millones de euros al PIB español, generando más de 8.000 empleos directos y millones de jornales al año, asociados a la labor de mantenimiento, recolección y plantación del olivar, así como los que genera de forma indirecta a través de las industrias de procesado y elaboración del producto que llega a los consumidores (ASEMESA, 2016).

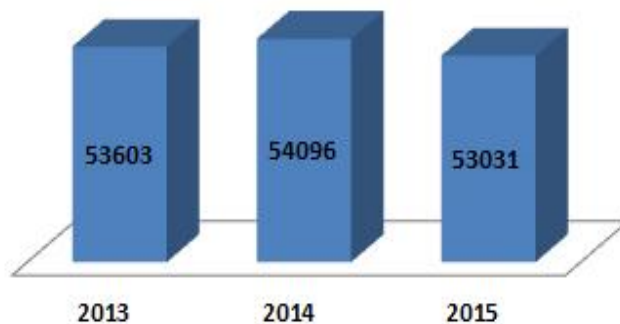
A partir de los datos facilitados por el Consejo Oleícola Internacional (COI, 2016), el consumo de la aceituna de mesa mantiene una tendencia al alza en las últimas campañas, de modo que el consumo actual asciende a 2.543.100 toneladas. España se coloca como quinta consumidora mundial de aceituna de mesa, con un consumo de 190.440 toneladas anuales de media (Figura 4).

Figura 4.- Distribución del consumo mundial de aceitunas de mesa (COI, 2016).



A nivel nacional, según un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2015), el consumo de aceituna de mesa en los hogares españoles había experimentado un descenso del 2% en el primer semestre de 2015 (Figura 5).

Figura 5.- Evolución del consumo nacional de aceituna de mesa (Toneladas) en el periodo enero/junio (MAGRAMA, 2015).



2.3.2.- Principales variedades de aceituna de mesa.-

El olivar es la plantación frutal de mayor importancia a nivel nacional. Dicha importancia no sólo viene supeditada por la enorme cantidad de hectáreas destinadas a este cultivo, sino que también depende de su difusión por el territorio y de la enorme variabilidad de cultivares que se encuentran.

Atendiendo a su importancia y difusión, las variedades se pueden clasificar en: principales, si ocupan una importante superficie de terreno y dominan el cultivo en al menos una comarca o región. Variedades secundarias, son aquellas con una importante extensión de terreno pero que no llegan a ejercer dominio en ninguna zona. Por último, las variedades difundidas o locales que ostentan poca importancia y que aparecen de forma aislada en algunas zonas (Barranco *et al.*, 2008).

Adicionalmente, podemos distinguir entre variedades de aceituna para obtención de aceite y variedades de mesa. En la primera de ellas, se encuentra el grueso de variedades y tienen como fin principal la elaboración de aceites de características particulares y que gustan al consumidor. Dentro de estas variedades, existen algunas que muestran una doble aptitud, y aunque en su mayoría van destinadas al procesamiento y elaboración de aceites, también son demandadas para su aderezo y comercialización como aceitunas de mesa.

La producción nacional de aceituna de mesa, se centra principalmente en tres variedades: ‘Manzanilla de Sevilla’, ‘Hojiblanca’ y ‘Gordal Sevillana’. En la actualidad, las líneas de mejora en los cultivares de mesa van encaminadas a obtener variedades con buenas aptitudes para consumo, así como a reducir la fuerza de retención del fruto en el árbol, con la finalidad de conseguir que sea la menor posible para de este modo poder adaptar dicho sector a los sistemas de recolección mecanizada (Ferguson *et al.*, 2010), ya que el fruto es recogido en verde.

Según (Barranco *et al.*, 2008) las principales características de las variedades de aceituna de mesa son:

- ‘*Manzanilla de Sevilla*’: Variedad de mesa por antonomasia, reconocida a nivel internacional por su enorme expansión y su gran calidad. Su importancia radica en su buena relación pulpa hueso, su precoz entrada en producción y en una gran adaptación por su morfología a sistemas de producción intensivos. Además de ello, y a diferencia de la ‘Gordal Sevillana’ posee un importante contenido en ácidos grasos que le permiten dar un aceite de una alta calidad. Las propiedades organolépticas de esta variedad son amplias y favorables, describiéndola el propio COI como una aceituna de buen tamaño y forma adecuada que presenta una armoniosa relación pulpa hueso. El balance global que presenta en cuanto a su contenido en fibras, aceite y proporción de hueso, la convierten en una aceituna muy utilizada en aderezo o salmuera para su consumo como aceituna de mesa (Aceituna Sevillana, 2015). Se muestra muy sensible a tuberculosis (*Pseudomonas savastanoi*) y verticilosis (*Verticillium dahliae*), y susceptible a repilo

(*Spilocaega oleagina*). Según Jiménez *et al.* (2016) y Jiménez-Jiménez *et al.* (2013) el cultivar ‘Manzanilla de Sevilla’ muestra una importante sensibilidad al molestado, lo que dificulta su adaptación a los sistemas actuales de recolección mecanizada.

- ‘Hojiblanca’: Variedad de doble aptitud muy utilizada en nuestra zona por su resistencia a suelos calizos. Sus frutos se consideran muy adecuados para el aderezo en negro tipo “Californiano”, por la textura firme que muestra su pulpa. Frutos con una elevada resistencia al desprendimiento, lo que dificulta su recolección mecanizada. Se muestra susceptible a repilo, tuberculosis y verticilosis. Dicha variedad también ha sido objeto de estudio para diversos autores (Jiménez, 2013; Jiménez, 2016; Jiménez-Jiménez *et al.*, 2013), quienes han determinado una menor susceptibilidad al molestado en comparación con ‘Manzanilla de Sevilla’, lo que la convierte en una variedad con mayor posibilidad de adaptación a la recolección mecanizada.

- ‘Gordal Sevillana’: Es una variedad de mesa muy apreciada por su tamaño (sus frutos alcanzan un peso medio de 12.5 gramos) y su gran relación pulpa/hueso, junto a la importante calidad de sus frutos. Presenta productividades variables, al tratarse de una variedad vecera que mejora con la realización de procesos de apoyo a la polinización. Tienden a propagarse a través de injertos por la baja capacidad de enraizamiento que presenta. Sus frutos poseen poco contenido oleico, motivo por el cual no se producen aceites de dicha variedad. Este cultivar suele ser resistente a repilo y susceptible a tuberculosis.

Además de estas tres principales variedades de aceituna de mesa, aparecen otras con menor volumen de mercado, pero igualmente importantes:

- ‘Manzanilla Cacereña’: Cultivar de doble aptitud que muestra excelentes propiedades y con un extendido uso como variedad de mesa tanto en verde como negra por la calidad de su pulpa. En relación a las características del fruto, decir que se emplea en un alto porcentaje (80%) para aderezo, tanto verde como negra, por sus buenas prestaciones y calidad de su pulpa. Su contenido en aceite es bajo (7-10% rendimiento graso) aunque de una gran calidad. El aceite producido con frutos de esta variedad está catalogado como uno de los mejores aceites virgen extra que podemos encontrar en el mercado (Soleae, 2013).

En la actualidad, se está trabajando con dicho cultivar, a fin de posibilitar su recolección a través de cosechadoras cabalgantes, principalmente por su precocidad en la maduración y su bajo poder de retención en el árbol, lo que la convierte en una variedad muy favorable para su recolección mediante sistemas mecanizados como vibradores de tronco o cosechadoras cabalgantes. En este sentido, en recolección mecanizada y según investigaciones llevadas a cabo por Morales-Sillero *et al.* (2014), el cultivar Manzanilla Cacereña presenta una menor susceptibilidad al molestado con respecto a la ‘Manzanilla de Sevilla’.

- ‘*Aloreña*’: Variedad muy importante en la comarca malagueña. Destaca por su importante calidad en aderezo y sus enormes propiedades organolépticas que le confieren una calidad excelente, lo que le ha valido para ser la primera variedad en obtener la DOP (Denominación de Origen Protegida) (Aloreñademalaga, 2015).
- ‘*Morisca*’: Aunque es una variedad con un importante rendimiento en aceite, últimamente se está utilizando también como variedad de aceituna de mesa por su facilidad de aderezo e importante tamaño. Su alta resistencia al desprendimiento la convierten en una variedad poco recomendable para sistemas de recolección mecanizados.

2.4.- Recolección de la aceituna de mesa.-

2.4.1.- Evolución de las técnicas de recolección del olivar de mesa.-

Las técnicas empleadas en el proceso de recolección, la variedad y calidad del fruto, el mercado, la experiencia de la mano de obra recolectora y el grado de madurez de la aceituna entre otros, son los factores que condicionan el proceso de recogida de la aceituna. Por ello, el acertar con el momento óptimo de la recolección es fundamental de cara a obtener los mejores resultados posibles y de la mejor calidad. Para ello, es fundamental conocer las características y propiedades de la variedad que cultivamos, ya que los frutos serán recolectados cuando adquieran su máximo tamaño. En el caso de la aceituna para aderezo al estilo “verde sevillano”, inmediatamente antes del envero, justo cuando comienza a tornarse el color verde intenso que presentan a un color verde amarillento, sin precipitarnos en ningún caso, pues estaríamos disminuyendo la calidad del fruto y dificultando su posterior proceso de fermentación.

El modo más ancestral de recogida de la aceituna, se basaba en la recolección de los frutos del suelo, una vez que éstos habían caído al alcanzar su madurez fisiológica. Indiscutiblemente, la calidad del producto no era la idónea, hecho por el cual, pronto comienza a introducirse la recolección a través de bancos y macacos, conocida como *ordeño* (Rejano *et al.*, 2010). Este ordeño manual del árbol, consiste en obtener las aceitunas una a una de las ramas, siendo introducidas en macacos que los jornaleros llevan colgados sobre sí mismo. Posteriormente, el contenido de los macacos suele depositarse sobre unas cajas de unos 22 Kg de capacidad, estando perfectamente adecuadas para facilitar la aireación y evitar el molestado de los frutos (Rejano *et al.*, 2010). Esta técnica del ordeño es muy utilizada sobre todo en olivares de verdeo, ya que el destino del fruto es el aderezo y consumo como aceituna de mesa. Por ello, el fruto se suele recoger más bien verde, cuando pinta a envero (índice de madurez=1) para evitar su madurez y caída al suelo que inhabilitaría su aprovechamiento. Con esta técnica se persigue que la aceituna sufra el menor daño posible en cuanto a la aparición del molestado por impacto contra el suelo o máquina y arañazos. También hay ocasiones en las que se pone en práctica dicho sistema en olivares de aceitunas para almazara,

quedando únicamente supeditada para la obtención de aceites de oliva virgen extra de calidad suprema que requieren para su obtención de frutos en perfecto estado. Esta forma de recolección queda reducida a determinadas zonas y variedades, pues el coste que acarrea en el agricultor es muy importante, pudiendo llegar a suponer hasta el 50% de los gastos generales de la explotación de olivar (AEMO, 2010).

Partiendo de la base de que entre el 30-60% de los gastos de una explotación de olivar de mesa tiene como origen el proceso de recolección (AEMO, 2010), y atendiendo a las exigencias y precios del mercado, en la actualidad el sector olivarero busca emprender una remodelación del sector en materia de tecnificación y mecanización del proceso de recolección, orientado en todo momento a minimizar al máximo los costes e incrementar los beneficios del agricultor. La recolección mecánica es más económica y eficiente que la manual, pero desafortunadamente produce una importante merma en la producción de aceitunas de mesa, provocada por la aparición de unas manchas pardas, *molestado*, como consecuencia de los golpes recibidos durante la recolección (Ferguson *et al.*, 2010).

En los últimos años, se está trabajando en la introducción de apoyo mecánico en la recolección de aceituna de mesa, si bien, el molestado generado sobre los frutos y la dificultad de la orografía en muchas zonas, impiden que esta modalidad de recolección pueda asentarse definitivamente. Sin embargo, el sector olivarero sí que está apostando por la tecnificación del sector, y tal es la evolución que se ha pasado en pocos años de utilizar apoyos mecánicos para facilitar la labor de recolección al uso de un instrumental mecánico que recolecta en su totalidad el fruto, al cosechar la aceituna del árbol de forma directa. Dicha recolección mecanizada será descrita en el epígrafe 2.4.2 de este documento.

Sin embargo, para que esto sea posible es necesaria la adaptación de las plantaciones, evolucionando a sistemas de plantación intensivos o superintensivos.

El problema surge al estudiar el panorama olivarero español y contemplar cómo tan solo el 26% de la superficie de olivar nacional se encuentra en intensivo (23.5%) y superintensivo (2.5%), perteneciendo el 74% restante a un modelo de cultivo de olivar tradicional en el que aproximadamente el 50% corresponde a un olivar tradicional productivo y mecanizable. El 24% restante, hace referencia a un olivar tradicional de carácter marginal y de complicada mecanización (principalmente por la orografía del terreno en la que se encuentran, por la antigüedad de la plantación y distribución en el terreno con amplios marcos de plantación sin seguir ningún modelo o patrón) (AEMO, 2009).

Mientras que un olivar tradicional cuenta con unos 80-120 olivos por hectárea, los sistemas intensivos pueden alcanzar entre los 200-600 olivos por hectárea al reducir a la mitad los marcos de plantación. En el caso de las plantaciones en superintensivo, la densidad de olivos por hectárea se dispara hasta los 1.000-2.000 olivos (Tous *et al.*, 2007).

Las actuales plantaciones intensivas o superintensivas, cuentan con ciertas ventajas como: menores costes de recolección por hectárea (aproximadamente un tercio de los costes de la manual), permiten realizar la recolección en el momento óptimo de los frutos, mínimo tiempo de exposición de los frutos entre el proceso de recolección y procesado, etc.

Si bien, aunque acarrear unos costes durante el primer año de la plantación por hectárea elevados, la pronta entrada en producción de los olivos y las altas producciones (14.000-15.000 Kg/ha), explican la rentabilidad de dicho sistema (AEMO, 2010).

2.4.2.- Sistemas de recolección mecanizada.-

Para poder emplear maquinaria durante el proceso de recolección, es necesario que tanto el tipo de plantación como la estructura de los árboles sean adecuadas. Para dicha labor de recolección, existen en el mercado actual diversos tipos de maquinaria.

Inicialmente, para contribuir en la mejora y adaptación del sector a la recolección mecanizada aparecieron los vibradores motorizados manuales, los vibradores de tronco (con o sin paraguas), las plataformas autopropulsadas, etc., hasta las cosechadoras cabalgantes actuales (Figura 6) que agilizan enormemente el proceso de recolección, abaratando considerablemente los costes. Cada una de estas máquinas está orientada a un determinado tipo de plantación, pero en la mayoría de los casos a la recolección de aceitunas para almazara (aceite).

En la actualidad, los *vibradores motorizados de mano* (vibrador de ramas) (Figura 6C) y *vibradores autopropulsados* (vibrador de tronco) (Figura 6B) ajustados a las pinzas del tractor han sustituido el vareo tradicional llevado a cabo por los braceros, instalándose como un medio evolutivo que facilita la labor de recogida. En relación a los *vibradores motorizados de mano*, también conocidas como cepillos o peines, permiten derribar las aceitunas de las ramas mediante las vibraciones transmitidas por los dedos mecánicos que posee dicho instrumento. Producen daños en ocasiones por roturas de ramas e impacto directo sobre los frutos, lo que induce a aumentar la vecería del olivo. Se han de transmitir vibraciones cortas y de forma repetidas para evitar un exceso de daños y mejorar la recolección (Márquez, 2014). Por lo que encontramos dos tipos de vibradores manuales, aquellos que actúan directamente sobre la vegetación del árbol y los que interaccionan con el fruto. En ambos casos, se persigue recolectar los frutos ocasionando siempre el menor daño posible.

El *vibrador de tronco* (Figura 6B) es un sistema que en las últimas fechas está alcanzando una expansión bastante importante, motivada por la creciente implantación de sistemas intensivos. Los vibradores de tronco más modernizados llevan consigo acoplados unos paraguas que recogen los frutos caídos del árbol, agilizando pues el proceso de recolección. De entre todas las clases de vibración existentes, la

multidireccional es la más eficaz (Esenciadeolivo, 2014). Estos vibradores hay que emplearlos con cautela, pues malos agarres sobre el tronco pueden producir la rotura de la corteza del mismo con la consiguiente muerte de vasos conductores, abriéndose una puerta a la entrada de posibles enfermedades. Al igual que vibraciones más intensas de lo debido o durante un período más extenso de lo recomendado, pueden dañar el sistema radicular del olivo, dañando raíces principales y como tal, mermando el sistema de anclaje y fijación del olivo. De modo que es un sistema ventajoso en lo que a recolección se refiere, pero teniendo siempre la cautela de evitar dañar la estructura del olivo por un uso inadecuado de dicho sistema. Porras (2013), estableció una serie de pautas relacionadas con las vibraciones y tiempo de sacudida del árbol que han servido de referencia a la hora de conocer los mecanismos y parámetros necesarios para este sistema de recolección. Para producir un derribo de la aceituna del árbol es necesario aplicar una aceleración con el vibrador de 2.000 m/s^2 , siendo necesario para ello, una aceleración cercana a las 3.000 m/s^2 en el punto de agarre al tronco (Márquez, 2014).

En los últimos tiempos, a la operación de vibración se le suele acompañar con una labor simultánea de *vareo* para incrementar el porcentaje de frutos derribados. Este acoplamiento suele realizarse en olivares de aceite pues se incrementa considerablemente el porcentaje de molestado en los frutos, por impacto directo o indirecto con las aceitunas.

En la actualidad se están intentando adaptar los *cepillos* o *vareador de peine* empleados en cítricos para la recolección de las aceitunas (Esenciadeolivo, 2014).

Sea cual fuere el sistema de derribo de las aceitunas (caída natural por maduración, vareo o vibradores) el fruto acaba en el suelo. Para su recolección, es imprescindible que la superficie se encuentre en unas condiciones óptimas que permitan una adecuada recogida de los mismos. A esta labor de preparación de los suelos se le conoce como “hacer suelo”.

Una vez que la aceituna se encuentra en el suelo, puede ser recogida una a una por los jornaleros que componen las cuadrillas suponiendo una labor ardua tediosa, mediante *sopladoras* que las amontonan para facilitar su recogida en los macacos a mano, o a través de *aspiradoras mecanizadas* que las toman directamente del suelo. En todos estos casos, la aceituna ya ha sufrido un importante daño por su impacto con el suelo. Además, al ser recolectada del suelo, es inevitable que los frutos vayan acompañados de partículas de suelo, polvo y piedras lo que obliga a las almazaras a cribar y posteriormente lavar los frutos previo procesamiento de molienda para la extracción del aceite que en cualquier caso alcanzará una calidad menor.

La mecanización del sector está siendo impulsada a través de la plantación de nuevas explotaciones de olivar en intensivo o superintensivo, con densidades de árboles muy elevadas por hectárea (200-600 árboles/ha en intensivo con marcos de $6 \times 6 \text{ m}$ ó $6 \times 3 \text{ m}$ y de 1.000-2.000 árboles/ha en superintensivo bajo marcos de $1.75 \times 4 \text{ m}$) que permiten la recolección con *cosechadoras cabalgantes* (Figura 6A), frente a las explotaciones

tradicionales con 80-120 árboles/ha en marcos de 10 x 10 m (Tous *et al.*, 2007). Dichas máquinas son una adaptación de las vendimiadoras de vid, a las cuales se les ha subido el punto de cruz del túnel de recolección, llegando a alcanzar hasta 3-3.5 m de altura. Actualmente se trabaja en la implantación de diferentes varillas de vibración (varillas de plástico u otros materiales y de distinta longitud y frecuencia de batido) y con un mayor número de éstas, con el único fin de conseguir una mayor amplitud de movimientos de cada una de estas varillas, de modo que podamos realizar sacudidas más continuas e intensas en las copas de los olivos y un trabajo de recolección más acorde a los parámetros normales en la parte central de los mismos. Estas máquinas además están equipadas con una cabina, en cuyo interior se ubica el recolector o maquinista. Dicha construcción puede encontrarse en el centro del eje de la máquina o desplazada a uno de los dos lados. Las nuevas máquinas que salen al mercado, suelen venir equipadas con unos dispositivos electrónicos que permiten llevar a cabo una recogida de los datos de la recolección, así como planos de localización de la parcela que facilitan el guiado y la operación de recolección de las filas de olivos (Ferguson *et al.*, 2010).

A día de hoy, ya existen algunas que además de poderles fijar una velocidad de avance y una frecuencia de batido determinada tienen capacidad de actuación u operación automática, es decir, pueden realizar la operación de recolección de las filas de olivos totalmente independientes, solo con la ayuda de un sistema informático georreferencial que le muestra el mapa de la parcela a través de coordenadas y ésta las interpreta en el terreno.

En alusión al transporte y almacenamiento de la carga, dichas cabalgadoras presentan unas cintas transportadoras que van almacenando los frutos recolectados en la tolva o tolvas de la máquina (según el modelo) para posteriormente ser descargadas sobre un remolque o camión que las transportará hasta su lugar de destino. Éste es uno de los procesos más delicados de la recolección junto con el de batidos de los olivos, pues es cuando se produce realmente el mayor daño a los frutos (molestado). Por ello, a día de hoy se trabaja en encontrar materiales y modelos de máquinas que minimicen los daños y favorezcan el empleo de dichas máquinas. En la actualidad existen cuatro modelos de cabalgadoras como son: Braud 9090X, New Holland, Gregoire G167 y Pellenc modelo Mavo, así como una supercabalgadora de olivar conocida como Colossus (Figura 6). Estas máquinas presentan una capacidad de trabajo real de 1 hectárea en 2.5-3 horas, por lo que pueden llegar a recolectar unas 3.5-4 ha/día con una eficacia en la recolección de hasta el 95%, lo que supone en un sistema intensivo o superintensivo entre los 20.000-30.000 Kg del primero a los 45.000-60.000 Kg del segundo (Gil-Ribes, 2015).

Figura 6.- Diferentes sistemas de recolección mecanizada: cosechadora cabalgante (Vx 7090 Olive, Newholland) (A), vibrador de tronco (B), vibrador manual motorizado (C).



El gran reto actual se encuentra en el desarrollo de nuevas máquinas o adaptación de las ya existentes para extrapolar su uso a la recolección de las aceitunas de mesa. Partiendo de la base del conocimiento de la dificultad que entraña la recolección mecanizada en aceituna de mesa como consecuencia del molestado que se produce en el fruto a raíz del golpeo entre los propios frutos, entre el fruto y la estructura del árbol, con el suelo o con la estructura de recepción. Para conseguir la viabilidad comercial y económica de la aceituna recolectada, se considera crucial la interacción entre el proceso de recolección y la industria, ya que no debemos de obviar la resistencia que presenta el fruto a su derribo al recolectarse en verde, y es ahí donde se debe incidir en el ajuste de determinados parámetros como la frecuencia de vibración y el tiempo de vibración del olivo a fin de conseguir que el trabajo realizado sea económicamente rentable y agrónomicamente viable, requiriéndose unos niveles mínimo de derribo del 70-80% de los frutos para considerar que la operación es satisfactoria (Gil-Ribes *et al.*, 2016).

Para conseguir llevar a cabo la introducción de la recolección mecanizada en el olivar de mesa, es importante realizar una adecuada regulación de los parámetros de la máquina (velocidad de avance y frecuencia de batidos). Según Gil-Ribes *et al.*, (2016), las diferentes regulaciones realizadas sobre la máquina, permiten obtener diferencias en campo. Tal es así, que comprobó que la velocidad de avance de la máquina no es un parámetro decisivo para la obtención de un buen porcentaje de derribo de los frutos, siendo la frecuencia de batidos el parámetro que genera mayor influencia sobre el derribo de los frutos, y considerando que cuanto mayor es la frecuencia de batido, mayor es el porcentaje de derribo, pero también los daños producidos sobre las ramas y frutos, por lo que es fundamental ajustar estos dos parámetros, con la única idea de reducir al máximo el molestado producido sobre los frutos durante el proceso de recolección mecanizada.

Para contribuir a la mejora de los rendimientos en la recolección, y reducir las pérdidas derivadas de la retención de los frutos en el árbol, se está trabajando con la aplicación de determinados productos que generan la abscisión del fruto y mejoran el proceso de recolección mecanizada en aceituna de mesa, aunque hasta el momento los resultados obtenidos no son del todo satisfactorios (Burns *et al.*, 2008; Zipori *et al.*, 2014). Esta abscisión de la aceituna se está consiguiendo tanto por vía genética, a través de los programas de mejora en variedades de mesa, como mediante la aplicación de sustancias que ayudan a rebajar la fuerza de retención de los frutos como por ejemplo el Etefon (fitohormona precursora del etileno que produce o interviene en los procesos de senescencia y maduración de los frutos) (Phytoma, 2009).

Cada año aumenta en nuestra península la superficie de olivar destinada a la recolección mecanizada. Orientado a la mejora de dicho sector, se está trabajando de forma importante para conseguir la adaptación de dicha recolección mecanizada al olivar de mesa. El principal hándicap con el que cuenta dicho sistema es el molestado que se produce en el fruto como consecuencia del impacto que sufre durante la recolección.

Diversas líneas de investigación están trabajando para paliar al máximo dichos efectos como por ejemplo: la inmersión de los frutos tras la recolección en tanques con lejía refrigerada (Segovia *et al.*, 2011), el uso de NaOH como inhibidor de la reacción enzimática en el proceso de oxidación de los frutos, (Ben-Shalom *et al.*, 1978), reducir la resistencia a la caída mejorando la abscisión del fruto (Burns *et al.*, 2008; Zipori *et al.*, 2014) o mediante el ajuste de los parámetros de recolección (frecuencia y tiempo de vibración, velocidad de avance con cabalgadora, tiempo transcurrido hasta procesado de la aceituna, etc.) (Morales-Sillero *et al.*, 2014).

Es de esperar que los continuos esfuerzos realizados en mejorar la mecanización y tecnificación de las máquinas, materiales, velocidad, frecuencia de batido, etc. hagan de la recolección mecanizada, una práctica habitual en el olivar de mesa. Este logro no solo se conseguirá de la mano del avance tecnológico en la agronomía sino que también será

fundamental el esfuerzo de mejora realizado tanto por las cadenas de transporte como por las de transformación y procesado del producto (Márquez, 2014).

2.5.- La calidad en aceituna de mesa.-

2.5.1.- Parámetros de calidad de la aceituna.-

Según la Norma de Calidad emitida por el Consejo Oleícola Internacional (COI, 1980), se denomina aceituna de mesa al fruto de variedades determinadas del olivo cultivado, sano, cogido en el estado de madurez adecuado y de calidad tal que, sometidos a las preparaciones adecuadas, dé un producto de consumo y de buena conservación como mercancía comercial.

En la Reglamentación Técnico Sanitaria que rige la elaboración, circulación y venta de aceituna de mesa, se distinguen cuatro tipos, según el grado de madurez de la materia prima o el color que adquiere el producto final: Aceitunas verdes, de color cambiante, tipo negras y negras naturales (Barranco *et al.*, 2008).

La pulpa de la aceituna se compone principalmente de aceite (10-25%) y agua (60-75%) (Rejano *et al.*, 1977).

La obtención de un producto de calidad es un objetivo primordial de la producción, manipulación, almacenamiento y distribución de productos agrícolas. En alusión a las aceitunas de mesa, los parámetros esenciales de calidad que deben cumplir en su proceso de clasificación son: estar sanas y limpias, exentas de sabor u olor anómalo, con el grado de madurez óptimo, sin defectos que afecten a su consumo o conservación, sin materias extrañas, calibradas, de la misma variedad en caso de envasado, que mantengan un color uniforme excepto cuando son cambiantes y libres de gérmenes patógenos o de sus toxinas.

La aceituna también presenta múltiples propiedades nutritivas beneficiosas para la salud: buen contenido en grasas saludables, bajo contenido en carbono, rica en fibra (ayuda a un buen funcionamiento de tracto digestivo y previene el cáncer de colon), rica en vitamina A y E (comportándose como un perfecto antioxidante), con presencia de minerales (Na) y polifenoles. A todo esto hay que unir, que se trata de un alimento que refuerza potencialmente las defensas naturales del consumidor (ASEMESA, 2011).

Además, la aceituna de mesa es un alimento que se consume en estado natural tras su aderezo, por lo que el aspecto visual es de gran importancia.

El término calidad hace mención al conjunto de las propiedades y de las características que proporcionan al producto la capacidad de satisfacer exigencias explícitas (requisitos organolépticos o comerciales) e intrínsecas (requisitos nutricionales y de seguridad) (Barranco *et al.*, 2008). A partir de dicha definición, encontramos que el término calidad

es un aspecto con dualidad en el sentido del punto de vista. En este caso, encontramos por un lado al mercado y por el otro al agricultor. A día de hoy, como consecuencia de la mejora de las variedades y de las técnicas de cultivo, unido a la mejor preparación de los agricultores, encontramos que el sector de la aceituna de mesa cada vez destina más esfuerzos en establecer unos parámetros estándares que sirvan de referencia a los agricultores a la hora de catalogar sus cosechas. Estos parámetros fijados son: el tamaño de los frutos, su color, forma, textura, firmeza de pulpa, relación pulpa/hueso, índice de madurez y susceptibilidad a golpes (molestado). En función del cumplimiento de dichos parámetros, los frutos recolectados irán catalogados en distintas categorías: extra o A, primera o selecta y segunda o estándar.

Estas exigencias del sector, vienen en cierto modo impuestas por las grandes cadenas agroalimentarias, quienes implantan sus propios criterios de calidad. Por este motivo, la exigencia es máxima: por un lado el agricultor busca y trabaja para obtener frutos de calidad extra y por otro lado, las grandes cadenas agroalimentarias imponen sus criterios de calidad en función de los requisitos de demanda ciudadana. La obtención de mejoras en la calidad, lleva a los grupos de investigadores a trabajar en proyectos enfocados principalmente a obtener líneas de aceitunas de mesa de mayor calidad y que se adapten a las exigencias del mercado, como es el caso del proyecto de mejora realizado por investigadoras de la universidad de Sevilla (Rallo *et al.*, 2011).

Los parámetros de calidad más importantes estudiados en la aceituna de mesa son:

El *color* de la aceituna es un parámetro cualitativo muy importante, ya que define en ocasiones los gustos o deseos del consumidor. El momento óptimo para su recolección se encuentra justo en el comienzo del envero, pues en dicho momento maximiza sus propiedades organolépticas y describe su calidad con total esplendor. Según Ferreira (1979), el momento de recolección viene determinado por el índice de madurez del fruto, que abarca desde 0 (color de la piel verde intenso) a 7 (cuando la piel se ha ennegrecido y la pulpa adquiere un color morado hasta el hueso). El índice de madurez con el que se recolecte el fruto, va a depender del destino final de dicha producción y de la demanda del mercado.

No debemos de olvidar que uno de los principales criterios que rige la calidad de un producto fresco es su aspecto visual, pues es el que incita a la compra por parte del consumidor, de ahí la trascendencia del *color* de los frutos, pues en ocasiones, el ser humano tiende a relacionar sabores o recuerdo por mediación del color.

El *tamaño del fruto* es el principal parámetro de calidad. Por regla general, en aceituna de mesa, el tamaño más apreciado para la industria procesadora del aderezo y los consumidores es el tamaño medio (3-5 gramos/fruto aproximadamente), si bien existen otras variedades de repercusión local que son muy demandadas por la particularidad de su sabor. Hablamos de variedades de tamaño grande como la ‘Gordal Sevillana’ (12 gramos/fruto aproximadamente) o variedades pequeñas ‘zorzaña’ (menos de 3 gramos/fruto). En dicho parámetro de calidad, lo que sí se persigue es obtener una

buena relación pulpa/hueso (próxima 6,5:1) y que exista una fácil liberación de la pulpa del hueso (Rallo *et al.*, 2011).

La *textura* que presenta la pulpa del fruto depende en gran medida de la variedad de mesa empleada, siendo otro de los parámetros principales que marca la calidad final del fruto. Además, es un parámetro muy valorado tanto por el consumidor, como por la industria, ya que de ella va a depender la complejidad del proceso de deshuesado y relleno (Garrido-Fernández *et al.*, 1997).

2.5.2.- El molestado en aceituna de mesa.-

El *molestado* en aceituna de mesa, se define como el daño ocasionado en los frutos como consecuencia de un impacto o golpe durante la recolección, almacenaje post-cosecha o procesado del fruto y que origina alteraciones en las aceitunas. A pesar de que el molestado se inicia con una lesión mecánica, engloba diferentes procesos fisiológicos. En primer lugar, estas manchas se originan por un proceso oxidativo de los tejidos dañados, de ahí que se recomiende introducir los frutos en lejía fría diluida con el objetivo de paralizar dicho proceso oxidativo (Rejano *et al.*, 2008) y evitar así su evolución en los frutos. Esto se traduciría en una pérdida del valor comercial de los frutos como consecuencia de una disminución de su calidad (Jiménez *et al.*, 2011). Además, en la zona dañada por el golpe se produce roturas celulares y pérdida de grosor en las paredes celulares (Jiménez *et al.*, 2016).

Las causas que producen este molestado pueden ser diversas, aunque en la mayoría de las ocasiones tienen un origen mecánico como es el golpe de los frutos durante la recolección, el golpe de la aceituna sobre la maquinaria de recolección o los arañazos ocasionados en la recolección manual. Por este motivo, se trabaja en optimizar la recolección de la aceituna de mesa con maquinaria tecnificada que permita la correcta comercialización del fruto.

Las nuevas vías de investigación avanzan en el ajuste de los parámetros de recolección (velocidad y frecuencia de batidos) con la intención de reducir o eliminar el daño causado en el fruto durante el proceso de recolección, estableciéndose como uno de los objetivos del proyecto de Interaceituna: “Optimización de la recolección con máquina cabalgadora en plantaciones superintensivas adultas de aceituna de mesa”. Este proyecto lo llevan a cabo investigadoras del Departamento de Ciencias Agroforestales (ETSIA-US) en una finca de olivar superintensivo ubicada en Elvas (Portugal), y financiado por la Organización Interprofesional de la Aceituna de Mesa (INTERACEITUNA).

3.- Objetivos

3.- OBJETIVOS.-

El objetivo general de este Trabajo Fin de Grado es describir y cuantificar los daïos producidos en los frutos por la recolecci3n manual y mecanizada con cabalgadora en dos variedades de aceituna de mesa ('Manzanilla de Sevilla' y 'Manzanilla Cacerëña'), a dos velocidades (2 y 3 Km/h), diferentes frecuencias de batidos (430 y 470 batidos por minuto) y su evoluci3n en el tiempo (2 y 24 horas) tras la recolecci3n.

Una vez descrito cual va a ser el objetivo general del Trabajo, se definen los siguientes objetivos especïficos:

- 1.- Descripci3n cualitativa de los daïos sufridos por el fruto durante la recolecci3n manual y con cosechadora cabalgante a dos velocidades (2 y 3 Km/h) y dos frecuencias de batidos (430 y 470 batidos por minuto).
- 2.- Cuantificar el área externa y el volumen de la zona daïada en cada tratamiento, para conocer la magnitud del daïo por molestado.
- 3.- Cuantificar los daïos producidos en el mesocarpo de los frutos (*Área Interna Daïada, TDA*, de sus siglas en ingl3s *Total Damaged Area*), como est3 definida por Jiménez *et al.* (2016) a partir de porciones de frutos frescos como consecuencia de la recolecci3n manual y con cabalgadora, trabajando a dos velocidades (2 y 3 Km/h) y dos frecuencias de batidos (430 y 470 batidos por minuto).
- 4.- Analizar la evoluci3n en el tiempo (2 y 24 horas) de los daïos sufridos por el fruto tras cada tratamiento de recolecci3n (dos velocidades (2 y 3 Km/h) y dos frecuencias de batidos (430 y 470 batidos por minuto)).

4.- Materiales y Métodos

4.- MATERIALES Y MÉTODOS.-

4.1.- Material Vegetal y emplazamiento de la plantación.-

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se han elegido frutos de dos variedades de aceituna de mesa: ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’, descritas en la introducción (apartado 2.3.2). Estas variedades se caracterizan por:

‘Manzanilla de Sevilla: se caracteriza por ser una variedad distribuida por todo el territorio mundial, debido a sus buenas aportaciones productivas y su excelente calidad de frutos. Su reducido vigor vegetativo y su precoz entrada en producción la convierten en ideal para su plantación en sistemas intensivos.

Con respecto a la otra variedad motivo de estudio en este Trabajo Fin de Grado, nos encontramos que la ‘*Manzanilla Cacereña*’ se halla enmarcada dentro de un plano mixto, es decir, con una doble aptitud productiva, ya que es destinada tanto para molino (obtención de aceite), como para su consumo en verde. Si bien es cierto, que la mayoría de su producción es destinada al aderezo para su consumo al natural.

Los frutos de ambas variedades fueron recogidos de forma manual y con cabalgadora durante el mes de septiembre de la campaña 2014-2015, con un índice de madurez IM=1 (Ferrerira *et al.*, 1979), en una finca de olivar superintensivo de carácter comercial en la localidad de Elvas (Portugal) con ubicación geográfica (latitud: 38° 56’ N; longitud: 7° 02’ W; altitud 201 m).

Se trata de una localidad muy cercana al territorio español, separada a 22 Km por carretera de Badajoz. Según los datos climáticos del aeropuerto de Badajoz, la zona presenta un clima de tipo Mediterráneo (templado y cálido), con una importante influencia atlántica (por la proximidad del océano atlántico) lo que repercute en la posible oscilación de las temperaturas. En lo que a éstas respecta, es un territorio que presenta temperaturas óptimas para el cultivo del olivo. Cuenta con una temperatura media anual de 16,3 °C, alcanzándose las máximas temperaturas entre los meses estivales de julio y agosto con 25,1 °C de media (con temperaturas máximas que rondan los 35 °C), siendo el mes de enero el que presenta las máximas más bajas con 8,8 °C de media. En cambio, las mínimas rondan los 10,7 °C de media anual, siendo el mes de enero el que menor valor presenta con 4,8 °C y agosto el que más con un valor de 17,3 °C. La precipitación total fue de 598 mm, repartidos principalmente entre los meses que van de octubre a mayo (Climate-data, 2015).

La plantación del olivar de la finca motivo de estudio se realizó el año 2006, estableciéndola a un marco de 3,75 x 1,35 m (1.975 árboles/ha) y siguiendo una orientación de plantación N-S (para favorecer la captación de luz). En esta finca, los olivos presentan una arquitectura simple, en la que los árboles se desarrollan bajo un eje central o árbol con un solo pie con el fin de facilitar en la medida de lo posible la recolección con cabalgadora. La plantación presenta una formación en seto, con un

marco de plantación: $2,4 \pm 0,3$ m de alto; $1,5 \pm 0,2$ m de ancho y $0,2 \pm 0,0$ m de perímetro de tronco.

Transcurridos cinco años tras la plantación de la parcela, la producción obtenida en la primera recolección perteneciente a la campaña 2010-2011 fue de 18.000 Kg/ha. Para obtener dichas producciones la plantación cuenta con un sistema de riego por goteo (2 goteros autocompensantes por árbol, separados 0.6 m) con un aporte de $2,4 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ y un sistema de fertirrigación. El control de la flora arvense se lleva a cabo mediante la aplicación de herbicidas en las líneas de plantación de los olivos, manteniendo una cubierta controlada en todas las calles, a fin de combatir la erosión y mejorar el contenido en materia orgánica del mismo.

4.2.- Diseño Experimental.-

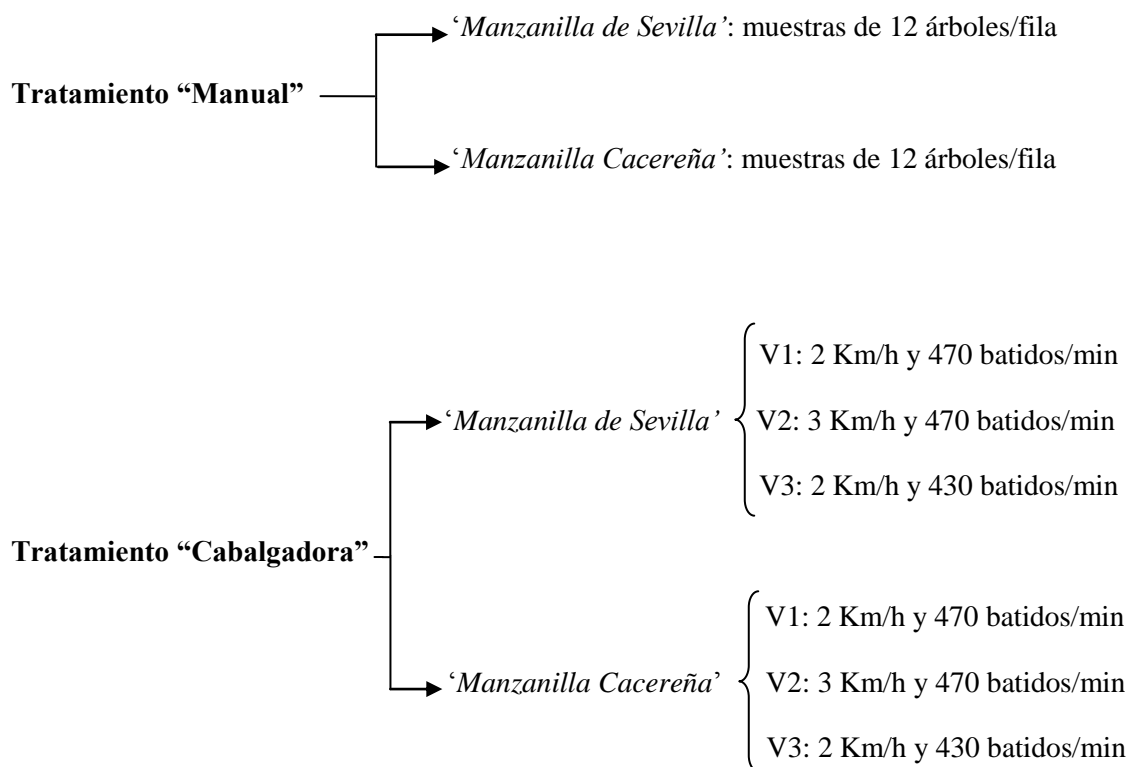
Se realizó un diseño experimental basado en la elección al azar de tres repeticiones por tratamiento y variedad, escogiendo como unidad experimental una fila de árboles (según diseño de la plantación, 90 árboles aproximadamente). Los tratamientos (procedimiento de recolección) fueron:

a) **Recolección manual:** basada en la recogida de los frutos a mano.

b) **Recolección mecanizada:** mediante la utilización de una cosechadora cabalgante a dos velocidades (2 y 3 Km/h) y dos frecuencias de batidos (430 y 470 batidos por minuto).

Para garantizar que todo el proceso de muestreo cumpliera con los mismos condicionantes y asegurar que las condiciones climáticas fueran similares entre estas, la recolección de todas las muestras se llevó a cabo el mismo día.

Para el tratamiento de recolección manual, se tomaron muestras de doce árboles por fila, con un total de tres repeticiones por variedad. En el tratamiento de recolección mecanizada, se recolectaron tres filas de cada variedad y tratamiento con una cosechadora cabalgante adaptada a la plantación. De manera esquematizada, los tratamientos de recolección (con tres repeticiones por tratamiento) han sido:



La recolección mecanizada fue realizada por una cosechadora cabalgante modelo (**Vx 7090 Olive, Newholland**) (Figura 7), la cual presentaba una amplitud máxima de cabezal procesador de 3.22 m, y una altura máxima de trabajo con respecto a la cota del suelo de entre 2.2 y 2.8 m, permitiendo llevar a cabo recolecciones en plantaciones intensivas o superintensivas en setos con una altura media de 2.5 m.

Con estas particularidades, la máquina cabalgante trabajó a una velocidad media de 2-3 Km/h y una frecuencia de batido oscilantes entre las 430-470 batidos por minuto, obteniéndose un porcentaje del 98% de frutos recolectados mecánicamente frente al 100% en la recolección manual.

Figura 7.- Cosechadora cabalgante (V x 7090 Olive, Newholland) empleada en la recolección de los frutos de las variedades Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacerreña.



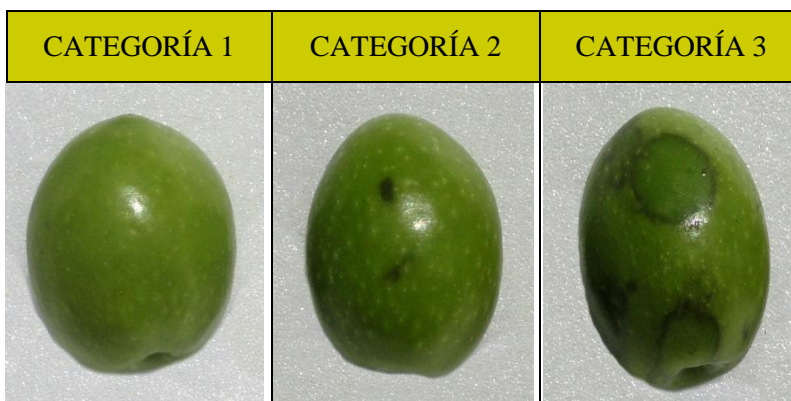
4.3.- Obtención de frutos y fijación.-

La recolección tuvo lugar el día 13 de septiembre de 2015, momento en el cual se consideró que los frutos a cosechar se encontraban en su momento óptimo al presentar un índice de madurez igual a uno ($IM=1$ según Ferreira *et al.* (1979)). Este índice de madurez viene definido por el cambio de color del fruto, virando de verde intenso a amarillento, siendo en el caso de la aceituna de mesa cuando el hueso se separa fácilmente de la pulpa.

Durante la recolección se tomaron submuestras de 100 frutos, pertenecientes a cada uno de los tratamientos: manual y mecánica: V1 (2 Km/h y 470 batidos/min), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) y repetición. Estas submuestras fueron elegidas al azar.

En cada submuestra, se analizó el índice de molestado y a continuación fueron sometidas a un proceso de fijación a las 2 y 24 horas tras la recolección. El índice de molestado se determinó en función de la severidad del daño en la piel (Morales-Sillero *et al.*, 2014). Además del índice de molestado (IM), también se determinaron los porcentajes de frutos molestados (% FM), arañados (% FA) y rajados (% FR). Los frutos se clasificaron en tres categorías de acuerdo con la severidad del molestado en la superficie de los mismos: no molestados (Categoría 1), con bajo nivel de daños (inferior al 25%, Categoría 2) y con daños severo (entre el 25% y 100% de la superficie dañada, Categoría 3), según Morales-Sillero *et al.* (2014) (Figura 8).

Figura 8.- Clasificación de los frutos en tres categorías según la severidad del molestado presente en la superficie de los mismos.

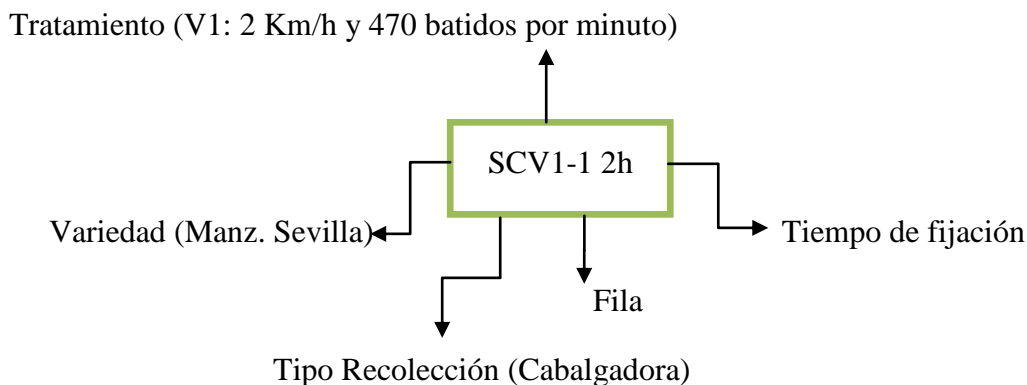


La fijación de los frutos tuvo lugar en botes individualizados de 250 ml de capacidad. En cada uno de estos botes se introdujo una submuestra perfectamente identificada con una etiqueta, donde fueron fijados y conservados a través de una solución FAE (formalina, ácido acético, etanos al 95% y agua destilada, en una proporción (10:5:50:35 v/v/v/v)) a las 2 y 24 horas tras su recolección (Figura 9).

Figura 9.- Proceso de fijación en FAE, a las 2 y 24 horas, de las muestras recolectadas en campo.



El sistema utilizado para la identificación de las submuestras fue la colocación de una doble etiqueta en el interior y en el exterior de cada bote, en la cual queda recogida, tal como se indica a continuación:



En campo, se elaboraron dos lotes idénticos de submuestras, con el fin de poder determinar por un lado el área externa (A_{ext}) y el volumen (Vol) de molestado ocasionado sobre los frutos expuestos a diferentes tratamientos de recolección, y por otro lado, para poder realizar la descripción cualitativa y calcular el área interna del molestado de cada fruto seleccionado.

4.4.- Realización de la descripción cualitativa del molestado de los frutos.-

Para la descripción cualitativa de los daños, partimos de porciones de mesocarpo de la zona molestada, obtenidas de frutos frescos como se detalla más adelante. A partir de éstas, se puede observar la diferencia de tonalidad que se aprecia entre las manchas del molestado de las porciones tomadas. Esta descripción se basa en exponer las características del daño producido en función del color de la zona molestada, pudiendo ser más o menos oscura en función de la variedad estudiada y el tiempo transcurrido desde la recolección hasta su fijación.

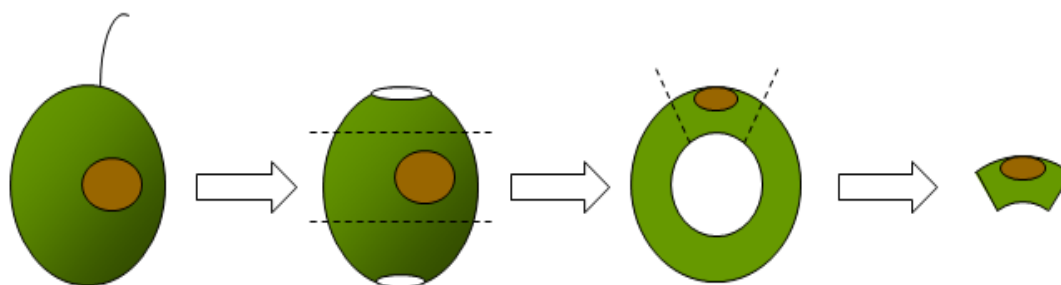
En dicha descripción, también se recoge la presencia o ausencia de roturas celulares en la zona molestada de los frutos, para lo cual se realiza un recuento visual de cada una de las muestras trabajadas, a fin de conocer el porcentaje de roturas que se producen en función de la variedad, el tratamiento de recolección aplicado y el tiempo tras la recolección. Como cada tratamiento se compone de tres repeticiones y dos tiempos de fijación, y a su vez, cada repetición cuenta con 10 muestras, se deduce que para obtener el porcentaje de muestras con roturas celulares de tejidos se ha trabajado con 60 muestras por tratamiento (V1, V2 y V3) y variedad (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacerreña), lo que hace un total de 360 muestras analizadas en la determinación de las roturas presentes en las zonas molestadas de ambas variedades.

Para poder llevar a cabo el recorte de la zona dañada se procedió al deshuesado de los frutos. Previo a dicho deshuesado, se sometieron los frutos a un proceso de rehidratación mediante el cambio progresivo de la disolución donde se encontraban inmersos, bajando la concentración del alcohol etílico (70%, 50%, 30% y 10%), con un tiempo mínimo entre cambios de dos horas (Gucci *et al.*, 2009).

Una vez encontradas las aceitunas en la solución de etanol 10%, se procedió a su deshuesado mediante una deshuesadora manual. A continuación, los frutos deshuesados se deshidrataron nuevamente mediante el incremento progresivo de alcohol etílico en la disolución de conservación en la que se encontraba la muestra inmersa (10%, 30%, 50% y 70%), con un tiempo mínimo entre cambios de dos horas.

El recorte de la zona dañada se realizó con la ayuda de una cuchilla desechable. Para ello, se llevó a cabo un corte transversal de 4-5 mm de grosor en la zona dañada según la metodología propuesta por Jiménez *et al.* (2016) (Figura 10). En ese momento, y con la ayuda de la cuchilla desechable se realizó un corte oblicuo de la parte que ostentaba el molestado y otro corte en la zona del mesocarpo totalmente sana. De este modo se obtuvieron dos porciones; una de mayor tamaño que albergaba la mancha referente al molestado (Figura 10) y otra más pequeña pero totalmente sana a modo de testigo.

Figura 10.- Esquema del procedimiento de corte de la porción molestada del fruto, según la metodología descrita por Jiménez *et al.* (2016).



Todo este proceso de cortado del fruto, selección del molestado y recorte de la zona dañada se llevó a cabo en un recipiente (placa de Petri de gran tamaño) con una disolución de alcohol etílico al 70% para evitar el secado de la muestra. Estas dos porciones obtenidas por muestra fueron introducidas en un tubo de ensayo con una disolución de alcohol etílico al 70%. Cada tubo correspondiente a una muestra se identificó correctamente con una doble etiqueta, ubicada en el interior del tubo y en el tapón.

4.5.- Medición del área externa y volumen del molestado de frutos.-

Para la medición del área externa (A_{ext}) y el volumen del molestado (Vol) de los frutos, se analizaron un total de 30 frutos molestados por tratamiento (SMV1, SCV1, SCV2, SCV3, CMV1, CCV1, CCV2 Y CCV3), repetición (3 filas por cada tratamiento) y tiempo de fijación tras la recolección (2 y 24 horas), obteniéndose un resultado final de 48 submuestras (24 submuestras por variedad, lo que supone un total de 720 frutos analizados por variedad estudiada). Para la determinación del área externa, se midió con un calibre digital (COMECTA-ICT) el largo y ancho de la mancha de molestado presente en la epidermis del fruto y para la determinación del volumen del mismo, se realizó un corte meridional por el centro de la mancha de molestado con la ayuda de una cuchilla desechable. Realizado dicho corte se midió con el mismo calibre digital la profundidad del molestado sobre el mesocarpo, que junto con las dos medidas externas previamente tomadas (longitud y anchura) nos permitió calcular el volumen del molestado en cada fruto analizado, asimilándolo a una elipsoide (Lewis *et al.*, 2007). Para la determinación del área externa y del volumen de dicho molestado, han sido empleadas las siguientes fórmulas matemáticas:

- **Área externa:** $A = (\pi / 4 \times Longitud \times Anchura)$

- **Volumen:** $V = [(\pi \times Profundidad)/24] \times [(3 \times Longitud \times Anchura) + (4 \times Profundidad^2)]$

Toda la tarea de medición descrita con anterioridad se llevó a cabo sobre una placa de Petri de gran tamaño, en cuyo interior se depositó el alcohol etílico 70% en el que se encontró la muestra inmersa durante todo el proceso de medición y corte, con el fin de evitar su secado y poderla de este modo preservar en las mejores condiciones posibles.

4.6.- Medición del Área interna dañada (*Total Damaged Area “TDA”*) de los frutos tras la recolección.-

Con motivo del estudio del área interna dañada (*Total Damaged Area “TDA”*) definida por Jiménez *et al.* (2016) del molestado generado en los frutos durante la recolección, se seleccionaron para cada variedad (‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’) un total de 10 frutos por tratamiento (recolección manual y recolección mecanizada: V1, V2 y V3), repetición (tres filas por tratamiento) y tiempo de fijación tras la recolección (2 y 24 horas) (Tabla 1). Por lo tanto, en la cuantificación del área interna “TDA” se trabajó con un total de 480 muestras (240 muestras de cada variedad) (Tabla 1).

Tabla 1.- Muestras procesadas por variedad para la determinación del área interna “TDA”.

Variedad/tratamiento	‘Manzanilla Sevilla’	‘Manzanilla Cacereña’
Recolección Manual V1 2h	30	30
Recolección Manual V1 24h	30	30
Recolección Mecanizada V1 2h	30	30
Recolección Mecanizada V1 24h	30	30
Recolección Mecanizada V2 2h	30	30
Recolección Mecanizada V2 24h	30	30
Recolección Mecanizada V3 2h	30	30
Recolección Mecanizada V3 24h	30	30
Total muestras	240	240

Una vez obtenidas las porciones de las zonas dañadas como se ha descrito anteriormente (apartado 4.4.), se realizaron fotografías con una lupa binocular (**MOTIC, modelo Moticam 2500**) acoplada a una cámara **Nikon Digital (Sight DS Ri 1)**. La imagen capturada, posteriormente fue procesada, y a través de las herramientas del programa informático **Nis-Elements AR 3.2** se delimitó y midió el área interna (*TDA*, mm²) de la zona dañada.

Además de capturar las imágenes de las porciones molestadas de las 10 muestras analizadas por tratamiento, repetición y tiempo, se capturaron también las imágenes pertenecientes a 5 porciones no dañadas, representativas a modo de testigo.

Una vez finalizada la captura de la imagen de cada porción, ésta fue devuelta a su correspondiente tubo de ensayo y almacenada perfectamente a las condiciones óptimas de conservación por si fuera necesaria para futuras comprobaciones.

4.7.- Análisis estadístico de los datos.-

Los datos han sido analizados mediante el programa estadístico **StatGraphics Plus V.5.1**. Para ejecutar dicho análisis, se ha realizado una separación de medias mediante el **Test de Tukey HSD** ($P \leq 0,05$) y un análisis de la varianza (**ANOVA**) para los parámetros estudiados; variedad (‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’), tratamiento (recolección manual y mecanizada: V1, V2 y V3) y tiempo tras la recolección (2 y 24 horas). Durante el proceso de análisis estadístico, se consideró la necesidad de ajustar los datos analizados a la normalidad y homocedasticidad de la varianza, y para ello, se realizaron transformaciones Box-Cox (Box and Cox, 1964) cuando fue necesario.

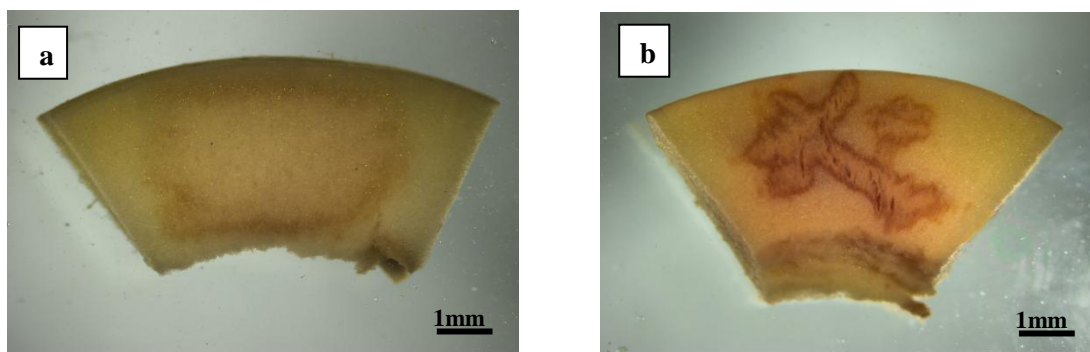
5.- Resultados

5.- RESULTADOS.-

5.1.- Descripción cualitativa de los daños por molestado.-

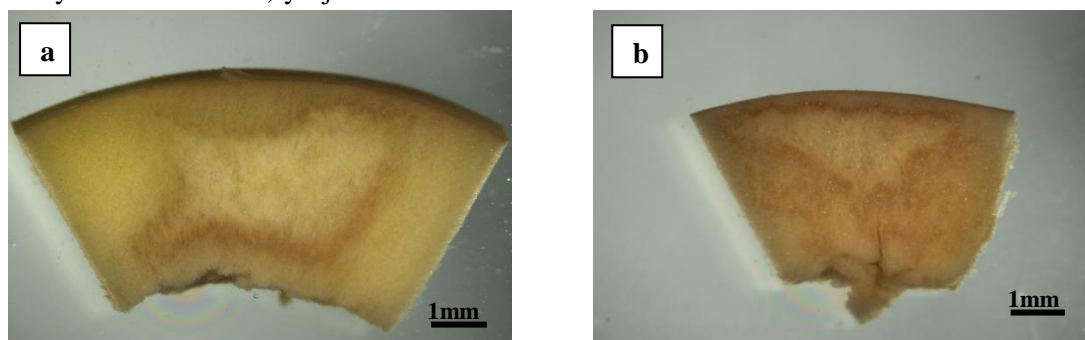
Analizando las imágenes de las porciones de mesocarpo de aceitunas molestadas de las variedades Manzanilla Cacereña (Figura 11a) y Manzanilla de Sevilla (Figura 11b), a las 24 horas tras la recolección mecanizada mediante el tratamiento V3 (2 Km/h y 430 batidos/min), observamos como la porción de ‘Manzanilla Cacereña’ (Figura 11a) muestra un blanqueamiento de la zona molestada, estando ésta delimitada por un halo de color marrón. En cambio, la zona molestada en ‘Manzanilla de Sevilla’ (Figura 11b) se observa de color marrón, delimitada también por un halo del mismo color pero de tonalidad más oscura que define mejor la zona dañada. Además, en este cultivar se pudo apreciar mayores roturas en el tejido dañado (Figura 11b).

Figura 11.- Porciones molestadas de ‘Manzanilla Cacereña’(a) y ‘Manzanilla de Sevilla’ (b), recogidas de forma mecanizada mediante cosechadora cabalgante a una velocidad V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) y fijadas a las 24 horas tras la recolección.



Un aspecto a resaltar, es la presencia de tejido sano entre la superficie del fruto y el halo que conforma la periferia de la mancha del molestado (Figura 12). Esto sucede en la mayoría de las porciones molestadas de ambas variedades estudiadas, tanto a las 2 como a las 24 horas tras la recolección y también en todos los tratamientos de recolección.

Figura 12.- Porciones molestadas de ‘Manzanilla Cacereña’ (a) y ‘Manzanilla de Sevilla’ (b), recolectadas mecánicamente mediante cosechadora cabalgante siguiendo el tratamiento V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) y fijadas a las 2 horas tras su recolección.



De igual modo, durante la descripción cualitativa de las muestras, se observaron diversas roturas celulares a lo largo del mesocarpo del fruto sin que llegaran a afectar la superficie del fruto en la mayoría de los tratamientos de recolección mecanizada (Tabla 2). Sin embargo, sí que se observaron algunas diferencias entre las roturas producidas en los dos cultivares estudiados y a diferentes tiempos de fijación tras la recolección. Las principales diferencias observadas fueron la mayor cantidad de roturas producidas en las porciones fijadas a las 24 horas, así como el incremento de la superficie celular dañada en dicho momento. A las 2 horas de la recolección se pueden apreciar las primeras agrupaciones de roturas celulares. Todas estas roturas fueron más visibles en la variedad Manzanilla de Sevilla.

Tabla 2.- Porcentaje de muestras con roturas celulares en la zona dañada del mesocarpo, de los cultivares de aceituna de mesa ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’ recolectadas mecánicamente a diferentes velocidades de avance de la cosechadora (2 y 3 Km/h) y frecuencia de batido (430 y 470 batidos/min) a las 2 y 24 horas tras la recolección.

Variedad	Tratamientos	Tiempo tras la recolección	
		2 h	24 h
‘Manzanilla Cacereña’	V1	26.67 %	33.33 %
	V2	50.00 %	36.67 %
	V3	40.00 %	50.00 %
‘Manzanilla de Sevilla’	V1	16.67 %	53.33 %
	V2	26.67 %	36.67 %
	V3	50.00 %	63.33 %

V1 (2Km/h y 470 batidos/min); V2 (3Km/h y 470 batidos/min); V3 (2Km/h y 430 batidos/min)

A la vista de los resultados y de las observaciones realizadas, se puede apreciar como el tiempo transcurrido tras la recolección influye en el porcentaje de roturas presentes en el mesocarpo (Figura 13). La variedad Manzanilla de Sevilla tras 24 horas de la recolección, presentó un mayor porcentaje de roturas celulares, siendo éstas además de mayor tamaño (Figura 13 L). A las 2 horas tras la recolección y en ambos cultivares se observaron pequeñas roturas agrupadas (‘Manzanilla de Sevilla’: 38.89% y ‘Manzanilla Cacereña’: 31.11%) (Figura 13 E y K).

Figura 13.- Porciones del mesocarpo de los frutos dañados durante la recolección con cosechadora cabalgante con diferentes tratamientos de recolección: (V1: 2 Km/h y 470 batidos por minuto, V2: 3 Km/h y 470 batidos por minuto y V3: 2 Km/h y 430 batidos por minuto). Variedad Manzanilla Cacereña: tratamiento V1 a 2 horas (A) y 24 horas (B) tras la recolección, tratamiento V2 a 2 horas (C) y 24 horas (D) tras la recolección, tratamiento V3 a 2 horas (E) y 24 horas (F) tras la recolección y testigo (M). Variedad Manzanilla de Sevilla: tratamiento V1 a 2 horas (G) y 24 horas (H) tras la recolección, tratamiento V2 a 2 horas (I) y 24 horas (J) tras la recolección, tratamiento V3 a 2 horas (K) y 24 horas (L) tras la recolección y testigo (N).

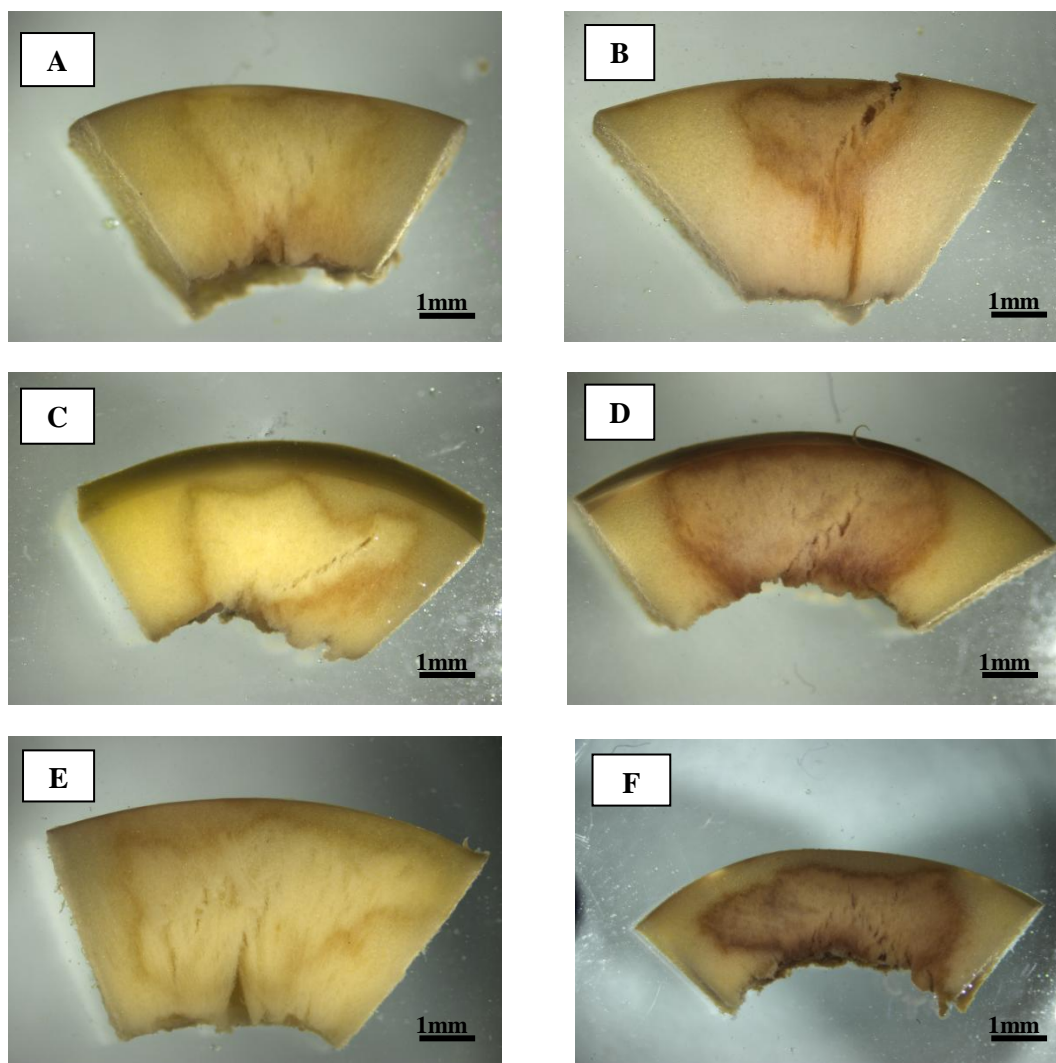
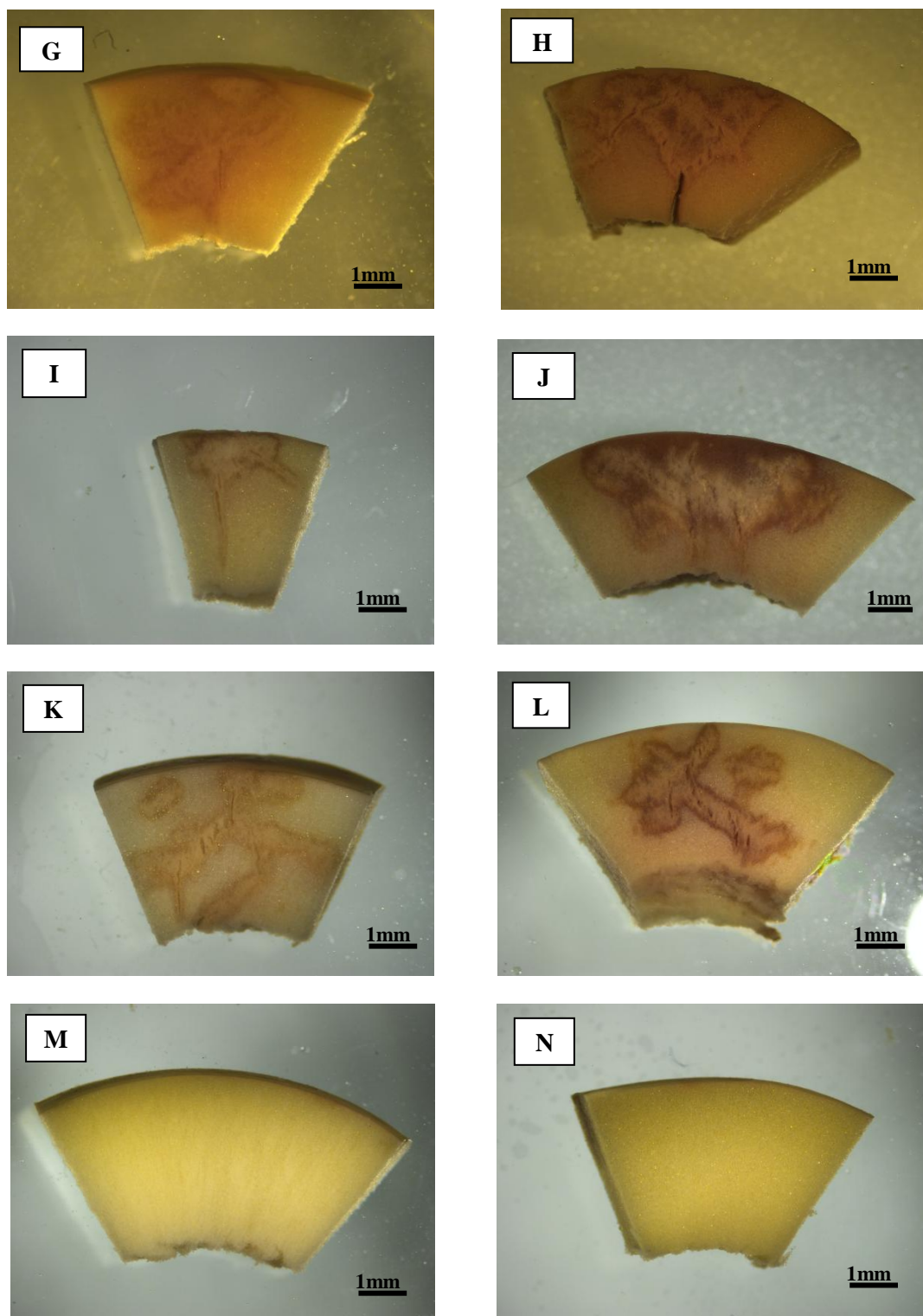


Figura 13.- Continuación.

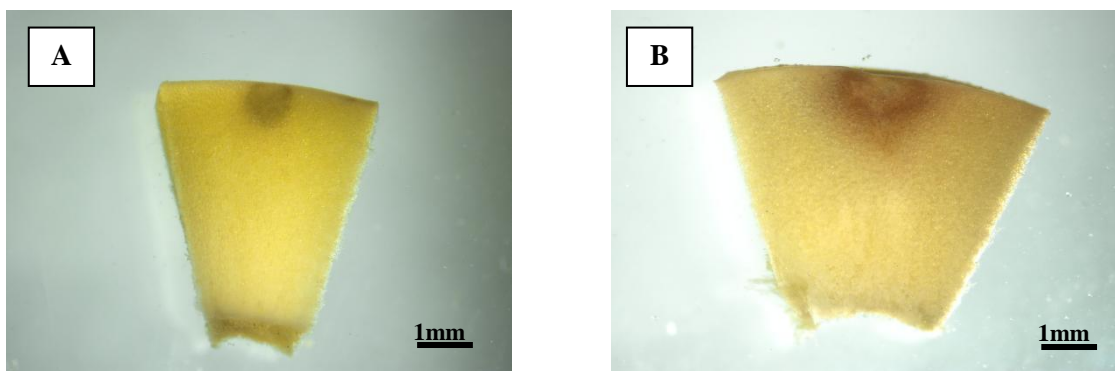


En dichas imágenes (Figura 13 B, D, F, H, J y L) también se observaron un oscurecimiento de la zona dañada y un aumento del tamaño de las roturas celulares

presentes en el mesocarpo, al aumentar el tiempo tras la recolección (2 y 24 horas) (Figura 13 A y B).

Respecto a lo descrito hasta el momento, en las porciones analizadas de los frutos recolectados de forma manual, se apreciaron algunas pequeñas manchas oscurecidas sobre el mesocarpo de los frutos, producidas principalmente por arañazos o leves golpes sobre la superficie del exocarpo de los frutos (Figura 14). En la recolección mecanizada, la presencia de la mancha del molesto fue muy visible y usual en ambas variedades, a diferencia de la recolección manual en la que estas manchas del molesto fueron más inusuales y de menor tamaño, aunque en la variedad Manzanilla de Sevilla (Figura 14 B) sí que se pudieron observar con algo más de claridad sobre el mesocarpo de los frutos.

Figura 14.- Porciones del mesocarpo de los frutos dañados durante la recolección manual, fijados a las 24 horas tras su recolección.



Además de esto, en las muestras analizadas también pudimos observar la presencia de frutos rajados, derivados principalmente del impacto directo durante la recolección mecanizada (Figura 13 B).

5.2.- Cuantificación de los daños (molesto) en frutos recolectados con cosechadora cabalgante.-

Para conocer el daño producido por la recolección mecanizada en los frutos, se estudió el Índice de Molesto (*IM*), porcentaje de Frutos Molestados (% *FM*), porcentaje de frutos con Molesto Ligero (% *ML*), porcentaje de frutos con Molesto Severo (% *MS*), porcentaje de Frutos Arañados (% *FA*) y porcentaje de Frutos Rajados (% *FR*) teniendo en cuenta el cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), tratamientos de recolección (V1: 2 Km/h y 470 batidos por minuto, V2: 3 Km/h y 470

batidos por minuto y V3: 2 Km/h y 430 batidos por minuto) y tiempo tras la recolección (2 y 24 horas) (Tabla 3).

Para la determinación del índice de molestado, se emplearon tres categorías, según la severidad del daño presente en la superficie de los frutos. Estas categorías eran: Categoría 1 (no molestados), Categoría 2 (con bajo nivel de daños (inferior al 25%)) y Categoría 3 (con daños severo (entre el 25% y 100% de la superficie dañada)) (Tabla 8).

Además del índice de molestado de los frutos recolectados, también se llevó a cabo un recuento de los frutos arañados y rajados.

Analizando los daños por molestado respecto al factor cultivar, se observó como el índice de molestado es significativamente mayor en ‘Manzanilla de Sevilla’ (1.34) que en ‘Manzanilla Cacereña’ (0.94) (Tabla 3). También la ‘Manzanilla de Sevilla’ presentó un porcentaje significativamente mayor de frutos molestados (83.27%) que la ‘Manzanilla Cacereña’ (72.80%). Sin embargo, si analizamos el daño por molestado mediante categorías, la variedad Manzanilla Cacereña muestra un porcentaje de frutos con molestado ligero (51.45%) superior al de la ‘Manzanilla de Sevilla’ (32.42%). Mientras que la ‘Manzanilla de Sevilla’ presentó un porcentaje de frutos con molestado severo (50.85%) superior al de la ‘Manzanilla Cacereña’ (21.34%). Finalmente, el cultivar Manzanilla Cacereña presentó mayor porcentaje de frutos con arañazos (4.66%) y menor porcentaje de frutos rajados (3.83%) que ‘Manzanilla de Sevilla’ (2.08% y 8.85%, respectivamente).

Respecto a los tratamientos de recolección, encontramos diferencias significativas entre la recolección manual y mecanizada en todos los parámetros analizados, ocasionando siempre la recolección manual, menores daños a los frutos que la recolección mecanizada. No se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos de recolección mecanizada (V1, V2 y V3) en ninguno de los aspectos del molestado estudiado, excepto en el porcentaje de frutos rajados (% *FR*), en cuyo caso se observó que la V2 (3 Km/h y 470 batidos/minuto) es la que mayor porcentaje de frutos rajados ocasionó (12.01%) (Tabla 3).

Por último, los parámetros evaluados incrementaron significativamente con el tiempo transcurrido tras la recolección: el índice de molestado, el porcentaje de frutos molestados y el porcentaje de frutos con molestado severo fueron mayores a las 24 horas que a las 2 horas (1.20, 79.65% y 39.98% respectivamente), exceptuando el porcentaje de frutos con molestado ligero, en cuyo caso disminuyó (44.19% y 39.68%, respectivamente). El porcentaje de frutos arañados (3.41%) y el porcentaje de frutos rajados (6.34%) no mostraron ninguna variación con el transcurso del tiempo desde el momento de la recolección.

Tabla 3.- Índice de molestado (*IM*), porcentaje de frutos molestados (% *FM*), porcentaje de frutos con molestado ligero (% *ML*), porcentaje de frutos con molestado severo (% *MS*), porcentaje de frutos arañados (% *FA*) y porcentaje de frutos rajados (% *FR*) en función del cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), tratamiento de recolección (manual y mecánica: V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).

		<i>IM</i>	% <i>FM</i>	% <i>ML</i>	% <i>MS</i>	% <i>FA</i>	% <i>FR</i>
Cultivar	‘Mz Sevilla’	1.34 b	83.27 b	32.42 a	50.85 b	2.08 a	8.85 b
	‘Mz Cacereña’	0.94 a	72.80 a	51.45 b	21.34 a	4.66 b	3.83 a
Tratamientos	Manual	0.23 a	20.88 a	20.88 a	0.00 a	7.15 b	0.00 a
	V1	1.45 b	97.68 b	49.86 b	47.82 b	1.17 a	8.03 b
	V2	1.46 b	96.48 b	46.20 b	50.29 b	1.67 a	12.01 c
	V3	1.43 b	97.09 b	50.81 b	46.28 b	3.50 a	5.32 b
Tiempo (h)	2	1.04 a	76.41 a	44.19 b	32.22 a	3.33	6.34
	24	1.20 b	79.65 b	39.68 a	39.98 b	3.41	6.34
<i>Variedad x Recolección</i>		**	***	***	***	***	***
<i>Variedad x Tiempo</i>		**	ns	ns	**	ns	ns
<i>Recolección x Tiempo</i>		ns	*	**	*	ns	ns
<i>Variedad x Recolección x Tiempo</i>		ns	*	**	ns	ns	ns

Letras distintas en cada columna para cada cultivar, tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

ns no significativo ($P > 0.05$)

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

*** $P < 0.001$

Indicar que la interacción *Variedad x Recolección* resultó significativas para los parámetros: *IM*, % *FM*, % *ML*, % *MS*, % *FA* y % *FR*.

5.2.1.- Cuantificación de los daños (molestado) en frutos de la variedad Manzanilla de Sevilla recolectados con cosechadora cabalgante.-

Tras examinar los resultados del análisis factorial, y observar la existencia de interacciones significativas en los parámetros estudiados, se realizó un análisis (ANOVA SIMPLE) para cada cultivar.

El cultivar ‘Manzanilla de Sevilla’, presentó daños significativamente mayores en la recolección mecanizada respecto a la manual (Tabla 4).

En el índice de molestado, no se apreciaron diferencias significativas entre velocidades y frecuencias de batidos para los dos tiempos estudiados. La mayor diferencia (no

significativa) entre ambos tiempos la encontramos en el tratamiento V2 (3 Km/h y 470 batidos) (Tabla 4).

El tratamiento de recolección manual presentó un menor porcentaje de frutos molestados (22.93%) a las 2 horas tras la recolección respecto a la recolección mecanizada (con más del 99% de frutos molestados en los tres tratamientos), sin que existan diferencias significativas entre velocidades y frecuencias de batidos. Esto mismo se observó a las 24 horas tras la recolección, en donde el valor del porcentaje de frutos molestados alcanzó el 44.57% en recolección manual. La influencia de la velocidad de avance de la cosechadora y la frecuencia de batido la encontramos analizando el porcentaje de frutos molestados en función de la severidad del daño. En este caso, el porcentaje de molestado ligero (% *ML*) de los tratamientos V1 y V3 es menor respecto al tratamiento V2 a las 2 horas tras la recolección, aunque no significativamente. Las diferencias significativas se encontraron entre el tratamiento manual y el tratamiento V2 de recolección (3 Km/h y 470 batidos/min). Estas diferencias entre los tratamientos de recolección desaparecieron a las 24 horas tras la recolección. Con respecto al molestado severo (% *MS*), destacar que la recolección manual no ocasionó daños de esta severidad. Sin embargo, fueron los principales daños ocasionados por la recolección mecanizada, sin diferencias significativas entre velocidad de avance de la máquina y frecuencia de batidos, tanto a las 2 como a las 24 horas tras la recolección. Respecto a la evolución en el tiempo, el % *ML* de los tratamientos V2 y V3 y el % *MS* de V2 varían con el tiempo de manera significativa, apreciándose como a las 24 horas después de la recolección disminuye el porcentaje de frutos con molestado ligero y se incrementa el de molestado severo (Tabla 4).

Para finalizar, comentar que durante la recolección manual se produjeron daños por arañazos en los frutos (8.3%), a diferencia de los tratamientos de recolección mecanizada donde no se observan daños de este tipo (Tabla 4). Entre los tratamientos de recolección (manual y mecánica: V1, V2 y V3) se apreciaron diferencias significativas en este tipo de daños, reflejadas en los dos tiempos estudiados (2 y 24 horas) tras la recolección. En el caso de los daños por frutos rajados, los daños más importantes en la recolección mecanizada fueron producidos por el tratamiento V2 (16.33%) y V1 (12.07%), no obteniéndose daños de este tipo en la recolección manual. Las diferencias se mantuvieron tras 24 horas después de la recolección (Tabla 4).

Tabla 4.- Índice de molestado (*IM*), porcentaje de frutos molestados (% *FM*), porcentaje de frutos con molestado ligero (% *ML*), porcentaje de frutos con molestado severo (% *MS*), porcentaje de frutos arañados (% *FA*) y porcentaje de frutos Rajados (% *FR*) en la variedad Manzanilla de Sevilla para los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).

	Tiempo (h)	Tratamientos	<i>IM</i>	% <i>FM</i>	% <i>ML</i>	% <i>MS</i>	% <i>FA</i>	% <i>FR</i>
'Mz Sevilla'	2	Manual	0.23 aA	22.93 aA	22.93 aA	0 aA	8.3 bA	0 aA
		V1	1.60 bA	99.33 bA	40.43 abA	58.87 bA	0 aA	12.07 bcA
		V2	1.57 bA	100 bA	42.67 bB	57.33 bA	0 aA	16.33 cA
		V3	1.60 bA	99.67 bA	37.67 abB	62 bA	0 aA	7.0 abA
	24	Manual	0.47 aA	44.57 aA	44.57 aA	0 aA	8.3 bA	0 aA
		V1	1.70 bA	99.67 bA	28.73 aA	70.93 bA	0 aA	12.07 bcA
		V2	1.80 bB	100 bA	19.67 aA	80.33 bB	0 aA	16.33 cA
		V3	1.77 bA	100 bA	22.67 aA	77.33 bA	0 aA	7.0 abA

Letras distintas en cada columna para cada tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).
 Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.
 Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

5.2.2.- Cuantificación de los daños (molestado) en frutos de la variedad Manzanilla Cacereña recolectados con cosechadora cabalgante.-

En la variedad Manzanilla Cacereña, se observó diferencias significativas entre los dos métodos de recolección empleados (manual y mecanizada). Sin embargo, esta variedad no presentó diferencias significativas producidas por la velocidad de avance y frecuencia de batido en los diferentes tratamientos de la recolección mecanizada (V1, V2 y V3), en el estudio del índice de molestado, porcentaje de frutos molestados, porcentaje de frutos con molestado ligero y porcentaje de frutos con molestado severo (Tabla 5).

En esta variedad, a diferencia de la 'Manzanilla de Sevilla' estudiada en el apartado anterior, la recolección mecanizada sí que produjo daños por arañazos en los frutos (entre 2,33% en el tratamiento V1 y 7% en el tratamiento V3), obteniéndose valores similares a los de la recolección manual (6.33%).

Respecto al porcentaje de frutos rajados (% *FR*), al igual que en la 'Manzanilla de Sevilla', en la 'Manzanilla Cacereña' tampoco aparecieron estos daños en las muestras recolectadas de forma manual. Sin embargo, se pudo observar como la mayor velocidad de avance de la cabalgadora (3 Km/h) y la mayor frecuencia de batido (470 batidos/minuto) en el tratamiento de recolección mecanizada V2, fue el que mayor porcentaje de frutos rajados produjo (7.70%). A pesar de todo esto, no hubo ninguna diferencia significativa entre los tres tratamientos de recolección mecanizada.

Para finalizar, con respecto a la evolución en el tiempo, no se apreciaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados para esta variedad.

Tabla 5.- Índice de molesto (*IM*), porcentaje de frutos molestados (% *FM*), porcentaje de frutos con Molesto Ligero (% *ML*), porcentaje de frutos con molesto severo (% *MS*), porcentaje de frutos arañados (% *FA*) y porcentaje de frutos rajados (% *FR*) en la variedad Manzanilla Cacereña para los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).

	Tiempo(h)	Tratamiento	IM	% FM	% ML	% MS	% FA	% FR
'Mz Cacereña'	2	Manual	0.1 aA	8.0 aA	8.0 aA	0 aA	5.67 aA	0 aA
		V1	1.23 bA	95.7 bA	66.13 bA	29.57 bA	2.33 aA	4.0 abA
		V2	1.20 bA	92.97 bA	64.23 bA	28.73 bA	3.33 aA	7.70 bA
		V3	1.13 bA	92.70 bA	71.47 bA	21.23 bA	7.0 aA	3.63 abA
	24	Manual	0.1 aA	8.0 aA	8.0 aA	0 aA	6.33 aA	0 aA
		V1	1.27 bA	96.03 bA	64.13 bA	31.90 bA	2.33 aA	4.0 abA
		V2	1.30 bA	92.97 bA	58.23 bA	34.77 bA	3.33 aA	7.70 bA
		V3	1.20 bA	96.0 bA	71.43 bA	24.57 bA	7.0 aA	3.63 abA

Letras distintas en cada columna para cada tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

5.3.- Área externa y volumen de la zona dañada (molesto) de los frutos durante la recolección.-

5.3.1.- Determinación de las medidas correspondientes a la zona dañada de los frutos (longitud, anchura y profundidad) durante la recolección.-

En este apartado, se exponen los resultados obtenidos del estudio de los daños externos que presentan los frutos tras la recolección. Se han medido una serie de parámetros representativos de los daños (L: longitud, A: anchura y P: profundidad, (Tabla 6)) con el fin de calcular el área externa (*A ext*) y el volumen (*Vol*) de la zona molesta (ver apartado 4.5 de este documento).

Respecto al cultivar, podemos observar como en la 'Manzanilla de Sevilla' los tres parámetros estudiados presentaron un valor final superior al obtenido en el cultivar Manzanilla Cacereña, sin que se apreciaron diferencias significativas entre la longitud y la profundidad. En la anchura, la diferencia sí que fue significativa.

Analizando los diferentes tratamientos de recolección, encontramos diferencias significativas entre recolección manual y mecanizada, pero si comparamos los diferentes tratamientos de recolección mecanizada con cosechadora cabalgante, no se

observaron diferencias significativas debidas a la velocidad de avance (V1: 2 Km/h respecto a V2: 3 Km/h) o frecuencias de batidos (V2: 470 batidos/min respecto V3: 430 batidos/min).

Para finalizar, exponer que los tres parámetros estudiados (longitud, anchura y profundidad) incrementaron su valor con el tiempo transcurrido tras la recolección, siendo la longitud de la zona dañada el parámetro estudiado que más incrementa su valor con el tiempo.

Tabla 6.- Longitud (L), anchura (A) y profundidad (P) de la zona dañada de los frutos durante la recolección según el cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacerreña), los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/minuto), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y el tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas).

		L (mm)	A (mm)	P (mm)
Cultivar	‘Mz Sevilla’	6.55	3.86 b	3.17
	‘Mz Cacerreña’	5.82	3.49 a	3.01
Tratamiento	Manual	5.08 a	2.17 a	1.47 a
	V1	6.45 b	3.70 b	3.08 b
	V2	6.66 b	3.69 b	3.12 b
	V3	6.38 b	3.65 b	3.06 b
Tiempo (h)	2	3.03 a	3.53 a	3.03 a
	24	6.29 b	3.82 b	3.15 b
<i>Variedad x Recolección</i>		***	***	***
<i>Variedad x Tiempo</i>		***	ns	*
<i>Recolección x Tiempo</i>		ns	ns	ns
<i>Variedad x Recolección x Tiempo</i>		ns	ns	*

Letras distintas en cada columna para cada cultivar, tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

ns no significativo ($P > 0.05$)

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

*** $P < 0.001$

5.3.2.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada en los frutos durante la recolección.-

A partir de los valores obtenidos de los tres parámetros estudiados en el apartado anterior (longitud, anchura y profundidad), se determinó el área externa dañada (*A ext*) y el volumen del daño (*Vol*) como se ha explicado en el apartado de materiales y métodos. Los valores se recogen en la Tabla 7.

A nivel de cultivar, se observaron diferencias significativas en el área externa de la zona molestada, presentando la variedad Manzanilla de Sevilla una mayor superficie que la variedad Manzanilla Cacereña (17.85 mm² y 14.88 mm², respectivamente). En cambio, aunque el volumen de la zona dañada fue mayor en ‘Manzanilla de Sevilla’, la diferencia no es significativa respecto a ‘Manzanilla Cacereña’ (39.72 mm³ y 33.22 mm³, respectivamente).

Con respecto al estudio de los diferentes tratamientos de recolección, podemos apreciar de nuevo diferencias significativas entre las dos modalidades de recolección empleadas (manual: 8.69 mm² y mecanizada: 18.94 mm² (V1), 19.38 mm² (V2) y 18.46 mm² (V3)), sin que existan diferencias significativas entre los tres tratamientos de recolección, siendo además muy similares los valores obtenidos tanto del área externa como del volumen.

Al analizar el efecto del tiempo transcurrido tras la recolección, se observó que aunque los valores fueron superiores a las 24 horas tras la recolección, tanto en el estudio del área externa como del volumen no se apreciaron diferencias significativas respecto a los valores obtenidos a las 2 horas tras la recolección (Área externa: 16.25 mm² y 16.48 mm² a las 2 y 24 h, respectivamente) y (Volumen: 34.46 mm³ y 38.47 mm³ a las 2 y 24 h tras la recolección, respectivamente).

Finalmente, las interacciones *Variedad x Recolección* y *Variedad x Tiempo* fueron significativas ($P < 0.001$ y $P < 0.05$ respectivamente), lo que nos indica la existencia de una influencia de la variedad. Por ello, a continuación en las tablas 8 y 9 se analizó los parámetros anteriores para cada una de las variedades estudiadas.

Tabla 7.- Área externa (*A ext*) y Volumen (*Vol*) de la zona dañada (molestada) durante la recolección de los frutos.

		<i>Aext</i> (mm ²)	<i>Vol</i> (mm ³)
Cultivar	‘Mz Sevilla’	17.85 b	39.72
	‘Mz Cacerreña’	14.88 a	33.22
Tratamiento	Manual	8.69 a	9.16 a
	V1	18.94 b	45.74 b
	V2	19.38 b	46.96 b
	V3	18.46 b	44.01 b
Tiempo (h)	2	16.25	34.46
	24	16.48	38.47
<i>Variedad x Recolección</i>		***	***
<i>Variedad x Tiempo</i>		*	*
<i>Recolección x Tiempo</i>		ns	ns
<i>Variedad x Recolección x Tiempo</i>		ns	ns

Letras distintas en cada columna para cada cultivar, tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

ns no significativo ($P > 0.05$)

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

*** $P < 0.001$

5.3.2.1.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada (molestado) en los frutos de la variedad Manzanilla de Sevilla durante la recolección.-

Como se ha indicado anteriormente, en vista a las diferencias significativas encontradas en las interacciones de la variedad con la recolección y el tiempo, se exponen en la tabla 8 los resultados del área externa (*A ext*) y volumen (*Vol*) de la zona dañada durante la recolección en la variedad Manzanilla de Sevilla.

En la variedad Manzanilla de Sevilla, se observaron diferencias significativas entre los dos tratamientos de recolección, ya que la recolección manual ocasionó menores daños al fruto que los que provocaron la recolección mecanizada, lo que se manifestó en la obtención de valores significativamente menores del área externa y volumen del daño.

Entre los distintos tratamientos de recolección mecanizada (V1, V2 y V3) no se apreciaron diferencias significativas, ni a nivel del área externa de la zona dañada ni del volumen del daño. Respecto al efecto del tiempo, en el tratamiento de recolección manual, sí que se observó un incremento significativo entre los tiempos analizados tanto del área externa (6.60 mm^2 (2h) y 8.03 mm^2 (24h)) como del volumen (4.28 mm^3 (2 h) y 7.38 mm^3 (24 h)), pero tal evolución en el tiempo no se observó en ninguno de los tratamientos de recolección mecanizada.

Tabla 8.- Área externa (*A ext*) y Volumen (*Vol*) de la zona dañada (molestada) durante la recolección en la variedad Manzanilla de Sevilla.

	Tiempo (h)	Tratamiento	<i>A ext</i> (mm ²)	<i>Vol</i> (mm ³)
'Mz Sevilla'	2	Manual	6.60 aA	4.28 aA
		V1	19.15 bA	43.19 bA
		V2	20.98 bA	44.42 bA
		V3	21.48 bA	49.11 bA
	24	Manual	8.03 aB	7.38 aB
		V1	22.64 bA	53.43 bA
		V2	21.79 bA	62.06 bA
		V3	22.14 bA	53.91 bA

Letras distintas en cada columna para cada tratamiento y tiempo indican diferencias significativas (P<0.05).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

5.3.2.2.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada (molestado) en los frutos de la variedad Manzanilla Cacereña durante la recolección.-

En la Tabla 9 se exponen los resultados del área externa (*A ext*) y volumen (*Vol*) de la zona dañada durante la recolección en la variedad Manzanilla Cacereña.

En este cultivar, de nuevo se observaron diferencias significativas entre los dos tipos de recolección efectuadas (manual y mecanizada), presentando los frutos recolectados de forma manual una menor área externa y volumen tanto a las 2 como a las 24 horas tras la recolección.

Se observó además que no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos (V1, V2 y V3) empleados en la recolección mecanizada, si bien el tratamiento V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) es el que menor nivel de daños ocasiona en ambos parámetros estudiados (*A ext* y *Vol*) y a los dos tiempos tras la recolección (2 y 24 horas), como se puede ver en la tabla 9.

Analizando la evolución en el tiempo, no se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos de recolección manual y mecanizada, exceptuando la V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) en la que el volumen de daños es mayor a las 2 horas tras la recolección que a las 24 h, dato que consideramos anómalo para nuestro estudio.

Tabla 9.- Área externa (*A ext*) y Volumen (*Vol*) de la zona dañada (molestada) durante la recolección en la variedad Manzanilla Cacereña.

	Tiempo (h)	Tratamiento	<i>A ext</i> (mm ²)	<i>Vol</i> (mm ³)
‘Mz Cacereña’	2	Manual	10.68 aA	9.29 aA
		V1	17.68 bA	44.79 bA
		V2	18.73 bA	44.58 bB
		V3	14.67 abA	36.07 bA
	24	Manual	9.44 aA	15.70 aA
		V1	16.28 bA	41.56 bA
		V2	16.00 bA	36.80 bA
		V3	15.54 bA	36.97 bA

Letras distintas en cada columna para cada tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

5.4.- Área Interna Dañada (*TDA*) de los frutos durante la recolección.-

Como hemos visto inicialmente en la descripción cualitativa de los daños (Apartado 5.1), el daño sufrido por los frutos durante la recolección se extiende a través del mesocarpo, llegando en ocasiones hasta el endocarpo de los frutos.

El Área Interna Dañada (*TDA*, mm²), cuyas siglas proceden del término inglés *Total Damaged Area*, depende del cultivar, el tipo de recolección y el tiempo transcurrido tras la recolección, como podemos observar en la Tabla 10. Los daños producidos durante la recolección dependen de la variedad estudiada, presentando en este caso, la variedad Manzanilla Cacereña un área interna dañada mayor a la obtenida en la ‘Manzanilla de Sevilla’.

Respecto a los tratamientos de recolección, se apreciaron diferencias significativas entre ambas modalidades (manual y mecanizada), obteniéndose en la recolección manual un valor del área interna dañada (2.59 mm²) seis o siete veces inferior a los obtenidos en los frutos recolectados de forma mecanizada (V1: 13.56 mm², V2: 12.67 mm² y V3: 14.15 mm²). Sin embargo, entre los diferentes tratamientos de recolección mecanizada, los cuales se llevaron a cabo a diferentes velocidades de avance de la cosechadora cabalgadora (2 y 3 Km/h) y frecuencias de batidos (430 y 470 batidos/min), no se apreciaron diferencias significativas (Tabla 10).

Por otro lado, tampoco se observaron diferencias significativas con respecto a la evolución del tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas). En este caso, el área interna dañada incrementa de 10.59 mm² (2 horas) a los 10.89 mm² (24 horas).

Y por último, respecto a las interacciones estudiadas, existen diferencias significativas en las interacciones *Variedad x Recolección* y *Variedad x Tiempo*, siendo no significativas el resto de interacciones analizadas (Tabla 10).

Tabla 10.- Área Interna Dañada (TDA) de los frutos durante la recolección según: el cultivar (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), los tratamientos de recolección (Manual, V1 (2 Km/h y 470 batidos/min), V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) y V3 (2 Km/h y 430 batidos/min)) y el tiempo (2 y 24 horas) tras la recolección.

		TDA (mm ²)
Cultivar	'Mz Sevilla'	6.97 a
	'Mz Cacereña'	14.53 b
Tratamiento	Manual	2.59 a
	V1	13.56 b
	V2	12.67 b
	V3	14.15 b
Tiempo (h)	2	10.59
	24	10.89
Variedad x Recolección		**
Variedad x Tiempo		**
Recolección x Tiempo		ns
Variedad x Recolección x Tiempo		ns

Letras para cada cultivar, tratamiento y tiempo indican diferencias significativas (P<0.05).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

ns no significativo (P> 0.05)

* P < 0.05

** P < 0.01

*** P < 0.001

Con el fin de conocer la relación de dichas interacciones significativas, a continuación se exponen los **Anova simple** de los dos cultivares estudiados: 'Manzanilla de Sevilla' (Tabla 11) y 'Manzanilla Cacereña' (Tabla 12).

Comenzando por la variedad Manzanilla de Sevilla, podemos observar en la Tabla 11 diferencias significativas entre los dos modelos de recolección empleados, ocasionando de nuevo la recolección manual menores daños al fruto que la recolección mecanizada.

A las 2 horas tras la recolección, el área interna dañada en la recolección manual (1.28 mm²), fue aproximadamente seis veces menor que la que resulta de una recolección efectuada de forma mecanizada (V1: 7.32 mm², V2: 5.64 mm² y V3: 7.83 mm²) con una cosechadora cabalgante.

Esta diferencia puede verse incrementada hasta diez veces, si observamos los daños internos causados por la recolección manual (1.61 mm²) y los obtenidos en la recolección mecanizada (V1: 11.36 mm², V2: 9.61 mm² y V3: 11.01 mm²) a las 24 horas tras la recolección.

Respecto a los diferentes tratamientos de recolección mecanizada, no se observaron diferencias significativas entre ellos, aunque cabe resaltar que en ‘Manzanilla de Sevilla’, el tratamiento V2 (3 Km/h y 470 batidos) fue el que menor área interna dañada ocasionó.

Para finalizar, aunque el área interna dañada incrementó con el tiempo transcurrido tras la recolección, no se apreciaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos de recolección estudiados, con la salvedad del tratamiento V1 (2 Km/h y 470 batidos/min).

Tabla 11.- Área Interna Dañada (TDA) de los frutos durante la recolección en ‘Manzanilla de Sevilla’.

	Tiempo (h)	Tratamiento	TDA (mm ²)
‘Mz Sevilla’	2	Manual	1.28 aA
		V1	7.32 bA
		V2	5.64 bA
		V3	7.83 bA
	24	Manual	1.61 aA
		V1	11.36 bB
		V2	9.61 bA
		V3	11.01 bA

Letras distintas para cada tratamiento y tiempo indican diferencias significativas (P<0.05).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

Para finalizar el estudio del área interna dañada de los frutos durante la recolección, en la Tabla 12 se exponen los resultados de ‘Manzanilla Cacerreña’.

Respecto a los daños internos ocasionados por la recolección, de nuevo se observaron diferencias significativas entre las dos modalidades de recolección (manual y mecanizada), manteniéndose la diferencia de entre seis y siete veces el valor de los daños entre la recolección manual (3.61 mm²) y los tratamientos de recolección mecanizada (V1: 17.50 mm², V2: 21.72 mm² y V3: 19.86 mm²), sin que tampoco aparecieran diferencias significativas entre ellos.

Tampoco se observaron diferencias significativas en la evolución en el tiempo, con la salvedad del tratamiento V2 (3 Km/h y 470 batidos). La evolución en el tiempo fue contraria en los tratamientos V2 y V3, ya que presentaron valores superiores de área interna dañada a las 2 horas respecto a las 24 horas tras la recolección, aunque de manera significativa sólo en V2.

Tabla 12.- Área Interna Dañada (TDA) de los frutos durante la recolección en ‘Manzanilla Cacerreña’.

	Tiempo (h)	Tratamiento	TDA (mm²)
‘Mz Cacerreña’	2	Manual	3.61 aA
		V1	17.50 bA
		V2	21.72 bB
		V3	19.86 bA
	24	Manual	3.88 aA
		V1	18.07 bA
		V2	13.71 bA
		V3	17.91 bA

Letras distintas para cada tratamiento y tiempo indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Minúsculas: diferencias entre tratamientos para el mismo tiempo tras la recolección.

Mayúsculas: diferencias entre tiempos para el mismo tratamiento de recolección.

6.- Discusión

6.- DISCUSIÓN.-

En este Trabajo Fin de Grado, se ha llevado a cabo la descripción cualitativa del molestado producido en los frutos durante el proceso de recolección (manual y mecanizada), así como la medición de una serie de parámetros cuantitativos del daño sufrido por el fruto tras dicho proceso de recolección, a fin de conocer la influencia que tienen los métodos de recolección empleados (manual y mecanizada a diferentes velocidades de avance de la cabalgadora y frecuencia de batido) y el tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 horas) en dos variedades de aceituna de mesa ('Manzanilla de Sevilla' y 'Manzanilla Cacereña').

Durante la recolección mecanizada, la aceituna sufre un golpeo que provoca la aparición de manchas pardas en la superficie del fruto, denominadas "molestado" (Morales-Sillero *et al.*, 2014). Dicho molestado consiste en una rotura del tejido celular y liberación de agua intracelular, lo cual implica una oxidación de los compuestos fenólicos, con la consiguiente aparición de una mancha oscurecida sobre la piel del fruto. Este oscurecimiento de la epidermis es causado principalmente por la enzima PPO (Polifenol-oxidasa), responsable principal del proceso oxidativo de la aceituna de mesa (Segovia-Bravo *et al.*, 2007). El estudio del molestado también ha sido realizado en otros frutos como: la frambuesa (González *et al.*, 2000) o la vid (Pezzi *et al.*, 2009) entre otros.

Estudios relacionados con el molestado en aceituna de mesa centrados en la medición del área molestada (Saracoglu *et al.*, 2011), determinación del molestado mediante técnicas NIR de espectrometría no destructivas (Jiménez-Jiménez *et al.*, 2012), evaluación de la susceptibilidad en variedades de mesa (Jiménez-Jiménez *et al.*, 2013) y descripción anatómica e histológica del daño (Jiménez *et al.*, 2016), se han llevado a cabo en los últimos años.

6.1.- Descripción cualitativa de los daños por molestado.-

A nivel cualitativo, Jiménez *et al.* (2016) definen el molestado como manchas oscuras visibles en la parte externa del exocarpo y que se extienden por el mesocarpo de los frutos, reflejando los daños provocados por los golpes sufridos durante la recolección, siendo más notable su presencia en la recolección mecanizada que en la recolección manual. La intensidad de las manchas del molestado depende del tipo de impacto, la severidad del mismo y de la variedad analizada.

Las muestras recogidas manualmente y fijadas a las 2 y 24 horas tras la recolección apenas presentaron daños, salvo leves roces o pequeñas manchas oscurecidas sobre su superficie. Este molestado ocasionado durante la recolección manual, se caracteriza por ser más pequeño, si bien, en la 'Manzanilla de Sevilla' estos daños son algo más

evidentes por su mayor susceptibilidad al molestado. Resultados similares fueron obtenidos por Ortega (2015) y Gallardo (2014).

Por el contrario, los frutos recogidos mecánicamente en todos los tratamientos ensayados, sí que presentaron daños visibles a simple vista, traducidos en manchas oscurecidas en la superficie del fruto a las 2 horas tras la recolección que evolucionaron en el tiempo (24 h), de manera similar a los trabajos de Ortega (2015) y Gallardo (2014). Este oscurecimiento de la piel reduce la calidad del fruto, ya que el aspecto externo es el criterio más importante en la determinación de la calidad de éstos al llegar a la industria (Rejano, 1999; Barreiro *et al.*, 2004).

Este daño por molestado no resultó ser igual en las dos variedades estudiadas, ya que en el cultivar Manzanilla de Sevilla la zona dañada presentó una mayor coloración (mayor daño) que en la ‘Manzanilla Cacereña’, en la que el daño superficial fue menor. Estas diferencias de daños en la superficie del fruto tras el golpe sufrido durante la recolección a las 2 y 24 horas también fueron descritas por Galindo (2013) en un estudio realizado sobre los cultivares ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Hojiblanca’. Castro-García *et al.*, (2010) en un estudio realizado sobre recolección mecanizada con vibrador de tronco, también comprobaron como en la variedad ‘Manzanilla de Sevilla’ transcurrido un corto período de tiempo (30 minutos), el daño ocasionado sobre la superficie del fruto evolucionaba con el tiempo de forma importante.

Tras el recorte de las porciones del mesocarpo de los frutos dañados, se pudo apreciar como aquellos frutos recolectados mecánicamente presentaron un mayor molestado, haciéndose visible a través de manchas con una mayor intensidad de coloración que los que habían sido cogidos de forma manual, en cuyo caso resultó más complicado visualizar el daño interno.

Respecto al efecto del tiempo transcurrido tras la recolección (2 y 24 h), ambas variedades presentaron daños mayores a las 24 horas tras la recolección, si bien, estas diferencias no fueron muy grandes en lo que a tamaño se refiere, aunque sí que mostraron una importante diferencia en cuanto a la intensidad de la mancha. La variedad Manzanilla de Sevilla presentó una mancha más oscurecida tras 24 horas de la recolección (Figura 13 K) que a las 2 horas (Figura 13 L). Por el contrario, en la variedad Manzanilla Cacereña, a las 2 horas de producirse el golpe, el daño fue visible a través de una mancha de tonalidad clara (Figura 13 C), mientras que a las 24 horas ese molestado se conformó como una mancha de color marrón perfectamente definida y delimitada de nuevo por un halo de intensidad más oscura (Figura 13 D). Galindo (2013) y Jiménez (2016), también constataron estas diferencias de tonalidad entre variedades, resaltando el mayor oscurecimiento del molestado en ‘Manzanilla de Sevilla’ (variedad más susceptible al molestado) respecto a ‘Hojiblanca’ (variedad menos susceptible).

En este análisis cualitativo de los frutos, también se observaron roturas celulares en las zonas dañadas de los frutos. Se ha comprobado en ambas variedades que en la

recolección mecanizada con cabalgadora, el número y tamaño de las roturas es superior al que se produce en la recolección manual, tanto a las 2 como a las 24 horas tras el golpe en la recolección, en todos los tratamientos de recolección estudiados. Resultados similares fueron observados por Jiménez *et al.* (2016), Galindo (2013), Ortega (2015) y Gallardo (2014), refiriéndose a las 24 horas como el tiempo en el cual se visualizan mayores roturas celulares. Se ha observado en la variedad Manzanilla de Sevilla, a las 24 horas tras la recolección, que la presencia de roturas es más importante y de mayor tamaño (Figura 13K) que a las 2 horas, donde se observaron pequeñas agrupaciones de roturas (Figura 13L). A partir de un análisis realizado mediante un conteo visual de las muestras molestadas con roturas, se ha podido constatar como la ‘Manzanilla de Sevilla’ presentó un porcentaje de roturas más elevado que la ‘Manzanilla Cacereña’ (Tabla 2) a las 2 y 24 horas posteriores al golpeo de los frutos.

En las porciones relativas a los tratamientos de recolección mecanizada, se observó rajado de frutos, principalmente producidos por el impacto que experimentaron los frutos durante el período de recolección.

6.2.- Determinación del molestado en los frutos: Índice de Molestado, Porcentaje de Frutos Molestados, Arañados y Rajados.-

Durante la recolección mecanizada, los frutos sufren daños (molestado) al impactar de forma directa sobre los elementos constituyentes de la cosechadora cabalgante, o por mediación de los roces que se producen entre los frutos y las ramas (Fernández-Escobar *et al.*, 2013).

A nivel cuantitativo, se han observado diferencias significativas en todos los parámetros estudiados en este apartado (*IM*, % *FM*, % *ML*, % *MS*, % *FA* y % *FR*) (Tabla 3), respecto a los dos cultivares empleados en dicho estudio.

Se ha podido comprobar cómo el índice de molestado (*IM*), ha resultado ser superior en la variedad Manzanilla de Sevilla que en la ‘Manzanilla Cacereña’ (Tabla 3) para ambos mecanismos de recolección (manual y mecanizada), coincidiendo con los resultados obtenidos por Morales-Sillero *et al.* (2014).

Respecto al porcentaje de frutos molestados (% *FM*), se vuelve a comprobar que el cultivar Manzanilla de Sevilla presenta un mayor porcentaje de daños debido a su mayor susceptibilidad a la recolección mecanizada con cabalgadora (Morales-Sillero *et al.*, 2014). Además, en nuestro ensayo, se apreciaron diferencias entre el tipo de molestado ocasionado en los frutos de ambas variedades, obteniéndose como resultados un mayor porcentaje de frutos con molestado ligero en la variedad Manzanilla Cacereña y un porcentaje de molestado severo superior en la variedad Manzanilla de Sevilla. Morales-Sillero *et al.* (2014) ya comentaron la mayor tendencia de la ‘Manzanilla de

Sevilla' a sufrir mayor daño por molestado durante la recolección mecanizada con cabalgadora.

Por otra parte, la 'Manzanilla Cacereña' alcanzó un mayor porcentaje de frutos arañados con respecto a la variedad Manzanilla de Sevilla, la cual ostenta un mayor porcentaje de frutos rajados (Tabla 3). Como ya indicaron Morales-Sillero *et al.* (2014), la 'Manzanilla Cacereña' fue la variedad mejor adaptada a la recolección mecanizada por sufrir menores daños tras la recolección, si bien, es necesario mejorar los parámetros de ajuste de la cosechadora (velocidad de avance y frecuencia de batido) así como hallar un método eficaz de transporte y un procesamiento industrial adecuado.

Para conocer el ajuste de los parámetros de la cosechadora, en este TFG se ha estudiado el efecto de la velocidad de avance de la cabalgadora y la frecuencia de batido.

Respecto a los tratamientos de recolección (V1: 2 Km/h y 470 batidos/min, V2: 3 Km/h y 470 batidos/min y V3: 2 Km/h y 430 batidos/min) comparados con la recolección manual, presentaron diferencias significativas en los distintos parámetros estudiados a las 2 y 24 horas tras la recolección, ocasionando un mayor daño sobre los frutos. En cambio, estas diferencias significativas desaparecieron cuando comparamos los tres tratamientos de recolección mecanizada entre sí (Tabla 3). Sin embargo, se pudo observar una diferencia de carácter significativa entre estos tratamientos de recolección mecanizada, cuando nos referimos al porcentaje de frutos rajados. En este caso, el tratamiento de recolección mecanizada V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) es el que mayor porcentaje de frutos rajados ocasionó. Analizando los resultados (Tabla 3), podemos deducir que el molestado ocasionado en los frutos durante la recolección mecanizada está más relacionado con las frecuencias de batidos que con la velocidad de avance de la cabalgadora. De ahí que fueran los tratamientos V1 y V2 los que mayores daños generaron en los frutos analizados tras la recolección, presentando ambos la misma frecuencia de batidos por minuto (470 batidos/min). Según Gil-Ribes *et al.* (2016) la regulación de la frecuencia de batidos de la máquina tiene mayor importancia que la velocidad de avance de la misma.

Si comparamos nuestros resultados con los obtenidos por Morales-Sillero *et al.* (2014), podemos apreciar que todos los parámetros de nuestro estudio referidos a la variedad Manzanilla de Sevilla presentaron unos valores inferiores a los obtenidos por Morales-Sillero *et al.* (2014), tanto en la recolección manual como en la mecanizada. Sin embargo, estas diferencias no resultaron ser las mismas en ambas variedades, ya que en 'Manzanilla de Sevilla' la diferencia de resultados entre ambos estudios fue mucho mayor que la que se produjo en 'Manzanilla Cacereña', en cuyo caso existen parámetros como el índice de molestado o el porcentaje de frutos molestados en el que los resultados son prácticamente idénticos para la recolección mecanizada, encontrándose en el caso de la manual, valores muy similares para todos los parámetros estudiados. La relación establecida entre los datos del estudio llevado a cabo por Morales-Sillero *et al.* (2014) y el presente Trabajo Fin de Grado, se basa en la utilización de las dos

modalidades de recolección (manual y mecanizada), utilizándose en esta última modalidad el tratamiento V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) perteneciente a este TFG por su similitud al tratamiento de recolección mecanizada efectuado por Morales-Sillero *et al.* (2014), en cuyo caso era una velocidad de avance de 3.5 Km/h y 480 batidos por minuto. Ante tales resultados, sólo cabe destacar la mayor susceptibilidad del cultivar 'Manzanilla de Sevilla' a la recolección mecanizada, pues pequeñas variaciones en los ajustes de la cosechadora (velocidad de avance y frecuencia de batidos) hacen que los daños producidos sean diferentes.

Existen varias opciones para reducir el daño por molestado causado sobre los frutos durante la recolección mecanizada, entre las que se encuentran el uso de frecuencias de batidos o vibraciones menos agresivas o la reducción del tiempo de vibración (Fernández-Escobar *et al.*, 2013). García *et al.* (2009), ya estudiaron la incidencia de la frecuencia de batidos y la densidad de las varillas en el molestado ocasionado sobre los frutos, indicando que el molestado es mayor cuanto más elevada es la frecuencia de batidos en relación al número de varillas que presentan los molinetes de giro de la cabalgadora, ya que debido a esto, mayor es el impacto y el número de golpes que sufre el fruto. De ahí que haya que calibrar la frecuencia de batidos por minuto, con la densidad de varillas de cada molinete de la máquina y con la velocidad de avance de la cosechadora cabalgante, a fin de optimizar el proceso de recolección mecanizada en aceituna de mesa. Según Gil-Ribes *et al.* (2016) los resultados obtenidos en el proceso de recolección mecanizada, están directamente relacionados con los ajustes llevados a cabo en la máquina (velocidad de avance y frecuencia de batidos), llegando a la conclusión de que la velocidad de avance no es un factor tan decisivo como la frecuencia de batidos, ya que esta frecuencia es la encargada de producir el derribo de los frutos, quedando supeditado a ella, el molestado generado sobre los mismos durante la recolección.

Respecto al tiempo, se han observado diferencias de carácter significativo en los parámetros *IM* y % *FM* (donde incluimos también los porcentajes de frutos con molestado ligero y severo), lo que nos indica que los daños sufridos en ambas variedades evolucionaron con el paso del tiempo (Tabla 3), a excepción del porcentaje de frutos con molestado ligero, en cuyo caso el mayor daño registrado se produjo a las 2 horas tras la recolección. Jiménez-Jiménez *et al.* (2013) establecieron que los daños principales en la 'Manzanilla de Sevilla' se producen en la primera hora tras la recolección, y que estos siguen un crecimiento progresivo con el paso del tiempo. De ahí que sea la variedad que mayor evolución de daños presente entre las 2 y 24 horas tras la recolección.

Sin embargo, estas diferencias no son significativas cuando analizamos el porcentaje de frutos arañados y el porcentaje de frutos rajados, pues en ellos, el daño es producido desde un inicio al impactar sobre los mecanismos de la cosechadora o por el roce entre los frutos y las ramas (Tabla 3).

6.3.- Área externa y volumen de la zona dañada (molestado) de los frutos.-

6.3.1.- Determinación de las medidas correspondientes a la longitud, anchura y profundidad, para el cálculo del área externa y volumen del daño producido en los frutos.-

Para poder determinar el área externa (A_{ext}) y volumen del molestado de los frutos (Vol), es necesario conocer previamente su longitud, anchura y profundidad.

A nivel de cultivar, no se apreciaron diferencias significativas entre variedades en el estudio de la longitud y la profundidad del molestado, aunque sí se encontraron diferencias de carácter significativo en la anchura. Estos tres parámetros estudiados fueron mayores en la ‘Manzanilla de Sevilla’ respecto a la ‘Manzanilla Cacereña’ (Tabla 6). Esto coincide con los resultados de otros autores ya comentados (Morales-Sillero *et al.*, 2014; Jiménez-Jiménez *et al.*, 2013), en relación al hecho de que la variedad Manzanilla de Sevilla presenta una mayor susceptibilidad a la recolección mecanizada, lo que se traduce en la presencia de un mayor molestado en la superficie del fruto.

Con respecto a los tratamientos de recolección empleados, en la recolección manual, la longitud del molestado fue el parámetro más significativo, al presentar el mayor valor, pudiendo deberse en la mayoría de los casos a arañazos producidos por los jornaleros durante el proceso de recolección manual, corroborándose de nuevo la mayor susceptibilidad de la ‘Manzanilla de Sevilla’, al presentar unos valores de daños superiores a los que se observaron en la ‘Manzanilla Cacereña’ (Tabla 6). De manera similar, Morales-Sillero *et al.* (2014) establecieron que dos horas después de la recolección, los frutos recolectados a mano mostraron casi el 50% de los daños en la ‘Manzanilla de Sevilla’, pero sólo el 9% en la ‘Manzanilla Cacereña’. En el caso de los tratamientos de recolección mecanizada, no se apreció ninguna diferencia significativa.

Para finalizar, se observó un incremento de los tres parámetros estudiados (longitud, anchura y profundidad) en el tiempo tras la recolección (2 y 24 horas), lo que incide en la importancia de llevar a cabo un tratamiento rápido tras la recolección mecanizada con la finalidad de paralizar o eliminar estos daños por molestado. Un tratamiento puede ser la deposición de los frutos en tanques con una solución de lejía refrigerada para paralizar los daños producidos por la cosechadora cabalgante durante el proceso de recolección de los frutos antes de las dos horas posteriores a la recolección (Rejano *et al.*, 2008).

6.3.2.- Determinación del área externa y volumen de la zona dañada (molestado) de los frutos.-

A partir de los resultados obtenidos en el estudio de los parámetro expuestos en el apartado anterior, se calculó la superficie (A_{ext}) y el volumen de molestado (Vol)

ocasionado por la recolección mecanizada en los frutos analizados según Lewis *et al.* (2007).

Respecto al cultivar, se encontraron diferencias significativas en la superficie externa dañada, siendo la ‘Manzanilla de Sevilla’, la que presentó los frutos con mayor área externa molestada (Tabla 7). En aceituna de mesa, Jiménez (2013), determinó que el área total de la zona afectada fue mayor en ‘Manzanilla de Sevilla’ que en ‘Hojiblanca’, la otra variedad estudiada y considerada menos susceptible al molestado. En nuestro caso, el área externa molestada de los frutos fue mayor en ‘Manzanilla de Sevilla’ que en ‘Manzanilla Cacereña’, confirmando la mayor susceptibilidad al molestado de esta variedad. En alusión al volumen del daño ocasionado por la cosechadora durante la recolección de los frutos, no se encontraron diferencias significativas, aunque sí que volvieron a observarse mayores daños en la ‘Manzanilla de Sevilla’, no siendo significativos en este caso (Tabla 7).

A nivel de tratamientos, sólo se apreciaron diferencias significativas entre las dos modalidades de recolección empleadas, manual y mecanizada, sin encontrarse diferencias significativas entre la velocidad de avance de la cabalgadora o la frecuencia de batido (Tabla 7). En la recolección mecanizada con cabalgadora, el valor del área externa fue el doble, mientras que el volumen del daño presente en los frutos, cinco veces superior aproximadamente al daño producido por la recolección manual. Morales-Sillero *et al.* (2014) también realizaron mediciones del área externa y del volumen de las porciones molestadas de las dos variedades (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacereña), obteniendo los mismos resultados que los apreciados en el presente estudio, ya que mostraron diferencias significativas entre las dos modalidades de recolección (manual y mecanizada) para las dos variedades del estudio.

Si bien, en la recolección mecanizada, las diferencias obtenidas respecto al área externa y volumen entre la ‘Manzanilla de Sevilla’ y la ‘Manzanilla Cacereña’ fueron importantes, observándose de nuevo la diferencia de susceptibilidad entre estas dos variedades de aceitunas de mesa. Estas diferencias entre los resultados del área externa y del volumen, pudieron estar provocadas por la mayor velocidad de avance de la cabalgadora y mayor frecuencia de batidos empleados en el estudio de Morales-Sillero *et al.* (2014), si los comparamos con los parámetros empleados en el presente estudio, en el que sí que se vuelve a apreciar diferencias importantes entre las áreas externas, aunque manteniéndose con valores similares el volumen del daño producido en ambos cultivares.

Según Jiménez-Jiménez *et al.* (2013), se ha comprobado que los daños externos ocasionados en los frutos durante la recolección mecanizada muestran relación con la frecuencia de batidos por minuto y como tal, al número de impactos que sufren los frutos durante la recolección. Esto explica que, de manera general, sea más conveniente aumentar la velocidad de avance de la cosechadora cabalgante y reducir la frecuencia de batidos, para evitar de este modo incrementar el número de golpes sufridos por los

frutos. Aunque las diferencias obtenidas en el presente estudio no fueron significativas, los tratamientos de recolección con frecuencia de batido mayor V1 y V2 (470 batidos/min) ocasionaron un mayor área y volumen de molestado sobre los frutos (Tabla 7). Sin embargo, al analizar los resultados y comprobar la existencia de la interacción *Varietal x Recolección*, se estudiaron ambas variedades por separado. En ‘Manzanilla de Sevilla’ y ‘Manzanilla Cacereña’, los resultados respecto a la velocidad de avance y la frecuencia de batido fueron diferentes, aunque de nuevo sin diferencias significativas: en ‘Manzanilla Cacereña’ los tratamientos que ocasionaron mayores daños fueron V1 y V2, es decir, los tratamientos con mayor frecuencia de batido (470 batidos/min), pero no fue igual en ‘Manzanilla de Sevilla’, donde el tratamiento de recolección que más daño ocasionó fue V3 (Tablas 8 y 9).

Aunque tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tiempos tras la recolección, se puede observar como sí existe una interacción entre las variedades y el tiempo (Tabla 7). En la variedad Manzanilla de Sevilla (Tabla 8), los daños analizados relativos al área externa y al volumen se incrementaron significativamente en la recolección manual con el transcurso del tiempo, sin observarse diferencias significativas entre los tratamientos de recolección mecanizada. Jiménez-Jiménez *et al.* (2013) ya mencionaban la evolución de los daños en ‘Manzanilla de Sevilla’ tras la recolección mecanizada de sus frutos con el transcurso del tiempo. En la variedad Manzanilla Cacereña (Tabla 9), los daños de área y volumen de molestado no progresaron significativamente con el tiempo desde las 2 hasta las 24 horas tras la recolección. Esto nos lleva a interpretar que se trata de una variedad en cuyo caso los daños más importantes son producidos al inicio de la recolección. En el tratamiento de recolección V2 los daños sí se redujeron significativamente. Este resultado puede deberse a un error en el muestreo de los frutos.

6.4.- Área Interna Dañada (TDA) de los frutos molestados.-

El área interna dañada (TDA), fue establecida por Jiménez *et al.* (2016) como un parámetro relacionado con la susceptibilidad al molestado en las variedades de aceituna de mesa.

La ‘Manzanilla de Sevilla’ presentó un daño interno (TDA) inferior a la ‘Manzanilla Cacereña’ (Tabla 10). Estos resultados son contrarios a los resultados previos de Jiménez *et al.* (2016) con un golpe inducido y Morales-Sillero *et al.* (2014) con recolección mecanizada con cosechadora cabalgante, quienes obtuvieron unos mayores daños internos en la variedad Manzanilla de Sevilla por su mayor susceptibilidad a la recolección mecanizada. En la descripción cualitativa de los frutos se ha indicado la coloración característica (mancha clara con halo oscurecido) que presentaron los frutos de ‘Manzanilla Cacereña’ y que no presentaron en estudios previos (Jiménez, *comunicación personal*), desconociéndose el motivo por el que esto ha ocurrido. Este hecho puede explicar los resultados contradictorios hallados.

En relación a los tratamientos, en la recolección manual, los daños internos producidos en los frutos son muy pequeños (2.59 mm^3), debido a que como ya se mencionó con anterioridad, los mayores daños generados en dicha recolección proceden de arañazos. En cambio, los daños producidos por los tratamientos de recolección mecanizada son entre seis y siete veces mayores, pero sin mostrar diferencias significativas entre ellos. En estudios previos, donde se provoca el molestado a la aceituna mediante un golpe estandarizado (Jiménez *et al.*, 2011), éstas también presentaron un mayor área interna dañada. El golpe estandarizado provocado sobre los frutos, intenta simular el daño producido por la cabalgadora durante la recolección mecanizada de los frutos.

De manera general, el tratamiento V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) fue el que ocasionó mayores daños (Tabla 10), aunque se encontró una significación estadística entre *Variiedad x Recolección*. Con respecto al tiempo transcurrido tras la recolección, los resultados obtenidos mostraron una cierta evolución no significativa en el tiempo. La interacción *Variiedad x Tiempo* también resultó significativa.

En el caso de la ‘Manzanilla de Sevilla’ (Tabla 11), no se apreciaron diferencias significativas entre los tres tratamientos de recolección mecanizada, si bien es interesante destacar que tanto la V1 (2 Km/h y 470 batidos/min) como la V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) son las que mayor valor de daño interno presentan. En esta variedad, posiblemente la menor velocidad de avance de la cabalgadora respecto a las distintas frecuencias de batidos, sea la que determine el mayor daño interno ocasiona. Esto también sucede en otros parámetros estudiados, como el porcentaje de frutos con molestado ligero. En cambio, en el porcentaje de frutos con molestado severo o en el porcentaje de frutos rajados, el daño producido por estos dos tratamientos de recolección mecanizada fue menor que el producido por V2, pudiendo estar relacionado en este caso con la mayor frecuencia de batidos como causante del daño mayor. Según Gil-Ribes *et al.* (2016) el ajuste de los parámetros de la cosechadora es fundamental, ya que si se realiza una recolección empleando una frecuencia de batidos muy elevada, se producen daños de importancia sobre las ramas de los árboles y sobre los frutos, mermando de forma importante su calidad. Por ello, para reducir los daños por molestado sobre los frutos durante la recolección mecanizada, resulta interesante estudiar los parámetros de ajuste de la máquina, reduciendo la frecuencia de batidos cuando sea posible, al tratarse de un factor determinante en la producción de molestado en los frutos durante la recolección mecanizada con cosechadora cabalgante (Fernández-Escobar *et al.*, 2013).

Como sucede en otros parámetros estudiados en la ‘Manzanilla de Sevilla’, se apreció una evolución del área interna dañada de las 2 a las 24 horas posteriores a la recolección, siendo únicamente significativa en el tratamiento V1.

En la ‘Manzanilla Cacereña’ (Tabla 12), tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de recolección mecanizada. En cuanto a la evolución en el tiempo, exceptuando los resultados anómalos del tratamiento de

recolección V2, los daños correspondientes al área interna molestada no evolucionaron significativamente desde las 2 hasta las 24 horas, lo que nos indica que los daños totales producidos se dan desde un principio. Los resultados de este trabajo referentes al área interna dañada, no se corresponden con los obtenidos por otros autores (Jiménez *et al.*, 2013; Gallardo (2014)). Esto puede deberse a que los daños en la variedad Manzanilla de Sevilla experimentan una evolución más lenta con el transcurso del tiempo desde el momento de su recolección que en ‘Manzanilla Cacereña’. En ambas variedades, una rápida intervención sobre los frutos mediante su introducción en soluciones refrigeradas como propone Segovia-Bravo *et al.* (2011) o el uso de NaOH como inhibidor de la reacción enzimática en el proceso de oxidación de los frutos, según Ben-Shalom *et al.* (1978) contribuirían a reducir o minimizar los daños por molestado ocasionado en los frutos durante la recolección mecanizada con cosechadora cabalgante. De este modo, aplicando estas técnicas podemos obtener unos frutos cuyo molestado pasa a ser inapreciable tras el aderezo (Morales-Sillero *et al.*, 2014).

7.- Conclusiones

7.- CONCLUSIONES.-

Finalizado el proceso de exposición de los resultados y realizada la discusión de los mismos, a continuación se exponen cuales han sido las conclusiones obtenidas del Trabajo Fin de Grado realizado.

1.- La descripción cualitativa reveló que los daños producidos fueron más evidentes una vez el mesocarpo del fruto fue cortado, observándose que dichos daños no solo afectan a la superficie de los frutos, sino que se extiende por todo el mesocarpo, pudiendo en ocasiones llegar hasta el endocarpo de los mismos, y observándose diferencias entre cultivares (Manzanilla de Sevilla y Manzanilla Cacerreña), tratamientos de recolección (manual y mecanizada) y tiempos (2 y 24 horas) tras la recolección. Estos daños son inferiores en la recolección manual, donde se observan daños de menor tamaño e intensidad en el mesocarpo de los frutos recolectados.

2.- Partiendo de los 12 parámetros analizados y medidos cuantitativamente, obtenemos que en 11 de ellos los daños producidos durante la recolección manual son significativamente menores a los que se producen durante la recolección mecanizada. Tan sólo muestran valores superiores en el porcentaje de frutos arañados, en cuyo caso, puede venir definido por los arañazos producidos durante la labor de ordeño o recolección de forma manual de los frutos del árbol.

3.- Entre los tratamientos empleados para la recolección mecanizada con cosechadora cabalgante (V1: 2 Km/h y 470 batidos/min, V2: 3 Km/h y 470 batidos/min y V3: 2 Km/h y 430 batidos/min), no se aprecian diferencias significativas importantes, exceptuando el caso del porcentaje de frutos rajados, en cuyo caso se aprecia como el tratamiento V2 (3 Km/h y 470 batidos/min) es el que mayor nivel de daños de este tipo ocasiona, pudiendo estar relacionado con la mayor velocidad de avance y frecuencia de batidos.

Respecto a la interacción *Variedad x Recolección*, aparece como significativa en los 12 parámetros estudiados, lo que nos indica que existen efectos diferentes para cada cultivar, en función de los ajustes de los parámetros empleados durante la recolección mecanizada.

4.- Atendiendo a los parámetros de recolección, la frecuencia de batido se ha estudiado comparando los tratamientos V1 (2 Km/h y 470 batidos/min) con el V3 (2 Km/h y 430 batidos/min) obteniéndose que el tratamiento V1, correspondiente al de mayor frecuencia de batidos, produce mayor porcentaje de frutos rajados y mayor área externa y volumen de daño que V3, en cuyo caso, solo produce mayor porcentaje de frutos arañados que V1. Respecto a la importancia de la velocidad de avance, comparamos V1 (2 Km/h y 470 batidos/min) con V2 (3 Km/h y 470 batidos/min), mostrando el tratamiento V1 menores daños por frutos rajados y por molestado severo que el tratamiento V2, el cual produce un menor nivel de área interna dañada (*TDA*) que el tratamiento V1.

5.- Se ha observado que el índice de molesto (*IM*), el porcentaje de frutos molestados (% *FM*), el porcentaje de frutos con molesto severo (% *MS*), la longitud (*L*), la anchura (*A*) y la profundidad (*P*) muestran diferencias significativas con respecto al tiempo transcurrido desde la recolección hasta su fijación (2 y 24 horas tras la recolección). A las 24 horas tras la recolección, desaparecen las diferencias en el porcentaje de frutos con molesto ligero (% *ML*) en 'Manzanilla de Sevilla' y en el área externa (*A ext*) en 'Manzanilla Cacereña'.

6.- Considerando todos los parámetros estudiados en este Trabajo Fin de Grado, podemos sugerir que la 'Manzanilla de Sevilla' es un cultivar más susceptible al molesto que la 'Manzanilla Cacereña', en cuyo caso, su baja susceptibilidad a la aparición de manchas oscurecidas (*molesto*) a medida que evoluciona el tiempo tras la recolección, la convierten en una variedad mejor adaptada a la recolección mecanizada con cabalgadora.

Como algunos de los parámetros estudiados han salido contradictorios a lo demostrado por otros autores, sería recomendable repetir este ensayo en próximos estudios, para conocer el grado de certeza o error de los parámetros resultantes obtenidos en este estudio.

8.- Bibliografía

8.- BIBLIOGRAFÍA.-

A

Aceituna Sevillana 2015. <http://www.aceitunasevillana.es/es/aceituna-sevillana/aceituna-manzanilla-de-sevilla/>

AEMO (*Asociación Española de Municipios del olivo*). 2009-2010 www.aemo.es

Agudo, A. 2015. La superficie mundial de olivar suma más de 11 millones de hectáreas en el planeta. ABCandalucíajaen

<http://sevilla.abc.es/andalucia/jaen/20151005/sevi-cultivo-olivar-hace-global-201510051725.html>

AICA (*Agencia de Información y Control Alimentarios*). 2015 http://www.asesma.es/content/datos_generales_del_sector

Aloreña de Málaga 2015. <http://www.alorenademalaga.com/aceituna-alorena/produccion/>

ASEMESA (*Asociación de Exportadores e Industriales de Aceituna de Mesa*). 2011 www.asesma.org

ASEMESA (*Asociación de Exportadores e Industriales de Aceituna de Mesa*). 2016 www.asesma.org

B

Barranco, D. 2008. Botánica y Morfología. En: El Cultivo del olivo. Diego Barranco, Ricardo Fernández-Escobar y Luis Rallo (Eds.). Junta de Andalucía, MAPA y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Barranco, D. 2008. Variedades y Patrones. En: El Cultivo del olivo. Diego Barranco, Ricardo Fernández-Escobar y Luis Rallo (Eds.). Junta de Andalucía, MAPA y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Barranco, D. 2008. La olivicultura en el Mundo y en España. En: El Cultivo del olivo. Diego Barranco, Ricardo Fernández-Escobar y Luis Rallo (Eds.). Junta de Andalucía, MAPA y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Barranco D, Rallo L. 1984. Las variedades del Olivo Cultivadas en Andalucía. Junta de Andalucía y MAPA. Madrid.

- Barreiro, P.; Ruiz-Altisent, M.; Moya, A.; Agulheiro, A.C. y García, F.J. 2004. Segregation of soft olives using Durofel and on-line rebound. *Journal of agricultural Research*, 2 (4), 493-499.
- Beltrán, G.; Uceda, M.; Hermoso, M. y Frías, L. 2008. Maduración, p.165-187. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (eds). *El cultivo del olivo*. Mundiprensa, Junta de Andalucía, Madrid, España.
- Ben-Shalom, N., Harel, E. and Mayert, A.M. 1978. Enzymic browning in green olives and its prevention. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 29: 398-550.
- Box, G.E.P. and Cox, D.R. 1964. An analysis of transformations. *J. R. Stat. Soc.*, B 26: 211-252.
- Burns, J.K.; Ferguson, L.; Glozer, K; Krueger, W.H. and Rosecrance, R.C. 2008. Screening fruit loosening agents for black ripe processed table olives. *HortScience* 43: 1449-1453.

C

- Castro-García, S., Blanco-Roldán, G.L., Gil-Ribes, J.A. y Jiménez-Jiménez, F. 2010. Análisis de los daños producidos en la aceituna de mesa (variedad Manzanilla) durante el proceso de recolección mecanizada con vibradores de tronco. III Jornadas Internacionales de la Aceituna de Mesa, Sanlúcar la Mayor (Sevilla). Libro de ponencias y comunicaciones: nº 29. P.54.
- Climate-data 2015. <http://es.climate-data.org/location/7061/>
- COI (Consejo Oleícola Internacional). 2015. www.internationaloliveoil.org
- COI (Consejo Oleícola Internacional). 2011. www.internationaloliveoil.org
- COI (Consejo Oleícola Internacional). 2016. www.internationaloliveoil.org

E

- Esencia de Olivo 2014. <http://www.esenciadeolivo.es/cultura-del-olivo/cultivo/recoleccion-de-la-aceituna/>
- ESYRCE (Encuesta sobre Superficie y Rendimientos de Cultivos: resultados nacionales y autonómicos). 2015. http://www.asesesa.es/content/datos_generales_del_sector

F

- 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 oil olives.
- Fernández-Escobar, R., de la Rosa, R., León, L., Gómez, J.A., Testi, L., Orgaz, F., Gil-Ribes, J.A., Quesada-Moraga, E., Trapero, A., Msallem, M. 2013. Evolution and sustainability of the olive production systems. *Options Méditerranéennes*. 106: 32-33.
- Ferreira, J. 1979. Explotaciones oliveras colaboradoras, Nº 5. Ministerio de Agricultura. Madrid.

G

- Galindo, M. 2013. Estudio histológico del molestado en aceituna de mesa 'Manzanilla de Sevilla' y 'Hojiblanca'. Proyecto Fin de Carrera. E.T.S.I.A. Universidad de Sevilla. 76pp.
- Gallardo, M.A. 2014. Efecto de la Recolección sobre la incidencia del molestado en aceituna de mesa (*Olea europaea* L.) cv. Manzanilla Cacereña. Proyecto Fin de Grado. E.T.S.I.A. Universidad de Sevilla. 84pp
- García Castro, S., Rosa, U.A., Gliever, C.J., Smith, D., Burns, J.K., Krueger, W.H., Ferguson, L. Y Glozer, K. 2009. Video Evaluation of Table Olive Damage during Harvest with a Canopy Shaker. *HortTechnology*. 19: 260-266.
- Garrido-Fernández, A., Fernández-Díez, M. J. and Adams, M.R. 1997. Table olives: production and processing, Chapman & Hall, London.
- Gil-Ribes, J. 2015. Poda y recolección mecanizada en el olivar superintensivo. *Vida rural* 403: 78-84.
- Gil-Ribes, J., Blanco-Roldán, G.L., Castro-García, S., Muñoz-Tejada, R., Jiménez-Jiménez, F., Sola-Guirado, R.R., Jiménez-Herrera, B., García-Zamorano, F. 2016. Introducción de un sistema sacudidor de copa para la recolección mecanizada del olivar tradicional de almazara. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Gómez, G.; González, M.; Pérez, R.A.; Pérez, M.A.; Lázaro, A.; De Lorenzo, C. 2012. Alteraciones y pérdida de calidad en aceituna de mesa y aceite de oliva. IMIDRA (Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario). TDC Olive.

González, E. M., De Ancos, B. and Cano, M.P. 2000. Partial Characterization of peroxidase and polyphenol oxidase activities in blackberry fruits. *Journal of Agricultural and food Chemistry* 48: 5459-5464.

Gucci, R., Lodolini, E.M., and Ropoport, H.F. 2009. Water deficit-induced changes in mesocarpo cellular processes and the relationship between mesocarpo and endocarp during olive fruit development. *Tree Physiology* 29: 1575-1585.

I

Interaceituna (Organización interprofesional de la aceituna de mesa). 2010.

J

Jiménez, R. (2013). Optimización de métodos de evaluación de progenies en un programa de mejora de aceituna de mesa. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.

Jiménez, R., Rallo, P., Suárez, M.P., Morales-Sillero, A.M., Casanova, L. and Rapoport, H. 2011b. Cultivar susceptibility and anatomical evaluation of table olive fruit bruising. 28 International Horticultural Congress. *Acta Horticulturae* 924: 419-424.

Jiménez-Jiménez, F., Castro-García, S., Blanco-Roldán, G.L., Agüera-Vega, J., Gil-Ribes, J.A., 2012. Non-destructive determination of impact bruising on table olives using Vis-NIR spectroscopy. *Biosyst. Eng.* 113, 371-378.

Jiménez-Jiménez, F., Castro-García, S., Blanco-Roldán, G.L., Ferguson, L., Uriel A.R., Gil-Ribes, J.A., 2013. Table olive cultivar susceptibility to impact bruising. *Postharvest Biol. Technol.* 86, 100-106.

Jiménez, M.R., Rallo, P., Rapoport, H.F., Suárez, M.P., 2016. Distribution and timing of cell damage associated with olive fruit bruising and its use in analyzing susceptibility. *Postharvest Biol. Technol.* 111, 117-125.

L

Lewis, R., Yoxall, A., Canty, L.A., and Romo, E.R. 2007 Development of engineering desing tools to help reduce apple bruising. *J. Food Eng.* 83: 356-365.

M

MAGRAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente). 2015. Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.magrama.gob.es

Márquez, L. 2014. Maquinaria Agrícola para la Recolección. Hispano Brasileña de Ediciones, Madrid.

Morales-Sillero, A.M., Rallo, P., Jiménez, R., Casanova, L., Suárez, M.P., 2014. Suitability of two table olive cultivars ('Manzanilla de Sevilla' and 'Manzanilla Cacereña') for mechanical harvesting in super-high density Hedgerows. *HortScience* 49(8): 1028-1033.

O

Ortega, J.A. 2015. Incidencia del molestado en aceituna de mesa (*Olea europea* L.) cv. Manzanilla de Sevilla recogida mediante cosechadora cabalgante. Proyecto Fin de Grado. E.T.S.I.A. Universidad de Sevilla. 80pp.

P

Pabón Figueras, M. y Ordóñez Jiménez, J. (Coords) (2002): Historia de mujeres aceituneras en Alcalá de Guadaíra. Ed Diálogos S.L., Xátiva, 226 pp.

Pezzi, F; Caprara, C. 2009. Mechanical grape harvesting: investigation of the transmission of vibrations. *Ingeniería de Biosistemas*. Elsevier. Volumen 103, número 3, Julio de 2009, pág. 281-286.

Phytoma 2009. <http://www.phytoma.com/tienda/articulos-editorial/246-211-agos-septiembre-2009/3622-utilizacion-del-etefon-como-agente-favorecedor-de-la-abscision-de-la-aceituna-dinamica-de-los-residuos-en-aceitunas-y-aceite-de-oliva>

Porras Soriano, A.; Marcilla Goldaracena, I.; González S. de la Nieta, J.A.; Redondo García, A.; Porras Piedra, A. 2013. Recolección mecanizada de aceituna. Grupo de investigación TAPC. Universidad de Castilla- La Mancha.

R

Rallo, L., El Riachy, M. and Rallo, P. 2011. The time and place for fruit quality in olive breeding. In: Breeding for fruit quality. Matthew. A. Jenks & Penelope. J. Bebeli (Eds.) Wiley-Blackwell, West Sussex, UK. Garsington Road.

Rapoport, H.F. 2008 Botánica y morfología. En: El Cultivo del Olivo. Diego Barranco, Ricardo Fernández-Escobar y Luis Rallo (Eds.). Junta de Andalucía, MAPA y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Rejano, L. 1999. Sevillian genuine Manzanilla cultivar. *Grasas y Aceites*, 50(1), 60-66.

Rejano L, Montano A, Casado F.J., Sánchez A.H., de Castro A. 2010. Table olives: varieties and variations. In: *Olives and olive oil in health and disease prevention* (Preedy VR, Watson RR, eds). Academic Press. San Diego (USA). Pp: 5-15.

Rejano L, Barranco D, Fernández-Escobar R, Rallo L. 1977. El aderezo de las aceitunas. In: *El Cultivo del Olivo*. (Eds.). Junta de Andalucía y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp: 565-586.

Rejano, L., Sánchez, A.H. y Vega, V.A. 2008. Nuevas tendencias en el tratamiento alcalino “cocido” de las aceitunas verdes aderezadas al estilo español o sevillano. *Grasas y aceites* 59(3): 197-204.

S

Saracoglu, T., Ucer, N., Ozarslan, C., 2011. Engineering properties and susceptibility to bruising damage of table olive (*Olea europaea*) fruit. *Int. J. Agric. Biol.* 13, 801-805.

Segovia-Bravo, K.A.; García-García, P.; López-López, A. y Garrido-Fernández, A. 2011. Effect of bruising on respiration, superficial color, and phenolic changes in fresh Manzanilla olives (*Olea europaea pomiformis*): Development of treatments to mitigate browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (10), 5456-5464.

Segovia-Bravo, K.A.; García-García, P.; López-López, A. y Garrido-Fernández, A. 2011. Characterization of polyphenol oxidase from the Manzanilla Cultivar (*Olea europaea pomiformis*) and prevention of browning reactions in bruised olive fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 6515-6520.

Segovia-Bravo, K.A., Jarén-Galán, M., García-García, P. and Garrido-Fernández, A. 2007. Characterization of polyphenol oxidase from the Manzanilla Cultivar (*Olea europaea pomiformis*) and prevention of browning reactions in bruised olive fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 6515-6520.

Soleae 2013. <http://www.soleae.com/manzanilla-cacerena.html>

T

Tous, J., Romero, A., Hermoso, J.F., Mallén, N., 2007. Sistemas de producción en Seto. Experiencias en Cataluña. *Agricultura Revista Agropecuaria* 896, 360-367.

Z

Zipori, I.; Dag, A.; Tugendhaft, Y. and Birger, R. 2014. Mechanical harvesting of table olives: Harvesting efficiency and fruit quality. *HortScience* 49: 55-58.